



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

ALCIMAR GALDINO DE LIRA

**PARASITISMO DE *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)
SOBRE *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), EM FUNÇÃO DO NICHOS DE
FORRAGEAMENTO, EM UM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ-RN

2021

ALCIMAR GALDINO DE LIRA

**PARASITISMO DE *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)
SOBRE *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), EM FUNÇÃO DO NICHOS DE
FORRAGEAMENTO, EM UM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Proteção de plantas

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Coorientadora: Dra. Elania Clementino Fernandes

MOSSORÓ-RN

2021

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L768p Lira, Alcimar Galdino de.

Parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), em função do nicho de forrageamento, em um ambiente semiárido

/ Alcimar Galdino de Lira. - 2021.

35 f. : il.

Orientador: Elton Lucio de Araujo.
Coorientadora: Elania Clementino Fernandes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2021.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ALCIMAR GALDINO DE LIRA

**PARASITISMO DE *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)
SOBRE *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), EM FUNÇÃO DO NICHOS DE
FORRAGEAMENTO, EM UM AMBIENTE SEMIÁRIDO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia

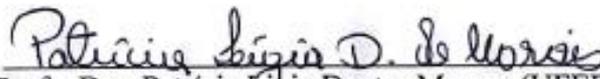
Linha de Pesquisa: Proteção de plantas

Defendida em: 31 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA



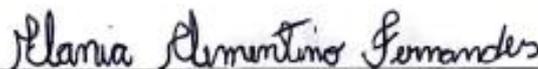
Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo (UFERSA)
Presidente



Profa. Dra. Patricia Ligia Dantas Moraes (UFERSA)
Membro Examinador



Dr. Daniel Rodrigo Rodrigues Fernandes (INPA)
Membro Examinador



Dra. Elania Clementino Fernandes (UFERSA)
Membro Examinador

*À minha mãe, Antonia Galdino da Silva Lira
(In Memoriam).*

A meu pai, Ariosmar Jales de Lira, por toda a dedicação em proporcionar a melhor educação e ensinamentos aos filhos, pela integridade e exemplo de homem e de pai que busca diariamente o melhor para a família. Aos meus irmãos, Alcidemar Galdino de Lira e Alcimara Galdino de Lira, por sempre estarem dispostos a ajudar e apoiar em todas as jornadas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente pela infinita bondade, pelo dom da vida, por me dar forças e saúde para continuar lutando pelo meu crescimento pessoal e profissional, e por ter conduzidos as coisas para que ocorressem da melhor forma possível.

A toda a minha família, meus pais, Antonia Galdino (*in memoriam*) e Ariosmar Jales, e aos meus irmãos, Alcidemar Galdino e Alcimara Galdino, por toda a dedicação, carinho, amor, educação e ensinamentos transmitido; por serem uma inspiração para que eu possa evoluir e ser uma pessoa melhor.

A meu orientador Elton Lucio de Araujo, pelos ensinamentos e apoio nas pesquisas durante o mestrado.

A Elania Clementino Fernandes, pelo apoio, ensinamentos, auxílios e dedicação em todas as etapas dessa caminhada e por todo o carinho e conselhos para uma melhor execução dessa pesquisa.

Agradeço a Bárbara Karine de Albuquerque por sempre estar ao meu lado, seja nos bons ou maus momentos, sempre dando forças, conselhos, auxiliando desde o início dessa pesquisa, sobretudo na execução da parte prática.

Aos meus amigos conquistados na UFERSA, Bárbara Albuquerque, Alricélia Lima, Pedro Ramon, Fernanda Jéssika, Isabela Souza, Isaac Alves e Hellanny Matos, por proporcionarem momentos de alegria e deixarem os dias mais leves ao longo dessa jornada, por todas as vezes que saímos pra comer uma pizza, sushi ou hamburguer, ou até mesmo pela companhia lá em Ritinha pra comer ou jogar conversa fora depois de um longo e cansativo dia de laboratório.

Agradeço a toda a equipe e colegas do laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA: Maria Ítala, Potiara, Márcia Mayara, Rayane Sley, Maria Raquel e Gthielly.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por ter me proporcionado realizar a graduação em Agronomia e o mestrado em Fitotecnia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA, e aos docentes do programa.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

A vida é uma corrida que não se corre sozinho, e vencer não é chegar, é aproveitar o caminho sentindo o cheiro das flores e aprender com as dores causadas por cada espinho. Aprenda com cada dor, com cada decepção, com cada vez que alguém lhe partir o coração. O futuro é obscuro e às vezes é no escuro que se enxerga a direção.

Bráulio Bessa

RESUMO

O parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) foi introduzido no Brasil para o controle biológico de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). Devido ao aumento da demanda pelo uso de parasitoides no controle biológico de tefritídeos pragas e à perspectiva do uso de *D. longicaudata* na regulação populacional de *C. capitata* na região nordeste, são fundamentais os estudos sobre o forrageamento e parasitismo desse inimigo natural em ambiente semiárido. Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da localização do fruto hospedeiro no nicho de forrageamento de *D. longicaudata* em frutos infestados com *C. capitata*, em um ambiente semiárido, no Brasil. Os bioensaios foram realizados em gaiolas de campo, onde frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) foram infestados com larvas de *C. capitata* e expostos ao parasitismo de *D. longicaudata*, na copa da planta e no solo, com e sem chance de escolha. Após a exposição, os frutos foram recolhidos, identificados, e as larvas foram individualizadas em tubos de ensaios e deixadas em condições de laboratório ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas) até a emergência dos adultos (parasitoides ou mosca). As taxas de parasitismos nos bioensaios sem chance de escolha foram de 13,2% nos frutos da copa e 15,2% nos frutos do solo, ao passo que no bioensaio com chance de escolha o parasitismo na copa foi de 31,6% e 21,6% nos frutos do solo. Os hospedeiros contidos nos frutos da copa da planta originaram maior número de descendentes do sexo feminino, com razão sexual de 0,58 em ambos os bioensaios. O parasitismo, a fertilidade e a razão sexual desse braconídeo não foram influenciados pelo local de exposição dos frutos (copa/solo) com ou sem chance de escolha.

Palavras-chave: Mosca-do-mediterrâneo. Controle biológico. Parasitoides. Localização hospedeira.

ABSTRACT

The parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) was introduced in Brazil for the biological control of fruit flies (Diptera: Tephritidae). Due to the increased demand for the use of parasitoids in the biological control of tephritid pests and the perspective of the use of *D. longicaudata* in the population regulation of *C. capitata* in the northeast region, studies on the foraging and parasitism of this natural enemy in a semiarid environment are essential. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of host fruit location on the foraging niche of *D. longicaudata* in *C. capitata* infested fruits in a semiarid environment in Brazil. The bioassays were carried out in field cages, where guava (*Psidium guajava* L.) fruits were infested with larvae of *C. capitata* and exposed to parasitism of *D. longicaudata*, in the canopy of the plant and in the soil, with and without a chance to choose. After the exposure period, the fruits were collected, identified and the larvae were individualized in test tubes and left in laboratory conditions ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, relative humidity of $60 \pm 10\%$ and photophase of 12 hours) until the emergence of adults (parasitoids or fly). The rates of parasitism in the bioassays with no chance of choice were 13.2% in the canopy fruits and 15.2% in the soil fruits, in the bioassay with a chance of choice, the parasitism in the canopy was 31.6% and 21.6% in soil fruits. The hosts contained in the fruits of the plant's canopy originated a greater number of female descendants, with a sex ratio of 0.58 in both bioassays. Parasitism, fertility and sex ratio of this braconid were not influenced by the location of fruit exposure (crown / soil) with or without a choice.

Keywords: Mediterranean fly. Biological control. Parasitoids. Host location.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Etapas adotadas para a elaboração da unidade de oviposição expostas ao parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em gaiolas de campo: A) Fruto maduro de goiaba de $\pm 100\text{g}$; B) e C) Corte e retirada da parte superior do fruto; D), E), F), G) Retirada da polpa do fruto com o auxílio de uma colher; H), I) preenchimento do fruto com larvas de *C. capitata* envoltas em dieta artificial; J), K) e L) junção das duas partes do fruto com plástico parafilme e abertura de pequenos furos para permitir a aeração no interior do fruto. 21
- Figura 2. Gaiola de campo: A) Vista frontal geral; B) Visão interna. 22
- Figura 3. Número de descendentes de *Diachasmimorpha longicaudata* em função do nicho de forrageamento sem e com chance de escolha. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagem de parasitismo, fertilidade e razão sexual de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> sobre larvas/pupas de <i>Ceratitis capitata</i>	24
---	----

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1.	Moscas-das-frutas	14
2.2.	Controle Biológico	15
2.2.1.	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	16
2.3.	FORAGEAMENTO	17
3.	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1.	Local do estudo	19
3.2.	Criação dos insetos	19
3.3.	Infestação dos frutos	20
3.4.	Experimento em campo	21
3.5.	Variáveis analisadas	23
3.6.	Análises estatísticas	23
4.	RESULTADOS	24
5.	DISCUSSÃO	26
6.	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A utilização do controle biológico é uma das bases de sustentação do manejo integrado de pragas. Em programas de manejo integrado de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), o controle biológico aplicado, com liberações de parasitoides, vem sendo bastante utilizado na supressão de tefritídeos pragas em todo o mundo (VARGAS et al., 2012; DIAS et al., 2018).

Parasitoides da família Braconidae pertencentes à subfamília Opiinae são os parasitoides mais abundantes e frequentemente encontrados parasitando moscas-das-frutas (OVRUSKI et al., 2000; WHARTON; YODER, 2021). Em todo o mundo, são conhecidas mais de 100 espécies de braconídeos associados a tefritídeos que infestam frutas.

Dentre os Braconidae, as espécies de parasitoides mais utilizadas no controle de tefritídeos pertencem aos gêneros *Doryctobracon* Enderlein, *Fopius* Wharton, *Psytalia* Walker, *Utetes* Foster, *Opius* Wesmael e *Diachasmimorpha* Viereck (WHARTON; YODER, 2021). Atualmente, *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) é um dos parasitoides mais estudados e utilizados em programas de controle de moscas-das-frutas no mundo (OVRUSKI et al., 2000, VARGAS et al., 2012, MONTOYA et al., 2017). Este parasitoide se destaca pela facilidade de criação e especificidade à família Tephritidae (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002; CANCINO; MONTOYA, 2004; MEIRELLES et al., 2016; GARCIA et al., 2020).

Diachasmimorpha longicaudata tem potencial de se adaptar a diferentes climas, de diferentes regiões, e pode ser usado no controle de diversas espécies de mosca-das-frutas (CARVALHO, 2005; GARCIA; RICALDE, 2013; SUAREZ e al., 2014; HARBI et al., 2018; CAMARGOS et al., 2018; PARANHOS; NAVA; MALAVASI, 2019). Além disso, quando liberados juntamente com outras espécies de parasitoides, *D. longicaudata* geralmente apresenta elevadas taxas de parasitismo (GARCIA-MEDEL et al., 2007; MIRANDA et al., 2015; DE PEDRO et al., 2018).

No Brasil, *D. longicaudata* foi introduzido nos anos 90, tendo sido distribuído para algumas regiões do país com o objetivo de se estudar sua biologia, comportamento e interações com outras espécies de parasitoides e ambiente de liberação (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002; PARANHOS et al., 2007). Apesar dos esforços e de *D. longicaudata* ser um parasitoide promissor, em alguns biomas brasileiros, como, por exemplo, o bioma Caatinga, onde a fruticultura possui relevância, ainda há carência de informações sobre este parasitoide em condições de campo. O bioma Caatinga é caracterizado por uma vegetação

com predominância de plantas xerófitas e decíduas, clima semiárido do tipo (BSh), chuvas irregulares e esparsas (média anual de 600 mm de precipitação), altas temperaturas (média de $\pm 28^{\circ}\text{C}$) e baixa umidade do ar ($\pm 65\%$) (SOUSA et al., 2019).

No forrageamento em busca de um hospedeiro propício, os parasitoides de moscas-das-frutas tendem a seguir etapas no comportamento de busca. O primeiro passo é encontrar uma árvore frutífera (pomar), em seguida um fruto, a partir da coloração e dos voláteis emitidos, e por fim encontrar o hospedeiro dentro do fruto para então realizar o parasitismo (STEIDLE; VAN LOON, 2002; QUILICI; ROUSSEAU, 2012). Uma vez que diversos fatores podem interferir no sucesso de um parasitoide quando liberado em campo, a eficiência de *D. longicaudata* depende, dentre outros fatores, de sua interação com o ambiente e sua capacidade de localizar a larva hospedeira (GARCIA-MEDEL et al., 2007).

Portanto, diante da necessidade de mais informações sobre *D. longicaudata* nas condições do semiárido brasileiro e do potencial de utilização de *D. longicaudata* em programas de controle biológico de moscas-das-frutas, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do nicho de forrageamento (copa e solo) de *D. longicaudata* em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) infestados com *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), em um ambiente semiárido, Mossoró-RN, no Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Moscas-das-frutas

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) se destacam como os insetos-praga mais limitantes ao comércio internacional de produção e exportação de frutas, afetando drasticamente a qualidade e produtividade nesse setor agrícola (BRASIL, 2016; MACEDO et al., 2017). Ao se desenvolver no interior dos frutos, as larvas se alimentam da polpa, tornando os frutos impróprios para o consumo *in natura* e para a industrialização (BADII et al., 2015). Além dos danos diretos, a presença dessa praga faz com que países importadores de frutas imponham barreiras quarentenárias, restringindo a exportação de frutas frescas visando a impedir a introdução desses tefritídeos em seu território (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000).

As perdas estimadas na esfera global com danos diretos e indiretos decorrentes das moscas-das-frutas superam U\$ 2 bilhões ao ano. No Brasil, os prejuízos giram em torno de 120 a 200 milhões de dólares por ano (OLIVEIRA et al., 2013; MACEDO et al., 2017). No Brasil, a presença de moscas-das-frutas de importância econômica varia nas diferentes regiões; do ponto de vista agrícola e econômico, apenas sete espécies de *Anastrepha* Schiner e *C. capitata* (Wiedemann) têm importância econômica e quarentenária (ZUCCHI, 2001).

Ceratitis capitata, também conhecida como mosca-do-mediterrâneo, é a espécie de maior importância econômica no âmbito mundial, encontrando-se distribuída em todas as áreas tropicais e subtropicais do mundo (ZUCCHI, 2001). Esse tefritídeo frugívoro é uma praga oriunda da região sul do Saara, tendo se espalhado por diversas partes do mundo após sua identificação na Europa Mediterrânea no século XIX (GASPERI et al., 2002). Este tefritídeo está adaptado a uma grande diversidade de climas e de hospedeiros, infestando mais de 300 hospedeiros vegetais em todo o mundo (LIQUIDO; CUNNINGHAM; NAKAGAWA, 1990; SZYNISZEWSKA; TATEM, 2014).

No território brasileiro, *C. capitata* é a única espécie do gênero, estando presente em praticamente todos os Estados, com exceção do Amapá e Amazonas (ZUCCHI; MORAES, 2012). *C. capitata* foi identificada pela primeira vez no Estado de São Paulo em 1901, espalhando-se posteriormente para os demais Estados (ZUCCHI, 2015), já tendo sido associada a cerca de 97 espécies frutíferas pertencentes a 29 famílias de plantas hospedeiras no país (ZUCCHI; MORAES, 2012).

Na região nordeste, principalmente nos perímetros irrigados localizados no semiárido, a rápida colonização de *C. capitata* tem sido fator de grande preocupação para os produtores

de frutas dessa região, em virtude das perdas na produção e do aumento nos custos de controle, em razão das frequentes aplicações de inseticidas (ALVARENGA et al., 2009; ARAUJO et al., 2015).

Tradicionalmente, o controle dos tefritídeos pragas é realizado basicamente por meio da aplicação de inseticidas em cobertura ou na forma de isca-tóxica (atrativo+inseticida) (RAGA; SATO, 2016; CAMARGOS; COSTA; MIRANDA, 2017). Apesar dos avanços das técnicas de aplicação e dos produtos utilizados no controle químico, os consumidores de frutas *in natura* têm exigido cada vez mais a oferta de frutos sem ou com baixos resíduos de agrotóxicos (AZEVEDO et al., 2016). Dessa forma, tem-se buscado opções de controle que atuem de forma harmoniosa aos métodos já disponíveis, que sejam menos impactantes ao meio ambiente e seguros para os consumidores, tais como: liberação de insetos estéreis (TIE), uso de atrativos alimentares ou sexuais e principalmente o uso do controle biológico natural ou aplicado, a fim de suprimir as populações desses tefritídeos em campo (OVRUSKI; SCHLISERMAN, 2012).

2.2. Controle Biológico

O controle biológico pode ser dividido em três tipos: clássico (com introdução de inimigos naturais em determinado ambiente), natural (conservando os inimigos naturais já existentes na área) ou aplicado (multiplicação em laboratório e liberações inundativas de inimigos naturais) (PARRA et al., 2002). Dentre os organismos que desempenham o controle biológico natural de moscas-das-frutas, como parasitoides, predadores e agentes patogênicos, os himenópteros parasitoides são apontados como os mais promissores e eficazes no controle desses tefritídeos-praga (OVRUSKI et al., 2000; ZUCCHI, 2001; NICÁCIO et al., 2011; GIUNTI et al., 2015), com mais de 140 espécies relatadas no mundo em associação com esses dípteros (ZUCCHI, 2001; GIUNTI et al., 2015).

Nos últimos 10 anos, o controle biológico de moscas-das-frutas apresentou notável ressurgimento em nível mundial (OVRUSKI e SCHLISERMAN, 2012; MOHAMED et al., 2016; GARCIA et al., 2020). Diversos programas de controle e erradicação de tefritídeos praga colocaram o controle biológico com liberações em massa de parasitoides como uma ferramenta eficiente no controle e supressão de moscas-das-frutas (MONTROYA et al., 2000; CARVALHO; NASCIMENTO, 2002; SIVINSKI; ALUJA, 2012; MULLER et al., 2019). Ressaltamos que o uso de parasitoides não garante o controle total dos tefritídeos pragas, mas

pode diminuir suas populações, aumentando a eficiência de outras técnicas de controle (CANAL; ZUCHI, 2000).

No Brasil, a estratégia adotada para controle biológico de moscas-das-frutas envolveu a introdução de parasitoides exóticos. Os primeiros esforços empregando parasitoides no controle de *C. capitata* iniciaram-se na década de 30 mediante introdução do parasitoide Africano *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae) na região de São Paulo (COSTA et al., 2005; CARVALHO, 2006), onde, por questões de adaptação ao ambiente de liberação, essa tentativa não foi bem sucedida. Na década de 90, foi realizada mais uma tentativa de se utilizar um parasitoide (*D. longicaudata*) para o controle de moscas-das-frutas com liberações massais em áreas-piloto em algumas áreas do país (MATRANGOLO et al., 1998; CARVALHO, 2006). Apesar dos esforços nas liberações deste parasitoide, não se alcançou os resultados esperados no controle de tefritídeos pragas nas regiões onde foi inicialmente liberado, sendo o fator climático dos locais de liberações apontado como o principal fator limitante (CARVALHO, 2005; MEIRELLES et al., 2016).

2.2.1. *Diachasmimorpha longicaudata*

É um endoparasitoide solitário de larvas de terceiro ínstar dos gêneros *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitidis* e *Dacus* (todos Diptera: Tephritidae) (WHITE; ELSON-HARRIS, 1992; SEGURA et al., 2012). Nativo da região Indo-australiana (Indonésia, Filipinas e Malásia), nas Américas se estabeleceu inicialmente no México em 1954 e de lá foi levado para muitos outros países da América latina (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). Na região neotropical, esse parasitoide tornou-se importante inimigo natural dos gêneros *Anastrepha* e *C. capitata* (SIVINSKI et al., 1996; CANCINO et al., 2019).

Atualmente é o parasitoide mais estudado e utilizado em programas de controle biológico de moscas-das-frutas (MONTROYA et al., 2000; GARCIA; RICALDE, 2013, GARCIA et al., 2020), devido à sua especificidade em parasitar diferentes espécies de tefritídeos e pela facilidade com que é criado em laboratório (GARCIA; RICALDE, 2013).

Diachasmimorpha longicaudata utiliza os voláteis e as vibrações (vibrotaxia) provocadas pelas larvas hospedeiras ao se alimentar do fruto como pistas: após a localização do hospedeiro, as fêmeas introduzem seu longo ovipositor no interior do fruto e ovipositam dentro do corpo do hospedeiro, onde completa seu desenvolvimento (LAWRENCE, 1981; CARVALHO; NASCIMENTO, 2002).

Diversas pesquisas foram desenvolvidas no Brasil com *D. longicaudata* visando a conhecer sua capacidade de parasitismo (PARANHOS et al., 2007), preferência hospedeira

(MEIRELLES et al., 2013), superparasitismo (ALFATINI; REDAELLI; JAHNKE, 2013) e padrões de dispersão (CAMARGOS et al., 2018). Contudo, estudos avaliando o comportamento de forrageamento desse inimigo natural em condições de campo no semiárido nordestino são escassos.

2.3. Forrageamento

Diversos fatores influenciam a eficiência de parasitoides liberados em programas de controle de tefritídeos pragas em campo, como, por exemplo: qualidade dos insetos produzidos em laboratório, competição intra e interespecífica, disponibilidade da praga hospedeira e aclimação dos parasitoides ao ambiente de liberação. Além disso, deve-se levar em consideração a densidade ideal de parasitoides que devem ser liberados em campo e sua capacidade de dispersão para localizar alimento, abrigo e hospedeiro no ambiente de liberação (PARANHOS et al., 2007).

O comportamento frente às variabilidades do ambiente, juntamente com a eficácia de localização de recursos, estão entre os principais fatores para o sucesso de forrageamento dos parasitoides em campo (BELL, 1990; BROWNE, 1993; VET, 2001; LEWIS et al., 2003). No processo de forrageamento, a busca e escolha de um hospedeiro adequado envolvem uma sequência de etapas: primeiro ocorre a localização de um pomar ou uma árvore frutífera, onde o parasitoide possa encontrar um tefritídeo hospedeiro. Na sequência, localização do micro-habitat que se refere à localização de uma fruta ou um pedaço de frutas por meio de estímulos visuais e olfativos. Em seguida, as fêmeas dos parasitoides devem localizar precisamente dentro do fruto o hospedeiro a ser parasitado, após o que a fêmea faz o reconhecimento, aceitação e o contato, ou seja, o parasitismo com o hospedeiro em potencial (VAN ALPHEN; VET, 1986; VINSON, 1998; STEIDLE; VAN LOON, 2002; QUILICI; ROUSSEAU, 2012).

Diversos estudos têm mostrado que durante a localização do habitat do hospedeiro (fruta infestada) as fêmeas de parasitoides de moscas-das-frutas usam os voláteis emitidos pelo fruto juntamente com os compostos químicos derivados da atividade larval e estímulos visuais para localizar seu hospedeiro (DUAN e MESSING, 2000; STUHL et al., 2012). Nas diferentes etapas de maturação, os frutos liberam diversos voláteis que podem auxiliar no direcionamento do parasitoide para diferentes nichos (SIVINSKI et al., 1997; GUIMARÃES e ZUCCHI, 2004; SEGURA et al., 2012).

A morfologia dos parasitoides também pode ser determinante para localização e parasitismo da mosca hospedeira, por exemplo: a taxa de parasitismo pode ser maior em frutos menores com mesocarpo e pericarpo finos, ao passo que frutos apresentando casca

grossa ou pilosa e de tamanho maior são menos parasitados (SIVINSKI et al., 1997; NICACIO et al., 2011).

O parasitismo da família Braconidae está diretamente relacionado ao tipo de casca, espessura da polpa e tamanho do fruto hospedeiro de mosca-das-frutas, bem como à espécie frutífera e ao estado de maturação do fruto (LÓPEZ et al., 1999; SIVINSKI, VULINEC e ALUJA, 2001). O parasitismo também pode ser influenciado pelo tamanho do ovipositor: parasitoides que apresentam ovipositor maior possuem, conseqüentemente, maior área de sondagem na busca pelo hospedeiro, como é o caso de algumas espécies de braconídeos que parasitam as moscas hospedeiras em frutos grandes e pequenos (SIVINSKI, VULINEC e ALUJA, 2001; SIVINSKI e ALUJA, 2012).

Por outro lado, parasitoides que apresentam um curto ovipositor, como os das famílias Eulophidae e Figitidae, não conseguem ovipositar através de frutos intactos, sendo necessário penetrar nos frutos através de aberturas naturais ou por orifícios de saída das larvas para realizar o parasitismo (COSTA et al., 2005). Assim, em trabalhos de levantamento de espécies de parasitoides são necessárias coletas de frutos do dossel da planta e de frutos presentes na superfície do solo, visando à obtenção da maior diversidade possível (ARAUJO et al., 2015).

Além disso, o comportamento de forrageamento em muitos parasitoides de tefritídeos pode ser influenciado pela aprendizagem associativa (VET et al., 1995), podendo ser manipulada nas unidades de criações massais, expondo os parasitoides a estímulos selecionados que eles provavelmente encontrarão no ambiente de liberação, maximizando a busca e localização do hospedeiro uma vez liberados (QUILICI; ROUSSEAU, 2012).

Recentemente, Segura et al. (2016) verificaram um padrão hierárquico de preferência em fêmeas de *D. longicaudata*, sendo a preferência modulada pelo nível de infestação e pela experiência adquirida durante o forrageamento, de maneira que as fêmeas são capazes de discernir entre diferentes níveis de infestações e se orientam para os nichos hospedeiros mais lucrativos.

De acordo com Quilici; Rousseau (2012), o conhecimento do comportamento de forrageamento hospedeiro das vespas parasitoides é de grande importância para o uso efetivo de parasitoides no manejo de pragas, por meio do biocontrole de conservação ou de liberações inundativas e/ou aumentativas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do estudo

As criações dos insetos utilizados neste estudo, *C. capitata* e *D. longicaudata*, foram realizadas em salas com ambiente controlado (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas), na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. A etapa do estudo com gaiolas de campo foi realizada em uma área experimental ($5^\circ 12' 47.8''\text{S}$, $37^\circ 18' 36.7''\text{W}$) da UFERSA, em Mossoró-RN. Durante o período de realização dos estudos de campo (outubro a dezembro de 2020), as condições climáticas foram as seguintes: Temperatura média de $30,8 \pm 3,1^\circ\text{C}$, umidade do ar de $55 \pm 11\%$, radiação solar de 3256 kJ/m^2 e ausência (0 mm) de precipitação pluvial (INMET, 2021).

3.2. Criação dos insetos

Ceratitis capitata - A multiplicação de *C. capitata* foi realizada em gaiolas plásticas de dimensões $27,6 \times 33,1 \times 48,7$ cm, sendo a parte frontal recoberta por um tecido *voil*, possibilitando que as fêmeas inserissem seu ovipositor e realizassem a postura dos ovos. Para permitir o manuseio da criação, um tecido em forma de “manga” foi colocado em uma das laterais da gaiola, possibilitando acesso a seu interior. Na parte interna, foram dispostos uma garrafa de 250 mL de água com esponjas Spontex® e um recipiente contendo uma mistura de açúcar e lêvedo de cerveja na proporção de 4:1 como fonte de alimento para os adultos. A atração das moscas para a tela de oviposição ocorreu a partir da instalação de lâmpadas fluorescentes (40 W) nas proximidades dela. Para a coleta dos ovos, recipientes plásticos contendo água foram colocados na área externa frontal da gaiola, logo abaixo do tecido de oviposição. Diariamente os ovos eram recolhidos e depositados dentro da água, aguardando sua decantação para posterior coleta. Utilizando uma seringa, os ovos eram coletados e 0,5 mL destes eram semeados em dietas artificiais, contidas em depósitos plásticos de 250 mL, fechados com papel alumínio e acondicionados em bandejas. A dieta artificial utilizada para o desenvolvimento das larvas foi baseada na dieta descrita por Albajes; Santiago-Álvarez (1980). Após oito dias da eclosão se desenvolvendo no interior da dieta artificial, as larvas alcançavam o terceiro ínstar e saltavam para a bandeja maior para a formação dos pupários, os quais, por sua vez, eram recolhidos e utilizados para a continuidade de um novo ciclo da criação.

D. longicaudata - A criação de *D. longicaudata* foi mantida em gaiolas plásticas (27,6 x 33,1 x 48,7 cm) com a parte superior coberta por tecido do tipo *voile* por onde as fêmeas inseriam seu ovipositor e realizavam o parasitismo em larvas de terceiro ínstar de *C. capitata*, ofertadas diariamente envoltas em dieta artificial. No interior da gaiola, era fornecida água em garrafa plástica de 50 mL com esponja do tipo Espontex®. A alimentação foi fornecida em uma placa de Petri contendo açúcar refinado e mel pincelado em fitas de papel. Após 24h de exposição ao parasitismo, as larvas juntamente com a dieta eram coletadas e acondicionadas em recipientes plásticos transparentes (500 mL) tampados e deixados em ambiente climatizado, detalhado do tópico 3.2.1. Após a emergência dos insetos, procedia-se às liberações dos adultos nas gaiolas de criação para dar continuidade à população de manutenção.

3.3. Infestação dos frutos

Para realizar os estudos em campo, as larvas das moscas-das-frutas foram ofertadas aos parasitoides em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) infestados artificialmente. A goiaba foi selecionada por ser um hospedeiro preferencial tanto da praga quanto do parasitoide, além de permitir a retirada e substituição da polpa por dieta artificial para a elaboração da unidade de parasitismo. Os frutos maduros de goiaba (± 100 g) foram infestados artificialmente em laboratório com larvas de 3º ínstar (8 dias) de *C. capitata*, considerado o estágio ideal para a oviposição de *D. longicaudata*.

Na parte superior dos frutos, foi feita uma abertura circular para possibilitar a retirada de toda a polpa com o auxílio de uma colher, em seguida cada fruto foi preenchido com 50 larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* misturadas em dieta artificial. O pedaço do fruto retirado foi usado para fechar a abertura, sendo a junção das duas partes vedada por um filme plástico (parafilme de 1,5 cm) (Figura 1). Em seguida, os frutos foram levados a campo para a exposição nos nichos de parasitismo (copa e solo).

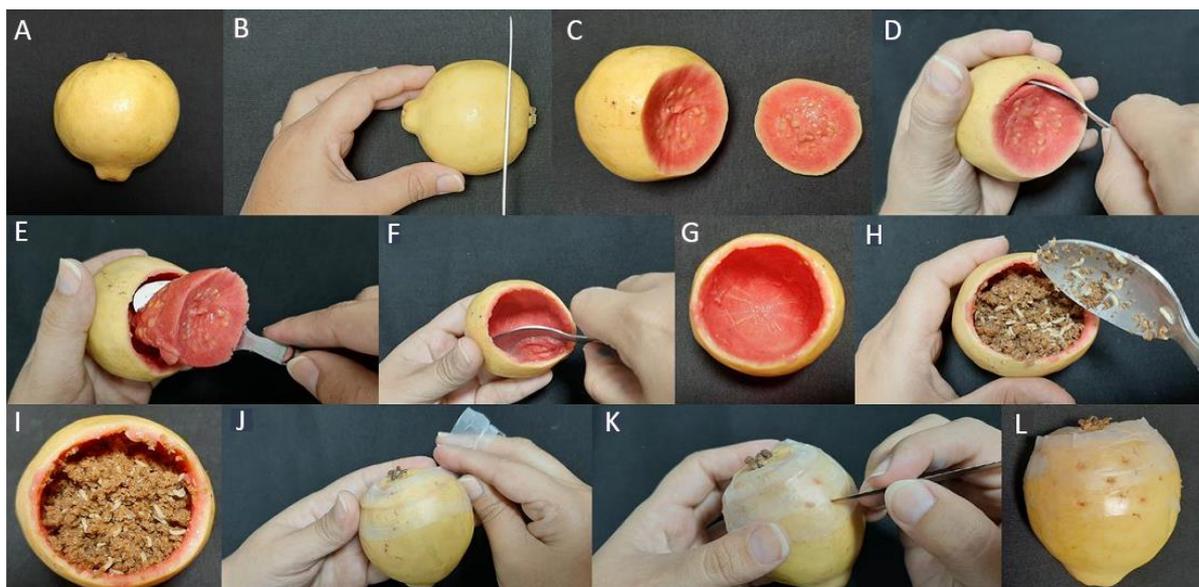


Figura 1. Etapas adotadas para a elaboração da unidade de oviposição expostas ao parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em gaiolas de campo: A) Fruto maduro de goiaba de $\pm 100\text{g}$; B) e C) Corte e retirada da parte superior do fruto; D), E), F), G) Retirada da polpa do fruto com o auxílio de uma colher; H), I) preenchimento do fruto com larvas de *C. capitata* envoltas em dieta artificial; J), K) e L) junção das duas partes do fruto com plástico parafilme e abertura de pequenos furos para permitir a aeração no interior do fruto.

3.4. Experimento em campo

Para avaliar a influência do local do fruto no nicho de forrageamento de *D. longicaudata* sobre *C. capitata*, os frutos infestados foram ofertados aos parasitoides em dois locais diferentes (copa da planta e solo), com chance de escolha e sem chance de escolha. Para isso, gaiolas (2,0 m de altura x 1,50 m de comprimento x 1,30 m de largura) fechadas com tela antiafídeo foram levadas ao campo e colocadas sobre plantas de goiabeira ($\pm 1,70$ m de altura) (Figura 2). O acesso ao seu interior se dava por meio de uma porta (2,0 x 0,60 m), fechada com velcro.



Figura 2. Gaiola de campo: A) Vista frontal geral; B) Visão interna.

No bioensaio sem chance de escolha, frutos de goiaba infestados ($n = 10$) foram levados para o interior de uma gaiola e expostos na copa da planta. Para isso, os frutos foram acondicionados em recipientes de polipropileno transparente (31cm x 12 cm), para evitar a perda de larvas que saíssem dos frutos para pupar no solo, e pendurados na copa da planta com auxílio de uma rede de polietileno, a uma altura mínima de 1,0 m acima do nível do solo. Em seguida, fêmeas ($n = 50$) foram liberadas no interior da gaiola. Em outra gaiola, os frutos ($n = 10$) foram ofertados ao nível do solo. Para isso, os frutos foram colocados dentro de recipientes de polipropileno transparente (31cm x 12 cm) e acondicionados em bandejas plásticas com uma fina camada de vermiculita. Em seguida, os parasitoides ($n = 50$) foram liberados no interior da gaiola. No interior das gaiolas, foi ofertada *ad libitum* água, em recipientes plásticos com esponjas Spontex®, e açúcar refinado em placas de Petri.

No bioensaio com chance de escolha, os frutos de goiaba infestados foram ofertados na copa da planta ($n = 5$) e no solo ($n = 5$), ao mesmo tempo e em uma mesma gaiola. Para ofertar os frutos na copa e no solo, foi utilizada a mesma metodologia descrita anteriormente. Após a colocação dos frutos nos dois nichos de forrageamento, foi realizada a liberação dos parasitoides ($n = 50$) no interior da gaiola.

Nos dois bioensaios, os frutos foram expostos ao parasitismo por 9h seguidas (das 08h30 às 17h30). Após esse período, os frutos foram recolhidos, identificados e as

larvas/pupas individualizadas em tubos de ensaio (26,7 x 26,7 x 61,3 mm) contendo uma fina camada de vermiculita umedecida e fechados com filme plástico. Em seguida, os tubos de ensaio foram transferidos para salas climatizadas (temperatura $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas), onde permaneceram até a emergência dos adultos (parasitoides ou moscas) que foram contabilizados. As pupas intactas (fechadas) foram dissecadas e observadas com o auxílio de uma lupa (aumento de 80x), a fim de contabilizar o número de moscas ou parasitoides que não emergiram.

3.5. Variáveis analisadas

- ✓ Índice de parasitismo (%) = (número de larvas parasitadas/número de pupas recuperadas) x100 (PARANHOS; WALDER; ALVARENGA, 2007);
- ✓ Razão sexual dos descendentes = [(número de fêmeas/(número de fêmeas + número de machos)] (SILVEIRA NETO et al., 1976);
- ✓ Fertilidade (número de parasitoides obtidos nas progênies/número de fêmeas que realizaram o parasitismo).

3.6. Análises estatísticas

Para comparar o parasitismo entre os nichos de forrageamento, os dados foram inicialmente analisados quanto à normalidade por grupo pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), ao passo que quanto à homoscedasticidade foram avaliados pelo teste de Levene ($p < 0,05$). Também foi verificada a ausência de *outliers* e pontos influentes por análise gráfica e por teste. A partir de então, foi utilizado o Teste t para amostras independentes ($p < 0,05$): quando os dados apresentam normalidade por grupo, apresentam homogeneidade de variâncias e não há *outliers* ou pontos influentes. As análises foram realizadas para ambos os bioensaios separadamente. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* estatístico R project (2020).

4. RESULTADOS

No bioensaio sem chance de escolha, o parasitismo médio de *D. longicaudata* em frutos localizados na copa da planta foi de 13,2% e ao nível do solo foi de 15,2%, não diferindo estatisticamente entre si ($t= 0,3215$, $df= 1$, $p= 0,7516$) (Tabela 1). O parasitismo médio de *D. longicaudata* no bioensaio com chance de escolha foi de 31,6% em frutos situados na copa da planta e de 21,6% em frutos situados no solo, não havendo diferença estatística entre os dois locais de forrageamento ($t= 0,7342$, $df= 1$, $p= 0,4838$) (Tabela 1).

A fertilidade média das fêmeas no bioensaio sem chance de escolha foi de 1,24 parasitoides/fêmea nos frutos situados na copa da planta e de 1,38 parasitoides/fêmea nos frutos situados no solo, não havendo diferença estatística entre os locais de forrageamento ($t= 0,2399$, $df= 1$, $p= 0,8131$) (Tabela 1). No bioensaio com chance de escolha, a fertilidade foi maior nos frutos localizados na copa da planta (média de 1,58 parasitoides/fêmea) do que nos frutos situados no solo (média de 1,0 parasitoides/fêmea), porém não se constatou diferença estatística ($t= 0,873$, $df= 1$, $p= 0,4081$) (Tabela 1).

A razão sexual da progênie apresentou maior emergência de fêmeas (0,58) nos frutos expostos na copa, tanto no bioensaio sem chance de escolha quanto no bioensaio com chance de escolha (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de parasitismo, fertilidade e razão sexual de *Diachasmimorpha longicaudata* sobre larvas/pupas de *Ceratitis capitata*.

Nichos de forrageamento	<i>D. longicaudata</i>		
	%Parasitismo (média ± SE)	*Fertilidade (média)	Razão sexual
----- Sem chance de escolha -----			
Copa	13,2 ± 3,79 a	1,24 a	0,58
Solo	15,2 ± 4,86 a	1,38 a	0,39
----- Com chance de escolha -----			
Copa	31,6 ± 10,8 A	1,58 A	0,58
Solo	21,6 ± 8,28 A	1,0 A	0,36

*Proporção de uma fêmea de *D. longicaudata* para 10 larvas de *C. capitata*. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste t ($\alpha = 0,05$).

Com relação ao número de descendentes de *D. longicaudata* nos nichos (copa/solo) sem e com chance de escolha, verificou-se que não houve diferença estatística pelo Teste t ($p < 0,05$). Foi obtido um total de 131 adultos de *D. longicaudata* no bioensaio sem chance de escolha, com média de 6,2 indivíduos oriundos dos frutos expostos na copa da planta e 6,9 dos frutos do solo. No bioensaio com chance de escolha, 129 parasitoides foram originados (15,8 adultos na copa e 10 adultos nos frutos do solo) (Figura 3).

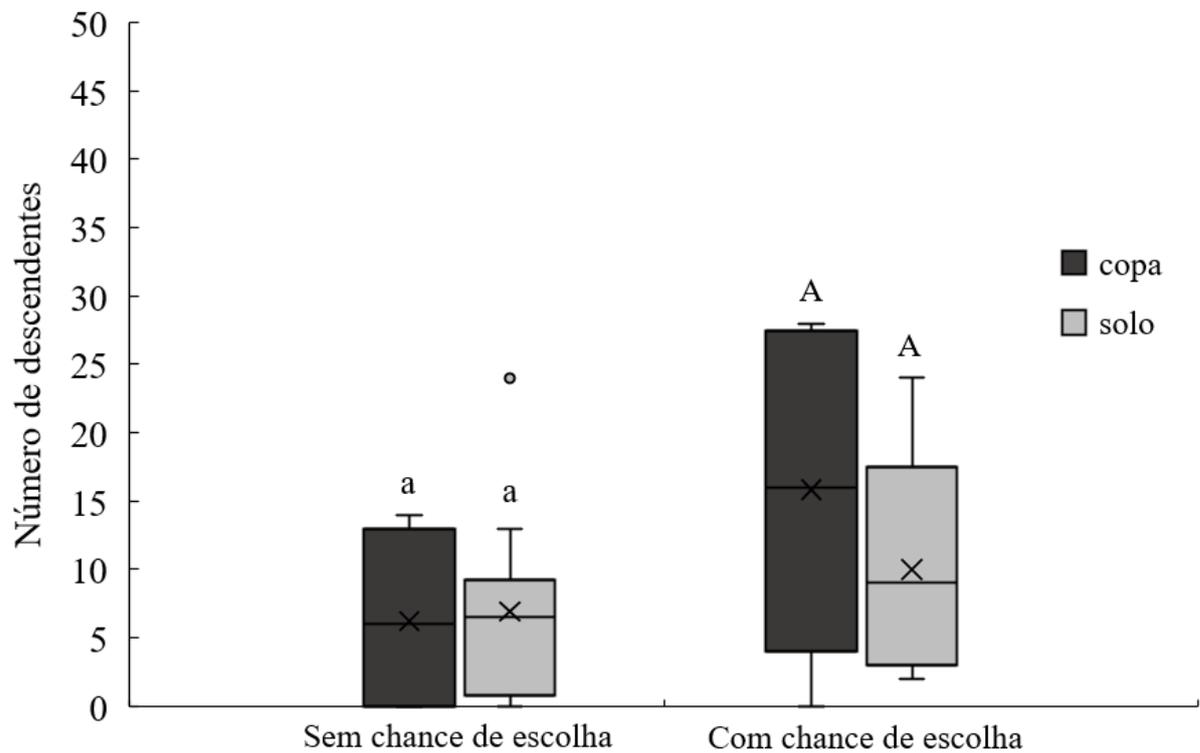


Figura 3. Número de descendentes de *Diachasmimorpha longicaudata* em função do nicho de forrageamento sem e com chance de escolha.

5. DISCUSSÃO

Os resultados do parasitismo de *D. longicaudata* na copa da planta e no nível do solo, nos dois bioensaios realizados, mostraram que este braconídeo forrageia as larvas hospedeiras, tanto nos frutos localizados na copa das árvores quanto nos frutos ao nível do solo. De Pedro et al. (2018), avaliando o parasitismo de *D. longicaudata* sobre frutos de maçã (*Malus domestica* L.) infestadas com larvas de *C. capitata* em casa de vegetação, também observaram não haver diferença estatística entre o parasitismo na copa (8,49%) e no solo (9,67%). Harbi et al. (2018) verificaram parasitismo médio de *D. longicaudata* de 17,62% e 16,77% quando as larvas hospedeiras foram ofertadas em frutos na copa e no solo, respectivamente. Suárez et al. (2019), avaliando duas linhagens de *D. longicaudata* sobre *C. capitata*, observaram maior parasitismo de controle da praga em frutos de laranja doce e pêssago ofertados no solo do que na copa das plantas. Em contraste, Garcia-Medel et al. (2007), em condições ambientais controladas, observaram que *D. longicaudata* exibiu preferência pelos frutos expostos na copa quando liberados sozinhos, atingindo 92% de parasitismo e apenas 21% no solo; quando em competição com outros parasitoides, não ocorreu parasitismo nos frutos do solo.

Em ambientes abertos, a maioria dos estudos com coletas de frutos mostrou que *D. longicaudata* geralmente prefere parasitar larvas em frutos situados na copa das plantas, devido ao fato desta espécie apresentar um maior ovipositor, permitindo parasitar larvas hospedeiras em frutos intactos (MIRANDA et al., 2015; SIVINSKI; VULINEC; ALUJA, 2001). Além disso, nessa situação outros parasitoides com tamanho e ovipositor menores apresentam o comportamento de penetrar nos frutos à procura da larva hospedeira e realizar o parasitismo diretamente sobre a larva (COSTA et al., 2005; GUIMARÃES; ZUCCHI, 2004). Dessa maneira, *D. longicaudata* possivelmente desenvolveu esse comportamento na tentativa de evitar a competição com outras espécies de parasitoides e com predadores, como, por exemplo, as formigas no solo. Isso acontece porque o sucesso no parasitismo depende de uma série de fatores bióticos e abióticos, com destaque para a eficiência da fêmea na localização de recursos, e da sua capacidade de responder à variabilidade ambiental (VET, 2001). Provavelmente, os estudos desenvolvidos com parasitoides confinados em gaiolas de campo e com oferta de frutos infestados em laboratório têm fornecido ao parasitoide *D. longicaudata* uma condição ideal em relação à disponibilidade e qualidade de hospedeiros, diferentemente do que ocorre na natureza, onde os frutos que estão na copa da planta apresentam voláteis diferentes dos frutos em estágios avançados de maturação encontrados ao nível do solo

(SEGURA et al., 2012). No entanto, mais estudos necessitam ser desenvolvidos para se chegar a um resultado mais claro sobre esse tema.

A menor taxa de parasitismo de *D. longicaudata* obtido no presente estudo, na comparação com o estudo de Garcia-Medel et al. (2007), possivelmente está relacionada à menor densidade de parasitoides liberados no presente estudo (1 parasitoide para 10 larvas) e às elevadas temperaturas registradas no local do estudo (temperatura média de 33,9 °C no período da manhã e de 27,7 °C no período da tarde), pois a temperatura elevada pode influenciar negativamente o forrageamento do parasitoide. Appiah et al. (2013) afirmaram que a bionomia de *D. longicaudata* é afetada significativamente pela temperatura. A influência das condições ambientais no parasitismo natural de *D. longicaudata* também foi observada por Ovruski et al. (2002), os quais constataram que na região semiárida do centro-oeste da Argentina o parasitismo deste braconídeo pode ser muito baixo ou inexistente. A variabilidade ambiental, precisamente no que se refere às condições de temperatura em ambientes naturais, pode ser determinante no parasitismo natural de muitas espécies de parasitoides.

Diachasmimorpha longicaudata apresentou maior fertilidade nos frutos infestados expostos na copa da planta. A fertilidade é um aspecto essencial na escolha de um agente de controle biológico, uma vez que este fator está diretamente relacionado à capacidade da fêmea de produzir descendentes (WÄCKERS et al., 2008). De modo geral, os parasitoides depositam número limitado de ovos por hospedeiro e os distribuem entre os hospedeiros mais adequados (IWASA et al., 1984), sendo essa carga de ovos e sua maturação influenciadas pela qualidade da dieta do adulto (CICERO; SIVINSKI; ALUJA, 2012).

Neste estudo, as maiores razões sexuais foram verificadas nos hospedeiros expostos na copa da planta (com e sem chance de escolha). A maior produção de descendentes machos fora constatada em larvas expostas em frutos no nível do solo no bioensaio com chance de escolha. A diferença verificada na razão sexual da prole de alguns parasitoides parece ser uma característica modulada pela disponibilidade e qualidade do hospedeiro, como também pelas condições ambientais, como a temperatura (WIMAN et al., 2014; PONCIO et al., 2016; STACCONI et al., 2017; GROTH et al., 2017). As características dos hospedeiros são importantes fatores na determinação da razão sexual dos parasitoides. Durante o forrageamento, as fêmeas liberadas avaliam alguns atributos, como o tamanho, qualidade, densidade hospedeira e se já estão previamente parasitados para, em seguida, determinar o sexo da sua progênie no ato da oviposição, que também pode ser influenciado por experiências prévias e pela presença de fêmeas co-específicas (KING, 1993; ODE; HEINZ, 2002; SANTOLAMAZZA-CARBONE; RIVERA, 2003; MONTOYA et al., 2011).

A razão sexual da prole é um fator muito importante para inimigos naturais usados em programas de controle biológico, na medida em que maior quantidade de fêmeas proporcionará crescimento populacional e taxa de parasitismo maiores e, conseqüentemente, maior eficiência no controle da praga no campo (HEIMPEL e LUNDGREN, 2000).

As informações obtidas neste estudo sobre o comportamento de forrageamento (copa/solo) de *D. longicaudata* sobre *C. capitata* infestando frutos de goiabas podem ser utilizadas como suporte para outros estudos de campo na região semiárida. Entretanto, são necessárias mais informações sobre estes parasitoides, como, por exemplo, comparação da sua eficiência em forragear tefritídeos em diferentes frutos hospedeiros, análise de suas respostas a diferentes densidades do hospedeiro, interações potenciais entre essas diferentes espécies de parasitoides que já ocorrem no ambiente e principalmente sua adaptabilidade ao ambiente semiárido. Portanto, as informações apresentadas neste estudo podem servir como base para auxiliar o desenvolvimento de futuros estudos visando ao estabelecimento de programas de liberação de *D. longicaudata* em campo, em ambientes semiáridos.

6. CONCLUSÃO

As fêmeas de *D. longicaudata* foram capazes de forragear e parasitar larvas de *C. capitata* em frutos maduros de goiaba na copa da planta e ao nível do solo.

O parasitismo, fertilidade e razão sexual não foram influenciados pela localização das larvas hospedeiras em frutos maduros de goiaba no bioensaio sem chance de escolha, tampouco no bioensaio com chance de escolha.

REFERÊNCIAS

- ALBAJES, R.; C. SANTIAGO-ÁLVAREZ. Efecto de la densidad larvaria y de la alimentación en la proporción de sexos de *Ceratitis capitata* (Diptera: Trypetidae). *An.INIA. Serie Agrícola*, n. 13, p. 175-182, 1980.
- ALFATINI, D. L.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M. Superparasitismo de *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) por *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Florida Entomologist*, n. 96, v. 2, p. 391-395, 2013.
- ALVARENGA, C. D. et al. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus parasitoides em plantas hospedeiras de três municípios do norte do estado de Minas Gerais. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 76, n. 2, p. 195-204, 2009.
- APPIAH, E. F. et al. Effect of temperature on immature development and longevity of two introduced opiine parasitoids on *Bactrocera invadens*. *Journal of Applied Entomology*, v. 137, n. 8, p. 571-579, 2013.
- ARAUJO, E. L. et al. Parasitoides (Hymenoptera) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semiárido do estado do Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 37, n. 3, p. 610-616, 2015.
- AZEVEDO, F. R.; NERE, D. R.; SANTOS, C. A. M.; MOURA, E. S.; AZEVEDO, R. Efeito do ensacamento sobre a incidência de moscas-das-frutas e na qualidade das goiabas. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 83, p. 1-8, 2016.
- BADII, K. B.; BILLAH, M. K.; AFREH-NUAMAH, K.; OBENG-OFORI, D.; NYARKO, G. Review of the pest status, economic impact and management of fruit-infesting flies (Diptera: Tephritidae) in Africa. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, n. 12, p. 1488-1498, 2015.
- BELL, W. J. Searching behavior patterns in insects. *Annual review of entomology*, v. 35, n. 1, p. 447-467, 1990.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Plano de Defesa Agropecuária (PDA)**. Brasília: Mapa/ACS, 2016. 33p.
- BROWNE, L. B. Physiologically induced changes in resource-oriented behavior. *Annual Review of Entomology*, v. 38, n. 1, p. 1-23, 1993.
- CAMARGOS, M. G. et al. Spatial and temporal dispersal patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, v. 122, p. 84-92, 2018.
- CAMARGOS, M. G.; COSTA, M. L. Z.; MIRANDA, E. S. Custos variáveis de produção de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) para controle de moscas-das-frutas. *Revista iPecege*, v. 3, n. 2, p. 9-25, 2017.
- CANAL, N. A., ZUCCHI, R. A. Parasitoides – Braconidae. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (org.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 119-126.
- CANCINO, J. et al. Suppression of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) populations in coffee in the Mexico-Guatemala border region through the augmentative

releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 29, n. 8, p. 822–826, 2019.

CANCINO, J.; MONTOYA, P. Desirable attributes of mass reared parasitoids for fruit fly control: a comment. **Vedalia**, v. 11, p. 53-58, 2004.

CARVALHO, R. S. Avaliação das liberações inoculativas do parasitóide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomar diversificado em Conceição do Almeida, BA. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 799–805, 2005.

CARVALHO, R. S. Biocontrole de moscas-das-frutas: histórico, conceitos e estratégias. **Revista Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, p. 14-17, 2006.

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. (org.). **Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**, São Paulo: Manole, 2002. p. 165–179.

CICERO, L.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Effect of host diet and adult parasitoid diet on egg load dynamics and egg size of braconid parasitoids attacking *Anastrepha ludens*. **Physiological Entomology**, v. 37, n. 2, p. 177-184, 2012.

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

DE PEDRO, L. et al. Combined use of the larvo-pupal parasitoids *Diachasmimorpha longicaudata* and *Aganaspis daci* for biological control of the medfly. **Annals of Applied Biology**, v. 174, n. 1, p. 40-50, 2018.

DIAS, N. P. et al. Fruit fly management research: A systematic review of monitoring and control tactics in the world. **Crop Protection**, v. 112, p. 187-200, 2018.

DUAN, J. J.; MESSING, R. H. Effects of host substrate and vibration cues on ovipositor-probing behavior in two larval parasitoids of tephritid fruit flies. **Journal of Insect Behavior**, v. 13, p. 175-186, 2000.

GARCIA, F. R. M et al. Biological control of tephritid fruit flies in the Americas and Hawaii: A review of the use of parasitoids and predators. **Insects**, v. 11, n. 10, p. 662, 2020.

GARCIA, F. R. M.; RICALDE, M. P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, v. 4, n. 1, 55-70, 2013.

GARCÍA-MEDEL, D.; SIVINSKI, J.; DIÁZ-FLEISCHER, F.; RAMIREZ-ROMERO, R.; ALUJA, M. Foraging behavior by six fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) released as single- or multiple-species cohorts in field cages: influence of fruit location and host density. **Biological Control**, v. 43, n. 1, p. 12–22, 2007.

GASPERI, G. et al. Genetic differentiation, gene flow and the origin of infestations of the medfly, *Ceratitis capitata*. **Genetica**, v. 116, n. 1, p. 125-135, 2002.

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

GROTH, M. Z.; LOECK, A. E.; NORNBORG, S. D.; BERNARDI, D.; NAVA, D. E Biology and Thermal requirements of *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae)

reared on *Ceratitis capitata* eggs (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 5, p. 554-560, 2017.

GUIMARÃES, J. A.; ZUCCHI, R. A. Parasitism behavior of three species of Eucilinae (Hymenoptera: Cynipoidea, Figitidae) fruit fly parasitoids (Diptera) in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 2, p. 217-224, 2004.

HARBI, A. et al. Functional response of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) over *Ceratitis capitata* (Wiedemann): Influence of temperature, fruit location and host density. **Crop protection**, v. 109, p. 115-122, 2018.

HEIMPEL, G. E.; LUNDGREN, J. G. Sex ratios of commercially reared biological control agents. **Biological Control**, v. 19, n. 1, p. 77-93, 2000.

IWASA, Y.; SUZUKI, Y.; MATSUDA, H. Theory of oviposition strategy of parasitoids. I. Effect of mortality and limited egg number. **Theoretical Population Biology**, v. 26, n. 2, p. 205-227, 1984.

KING, B. H. Sex ratio manipulation by parasitoid wasps. In: **Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites**. WRENSCH, D. L.; EBBERTE, M. (org.). New York: Chapman & Hall, 1993. p. 418-441.

LAWRENCE, P. O. Host vibration: a cue to host location by the parasitoid *Biosteres longicaudatus*. **Oecologia**, v. 48, n. 2, p. 249-251, 1981.

LEWIS, W. J.; VET, L. E. M.; TUMLINSON, J. H.; LENTEREN, J. C.; PAPA, D. R. Variations in natural-enemy foraging behaviour: essential element of a sound biological control theory. In: Van LENTEREN, J. C. (org.). **Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures**. Wageningen: CABI publishing, 2003. p. 41-58.

LIQUIDO, N. J.; CUNNINGHAM, R. T.; NAKAGAWA, S. Host plants of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) on the Island of Hawaii (1949-1985 survey). **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 5, p. 1863-1878, 1990.

LÓPEZ, M.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha flies* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. **Biological Control**, v. 15, p. 119-129, 1999.

MACEDO, M. et al. Mid-level image representation for fruit fly identification (Diptera: Tephritidae). Conference: **IEEE International Conference on eScience**, At Auckland, New Zealand. p. 1-10, 2017.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (org.). **Moscas-das-frutas de importância econômica do Brasil: Conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 93-98.

MATRANGOLO, W. J. R. et al. Parasitoides de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associados a fruteiras tropicais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 4, p. 593-603, 1998.

MEIRELLES, R. N. et al. Parasitism of fruit flies (Tephritidae) in field, after the releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) in Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, p. 673-683, 2016.

- MEIRELLES, R. N.; REDAELLI, L. R.; OURIQUE, C. B.; JAHNKE, S. M. Comparative Biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) Reared on *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v. 96, n. 2, p. 412-418, 2013.
- MIRANDA, M.; SIVINSKI, J.; RULL, J.; CICERO, L.; ALUJA, M. Niche breadth and interspecific competition between *Doryctobracon crawfordi* and *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), native and introduced parasitoids of *Anastrepha* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v. 82, p. 86-95, 2015.
- MOHAMED, S. A.; RAMADAN, M. M.; EKESI, S. In and out of Africa: parasitoids used for biological control of fruit flies. In: **Fruit Fly Research and Development in Africa-Towards a Sustainable Management Strategy to Improve Horticulture**. Springer, Cham, 2016. p. 325-368.
- MONTOYA, P. et al. Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v. 18, n. 3, 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**, v. 56, n. 1, p. 11-17, 2011.
- MONTOYA, P. et al. Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. **Biological Control**, v. 62, n. 5, p. 581-593, 2017.
- MÜLLER, F. A. et al. Potential distribution of *Bactrocera oleae* and the parasitoids *Fopius arisanus* and *Psytallia concolor*, aiming at classical biological control. **Biological Control**, v. 132, p. 144-151, 2019.
- NICÁCIO, J. N.; UCHÔA, M. A.; FACCENDA, O.; GUIMARÃES, J. A.; MARINHO, C. F. Native larval parasitoids (Hymenoptera) of frugivorous Tephritoidea (Diptera) in South Pantanal Region, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 94, n. 3 p. 407-419, 2011.
- ODE, P. J.; HEINZ, K. M. Host-size-dependent sex ratio theory and improving mass-reared parasitoid sex ratios. **Biological Control**, v. 24, n. 1, p. 31-41, 2002.
- OLIVEIRA, C. M. et al. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, p. 1-15, 2013.
- OVRUSKI, S. M. et al. New records of fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Figitidae, Pteromalidae) for La Rioja Province, Northwestern Argentina. **Proceedings of The Entomological Society of Washington**, v. 104, n. 4, p. 1055-1057, 2002.
- OVRUSKI, S. M.; SCHLISERMAN, P. Biological control of Tephritid fruit flies in Argentina: historical review, current status, and future trends for developing a parasitoid mass-release program. **Insects**, v. 3, n. 3, p. 870-888, 2012.
- 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**, v. 5, n. 2, p. 81-107, 2000.

- PARANHOS, B. A. J. et al. Dispersion patterns of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in citrus orchards in southeast Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 4, p. 375-385, 2007.
- PARANHOS, B. A. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e26037, 2019.
- 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**, v. 36, n. 2, p. 243-246, 2007.
- PARRA, J. R. P. et al. **Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002.
- PONCIO, S. et al. Biology of *Doryctobracon brasiliensis* at different temperatures: development of life table and determineng thermal requirements. **Journal of Applied Entomology**, v. 140, n. 10, p. 775-785, 2016.
- QUILICI, S.; ROUSSE, P. Location of host and host habitat by fruit fly parasitoids. **Insects**, v. 3, n. 4, p. 1220-1235, 2012.
- RAGA, A.; SATO, M. E. Controle Químico de Moscas-das-frutas. **Instituto Biológico**, v. 20, p. 1-14, 2016.
- SANTOLAMAZZA-CARBONE, S.; RIVERA, A. C. Superparasitism and sex ratio adjustment in a wasp parasitoid: results at variance with Local Mate Competition? **Oecologia**, v. 136, n. 3, p. 365-373, 2003.
- SEGURA, D. F. et al. Innate host habitat preference in the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*: functional significance and modifications through learning. **PLoS One**, v. 11, n. 3, p. e0152222, 2016.
- SEGURA, D. F. et al. Response of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* to host and host-habitat volatile cues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 143, n. 2, p. 164-176, 2012.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. A. **Manual de Ecologia dos Insetos**. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1976.
- SIVINSKI, J. M. et al. 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**, v. 6, n. 2, p. 177-185, 1996.
- SIVINSKI, J.; ALUJA, M. The roles of parasitoid foraging for hosts, food and mates in the augmentative control of Tephritidae. **Insects**, v. 3, n. 3, p. 668-691, 2012.
- SIVINSKI, J.; ALUJA, M.; LÓPEZ, M. Spatial and temporal distributions of parasitoids of Mexican *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) within the canopies of fruit trees. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 90, p. 604-618, 1997.
- SIVINSKI, J.; VULINEC, K.; ALUJA, M. Ovipositor length in a guild of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) attacking *Anastrepha* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae) in southern México. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, n. 6, p. 886-895, 2001.

SOUSA, M. M.; ARAUJO, E. L.; SILVA, J. G.; BARBOSA, D. R. S.; FERNANDES, E. C. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares comerciais de mangueira, em uma região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 5, e-347, 2019.

STACCONI, M. V. R. et al. Comparative life history traits of indigenous Italian parasitoids of *Drosophila suzukii* and their effectiveness at different temperatures. **Biological Control**, v. 112, p. 20-27, 2017.

STEIDLE, J. L. M.; VAN LOON, J. J. A. Chemoecology of parasitoid and predator oviposition behaviour. In: HILKER, M.; MEINERS, T. (org.). **Chemoecology of insect eggs and egg deposition**. Berlin: Blackwell publishing, 2002. p. 291-317.

STUHL C.; SIVINSKI J.; TEAL P.; ALUJA M. Responses of multiple species of tephritid (Diptera) fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) to sympatric and exotic fruit volatiles. **Florida Entomologist**, v. 95, p. 1031–1039, 2012.

SUÁREZ, L. et al. Biological Control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Argentina: Releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in Fruit-Producing Semi-Arid Areas of San Juan. **Natural Science**, n. 6; p. 664-675, 2014.

SUÁREZ, L. et al. Effects of releasing two *Diachasmimorpha longicaudata* population lines for the control of *Ceratitis capitata* infesting three key host fruit species. **Biological Control**, v. 133, p. 58–65, 2019.

SZYNISZEWSKA, A. M.; TATEM, A. J. Global assessment of seasonal potential distribution of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **PLoS One**, v. 9, n. 11, p. e111582, 2014.

VAN ALPHEN, J. J. M.; VET, L. E. M. An evolutionary approach to host finding and selection, p. 23-61. In: WAAGE, J. K.; GREATHEAD, D. J. (org.). **Insect parasitoids**. London, Academic Press, 1986.

VARGAS, R. I.; LEBLANC, L.; HARRIS, E. J.; MANO, N. C. Regional suppression of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the pacific through biological control and prospects for future introductions into other areas of the world. **Insects**, v. 3, n. 3, p. 727–742, 2012.

VET, L. E. M.; LEWIS W. J.; CARDÉ R. T. Parasitoid foraging and learning. In: CARDÉ R. T.; BELL, W. J. (org.). **Chemical ecology of insects 2**. New York: Chpaman & Hall, 1995. p. 65-101.

VET, L. E. M. Parasitoid searching efficiency links behaviour to population processes. **Applied Entomology and Zoology**, v. 36, n. 4, p. 399-408, 2001.

VINSON, S. B. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control** v. 11, n. 2, p. 79–96, 1998.

WÄCKERS, F. L.; VAN RIJN, Paul C. J; HEIMPEL, G. E. Honeydew as a food source for natural enemies: making the best of a bad meal? **Biological Control**, v. 45, n. 2, p. 176-184, 2008.

WHARTON, R. A; YODER, M. J. Parasitoides de Tephritidae que infestam frutas. Disponível em: <http://paroffit.org>. Acesso em: 25 mar. 2020.

WHITE, I. M.; ELSON-HARRIS, M. M. **Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics.** Wallingford, UK: Commonwealth Agriculture Bureau International, 1992.

WIMAN, N. G. et al. Integrating Temperature-Dependent Life Table Data into a Matrix Projection Model for *Drosophila suzukii* Population Estimation. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. 1-14, 2014.

ZUCCHI, R. A. Mosca-do-medeterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. (org.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros.** Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 153-172.

ZUCCHI, R. A. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (org.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil.** Ribeirão Preto: Holos, Ribeirão Preto, 2001. p. 15-22.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. **Moscas-das-frutas no Brasil - Hospedeiros e parasitoides da mosca-das-frutas do Mediterrâneo.** Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/ceratitis/. Acesso em: 15 dez. 2020.