



**BIOLOGIA COMPARADA DE *Ceratitis capitata* EM
DUAS FRUTEIRAS E PARASITISMO DE
Diachasmimorpha longicaudata EM DUAS ESPÉCIES
DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

MARIA CAROLINE AGUIAR AMARAL

2020

MARIA CAROLINE AGUIAR AMARAL

**BIOLOGIA COMPARADA DE *Ceratitis capitata* EM
DUAS FRUTEIRAS E PARASITISMO DE
Diachasmimorpha longicaudata EM DUAS ESPÉCIES
DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA:
TEPHRITIDAE)**

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

Orientadora:

Prof. *DSc.* Aldenise Alves Moreira

Coorientadora:

Prof. *DSc.* Maria Aparecida Castellani

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL

A515b

Amaral, Maria Caroline Aguiar.

Biologia comparada de *Ceratitis capitata* em duas fruteiras e parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em duas espécies de moscas-das-frutas (díptera: tephritidae). / Maria Caroline Aguiar Amaral, 2020.

109f.

Orientador (a): DSc. Aldenise Alves Moreira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F.100– 109.

1. Fruticultura - *Ceratitis capitata*. 2. *Anastrepha obliqua*. 3. Controle biológico. I. Moreira, Aldenise Alves. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

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

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista - BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Biologia comparada de *Ceratitís capitata* em duas fruteiras e parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em duas espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae)". Autor: Maria Caroline Aguiar Amaral

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



Profa. Aidenise Alves Moreira, D.Sc., UESB



Profa. Raquel Pérez-Maluf, D.Sc.; UESB



Profa. Clarice Dintz Alvarenga Corsato, D.Sc., UNIMONTES/MG

Data de realização: 30 de março de 2020

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-6383 – Fax: (77) 3424-1059 –
Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900

*A Deus;
aos meus irmãos Matheus e Bruno; aos
meus pais, Rosanja e Deussoni;
e ao meu noivo Juan Marcus,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por ser quem é e por me amar incondicionalmente, e é esse amor que me mantém todos os dias, amo Você.

À minha família, meu alicerce, razão pela qual eu luto todos os dias.

Aos meus irmãos, Matheus e Bruno, meus grandes amores, por serem minha maior motivação e exemplo, por acreditarem em mim quando eu mesma não consegui, amo vocês de todo meu coração.

Aos meus pais, Rosanja e Deuseni, por todo amor, apoio e incentivo, reconheço cada sacrifício de vocês por mim, sou imensamente grata e feliz por ter vocês como meus pais, amo vocês.

Ao meu noivo Juan, por ter sido meu amor, meus braços, minhas pernas e por ter me sustentado tanto durante essa jornada. Esta dissertação é tão minha quanto sua. Amo você.

Aos meus amigos: Carol, Bruna, Rapha, Gabe, Santiago, Raíza, Romana, Carol Boaventura, pelo companheirismo, apoio e amor.

À Zenóbia, obrigada por ter sido minha mão direita, amiga e companheira, definitivamente uma irmã, amo você.

Aos “paias”: Wé, Peu, Barbie e Lu, pelo apoio e companheirismo.

À Celly, Paty, Zefa, Té, Toninho, Maique e Adilson, por terem se tornado uma família pra mim e por serem/estarem tão presentes.

Ao Manoel, Genilson, Bismarc, Lorena, Josi, Eloito, Willian e Elismar, por toda ajuda, amizade, apoio, companheirismo e consolo.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e, em especial, ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de capacitação profissional.

À Professora DSc. Aldenise Alves Moreira, pela orientação, apoio e confiança durante minha formação e realização deste trabalho.

À minha coorientadora, DSc. Maria Aparecida Castellani, pela contribuição no desenvolvimento da pesquisa e redação da dissertação.

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

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos conhecimentos compartilhados.

À professora Raquel Perez-Maluf, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas do Laboratório de Moscas-das-frutas: Dena, Daniela, Micaela Matos, Carol Plácido, Nanda, Flávia, Beatriz, Filipe, Gabriela, Suzany, pelo apoio, companheirismo e auxílio durante a condução do experimento e realização das análises laboratoriais e, ainda, pelo grande vínculo de amizade que se criou.

Aos colegas e amigos do curso, pelo companheirismo e convivência, principalmente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de estudo.

Enfim, a todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para o encerramento desse ciclo.

Muito obrigada!

Dêem graças ao Senhor porque Ele é bom; o Seu amor dura para sempre.

Salmos 118:1

AMARAL, Maria Caroline Aguiar. **BIOLOGIA COMPARADA DE *Ceratitis capitata* EM DUAS FRUTEIRAS E PARASITISMO DE *Diachasmimorpha longicaudata* EM DUAS ESPÉCIES DE MOSCAS-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE)**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2020. 102p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia)*

Um dos principais problemas da fruticultura mundial é a ocorrência das moscas-das-frutas, que causa graves perdas na produção. No Brasil, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) e *Anastrepha obliqua* (Macquart) apresentam ampla distribuição geográfica e uma gama de hospedeiros de importância agrícola. Relações bitróficas, envolvendo alguns aspectos do parasitismo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead), não estão claramente estabelecidas. Diante disso, os objetivos deste trabalho foram a caracterização do ciclo biológico da *C. capitata* em frutos de carambola e manga e o estudo do parasitismo de *D. longicaudata* sobre os tefritídeos *A. obliqua* e *C. capitata*. Os ensaios foram realizados no período de julho de 2019 a fevereiro de 2020, no Laboratório de Moscas-das-frutas, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista. Para o bioensaio de biologia de *C. capitata*, porções de frutos de carambola e manga foram oferecidas às larvas de 1º instar de *C. capitata*. As avaliações foram diárias, quantificando-se o período e sobrevivência larval, a viabilidade e a massa pupal, a longevidade, o período de ovo-adulto, razão sexual e a fecundidade. A influência do instar larval e diferentes densidades de larvas sobre o parasitismo de *D. longicaudata* em *C. capitata* foi estudada com oito tratamentos em esquema fatorial 2×4, dois instares larvais (2º e 3º) e quatro densidades de larvas por unidade de parasitismo (5, 10, 15 e 20). Para avaliação da influência do tempo de exposição das larvas de *C. capitata* ao parasitoide *D. longicaudata*, foram realizados dois experimentos com cinco tratamentos cada, que consistiram em cinco tempos de exposição (30 min, 1, 2, 4 e 8 horas), sendo um com os parasitoides submetidos à experiência prévia com unidade de parasitismo e o outro sem a experiência prévia. Os ensaios de preferência de parasitismo de *D. longicaudata* sobre larvas de 2º e 3º instar de *A. obliqua* e sobre larvas de *C. capitata* e *A. obliqua* foram realizados com chance de escolha. Nos ensaios de parasitismo, as avaliações foram realizadas após a emergência dos parasitoides. A sobrevivência larval oscilou de 89,75%, em carambola, a 94,25% em manga; a viabilidade e massa pupal foram maiores nas pupas oriundas de larvas que se alimentaram de manga. A duração do período larval não foi afetada pelo substrato alimentar, enquanto a duração do período pupal foi menor nos frutos de manga. As fecundidades total e diária

*Orientadora: Aldenise Alves Moreira, *D. Sc.*, UESB.

Coorientadora: Maria Aparecida Castellani, *D. Sc.*, UESB.

foram maiores nas fêmeas provenientes de larvas que se alimentaram de manga. Ambos os frutos testados permitiram o desenvolvimento completo da *C. capitata*, no entanto, a mangueira é a hospedeira mais adequada para seu o desenvolvimento. O parasitoide *D. longicaudata* não apresentou preferência por nenhum dos ínstares larvais testados de *C. capitata* e de *A. obliqua*. O parasitismo de *D. longicaudata* sobre *C. capitata* foi afetado pelo tempo de exposição das larvas ao parasitoide. O parasitoide *D. longicaudata* apresentou preferência por parasitar *C. capitata* em detrimento a *A. obliqua*.

Palavras-chave: mosca do mediterrâneo; *Anastrepha obliqua*; controle biológico.

ABSTRACT

AMARAL, Maria Caroline Aguiar. **COMPARED BIOLOGY OF *Ceratitis capitata* IN TWO FRUIT TREES AND PARASITISM OF *Diachasmimorpha longicaudata* IN TWO FRUIT FLY SPECIES (DIPTERA: TEPHRITIDAE)**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2020. 102p. (Dissertation - Master in Agronomy, Plant production Concentration Area)*

Fruit flies are one of the main problems in fruit production worldwide. They cause serious direct losses to soft fruits. In Brazil, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) and *Anastrepha obliqua* (Macquart) are widely distributed and have a broad host range including many important crops. Bitrophic interactions including some parasitic aspects of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) are not well understood. Therefore, the objectives of this work were to characterize the life cycle of *C. capitata* growing in both star fruit and mango and to investigate the parasitic effect of *D. longicaudata* on *A. obliqua* and *C. capitata* (Tephritidae). Trials were carried out from July 2019 to February 2020 in the Fruit Flies Laboratory, at the State University of Southwest Bahia, campus Vitória da Conquista, Bahia state, Brazil. A bioassay on the biology of *C. Capitata* was conducted by providing 1st instar larvae with portions of star fruit and mango. Evaluations were done daily. Larval duration, larval survival, pupal viability, pupal weight, longevity, egg to adult interval, sex ratio, and fecundity were determined. Influences of larval instar and different larval densities on parasitism of *D. longicaudata* in *C. capitata* were studied using a completely randomized design with eight treatments and eight replicates, arranged in a 2 × 4 factorial design. Treatments consisted of two larval instars (2nd and 3rd instars) and four larval densities for each parasitism event (5, 10, 15, and 20). To evaluate effects of exposure time of *D. longicaudata* on *C. capitata* larvae two experiments were carried out in a completely randomized design with five treatments and eight replications. The treatments consisted of five exposure times (30 min, 1, 2, 4 and 8 h). One experiment had parasitoids with previous parasitism experience and the other had parasitoids without this previous experience. A free-choice test was performed to determine the parasitism preference of *D. longicaudata* on 2nd and 3rd instar of *A. oblique*. To determine the parasitism preference of *D. longicaudata* for

*Orientadora: Aldenise Alves Moreira, D. Sc., UESB.

Coorientadora: Maria Aparecida Castellani, D. Sc., UESB.

either *C. capitata* or *A. obliqua* larvae, a free-choice test was carried out. For the test, evaluations were done after parasitoid emergence. Larval survival ranged from 89.75% in star fruit to 94.25% in mango. Pupal viability and pupal weight were higher in pupae from mango fed larvae. Larval duration was not affected by food substrate, while pupal duration was shorter in mango fruits. Total and daily fecundities were higher in females developed from mango-fed larvae. Both fruits allowed the complete development of *C. capitata*; however, mango performed better. When studying parasitism preference, *D. longicaudata* showed no preference for larval instar of *C. capitata*. The parasitism of *D. longicaudata* in *C. capitata* is affected by the time of larvae exposure to the parasitoid. *D. longicaudata* preferred to parasitize *C. capitata* over *A. obliqua*.

Keywords: mediterranean fly; *Anastrepha obliqua*; biological control.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 – Biologia comparada de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em carambola e manga

Tabela 2.1 - Fecundidade de fêmeas e período de oviposição de *C. capitata* alimentadas com carambola e manga na fase larval. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020..... 48

Capítulo 3 - Parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) em *Ceratitis capitata* e *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae)

Tabela 3.1 - Valores médios da razão sexual de *Diachasmimorpha longicaudata* em função da densidade e instar larval de *Ceratitis capitata*, BA, Brazil, 2020. 85

Tabela 3.2 - Porcentagem de taxa de parasitismo (TP) e razão sexual (RS) em *A. obliqua* em função do instar larval por *D. longicaudata*. Vitória da Conquista – BA, UESB, 202093

Tabela 3.3 - Porcentagem de taxa de parasitismo (TP) e razão sexual (RS), pupas inviáveis (PI), larvas mortas (LM) e moscas emergidas (ME) em segundo e terceiro instar larval de *A. obliqua* por *D. longicaudata*. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020 94

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Biologia comparada de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em manga e carambola

- Figura 2.1** - Larvas de primeiro ínstar de até 3 horas de idade sobre porção de frutos de carambola (A) e manga (B); porções de frutos de manga (C) e carambola (D) sobre camada de vermiculita. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019..... 38
- Figura 2.2** - Adultos recém-emergidos de *C. capitata* (A); Frutos de uvas usados como unidade de oviposição (B); gaiola onde foram mantidos os casais para avaliação da fecundidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019. 40
- Figura 2.3** - Puncturas de *C. capitata* em uvas usadas como unidade de oviposição (A); ovos de *C. capitata* em frutos de uva (B); Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019..... 41
- Figura 2.4** - Sobrevivência larval, viabilidade pupal e massa pupal de *C. capitata* em carambola e manga. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020 42
- Figura 2.5** - Período larval e pupal de *C. capitata* em função das duas espécies vegetais, carambola e manga. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020..... 44
- Figura 2.6** - Longevidade de adultos de *C. capitata* alimentados com carambola e manga na fase larval. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020..... 45
- Figura 2.7** - Longevidade de fêmeas e machos de *C. capitata* alimentadas com carambola e manga na fase larval. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista – BA, UESB, 202046
- Figura 2.8** - Curvas de emergência de adultos de *C. capitata*, alimentados com carambola e manga na fase larval. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020. 46
- Figura 2.9** - Curvas de emergência de fêmeas e machos de *C. capitata*, alimentados com carambola na fase larval. Vitória da Conquista – BA,

UESB, 2020.....	47
Figura 2.10 - Curvas de emergência de fêmeas e machos de <i>C. capitata</i> , alimentados com manga na fase larval.....	47
Figura 2.11 - Oviposição de <i>C. capitata</i> procedentes dos frutos de carambola (A) e manga (B). Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020.	49
Capítulo 3 - Parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> (ashmead) em <i>Ceratitidis capitata</i> e <i>Anastrepha obliqua</i> (Diptera: Tephritidae)	
Figura 3.1 - Resposta numérica entre a densidade larval de <i>Ceratitidis capitata</i> (5, 10, 15 e 20) nas “unidades de parasitismo” em relação ao número de moscas emergidas (A), número de parasitóides (B) e taxa de parasitismo (C) de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em relação às larvas de segundo e terceiro ínstar.....	83
Figura 3.2 - Número de moscas emergidas de <i>Ceratitidis capitata</i> (A), número de parasitóides (B) e taxa de parasitismo (C) de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em relação às larvas de segundo e terceiro ínstar. As barras correspondem à média (\pm DP). As barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente $p < 0,05$, de acordo com o teste de Tukey (modelo ajustado: LMER, ajuste do nível de confiança pelo método de Šidák).....	84
Figura 3.3 - Relação entre o tempo de exposição das larvas de <i>Ceratitidis capitata</i> e o número de moscas (A), a taxa de parasitismo (B) e a razão sexual (C) de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	88
Figura 3.4 - Número de moscas emergidas de <i>Ceratitidis capitata</i> (A), taxa de parasitismo (%) (B) e razão sexual (C) do parasitoide <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> com e sem experiência prévia. As barras correspondem à média (\pm DP). As barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente $p < 0,05$, de acordo com o teste de Tukey (modelo ajustado: GLM, função de ligação: logit, ajuste do nível de confiança pelo método de Šidák).....	89

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de variância
FV	Fonte de variação
g	Gramas
h	Horas
kg	Quilo
LM	Larva morta
Log	Logaritmo
mg	Miligramas
mm	Milímetros
NM	Número de moscas
PI	Pupa inviável
RS	Razão sexual
TP	Taxa de parasitismo
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
°C	Graus Celsius
=	Igual
>	Maior
±	Mais ou menos
%	Porcentagem
°	Graus
”	Minutos
Ø	Diâmetro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	19
1. Introdução Geral	19
2. Referências	23
CAPÍTULO 2	26
1. Introdução	29
2. Revisão de Literatura	32
2.1 Importância econômica das moscas-das-frutas	32
2.2 Aspectos biológicos de <i>Ceratitis capitata</i>	34
2.3 Hospedeiros de <i>Ceratitis capitata</i>	36
3. Material e Métodos	39
3.1 Local e período experimental	39
3.2 Obtenção do material biológico	39
3.3 Aspectos biológicos de <i>Ceratitis capitata</i> em carambola e manga	39
4. Resultados e Discussão	44
5. Conclusões	52
6. Referências	53
CAPÍTULO 3	63
1. Introdução	66
2. Revisão de Literatura	68
2.1 Moscas-das- frutas	68
2.2 Controle Biológico	70
2.3 <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> como agente de controle biológico de moscas-das-frutas	71
2.4 Interação parasitoide hospedeiro	73
3. Material e Métodos	78
3.1 Local e período experimental	79
3.2 Obtenção do material biológico	79
3.3 Influência do ínstar larval e da densidade de larvas de <i>Ceratitis capitata</i> no parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	80

3.4 Influência do tempo de exposição de larvas de <i>Ceratitis capitata</i> ao parasitoide <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> com e sem experiência prévia de parasitismo	81
3.6 Análise dos dados	83
4. Resultados e Discussão	84
4.1 Influência do ínstar larval e densidade de larvas de <i>Ceratitis capitata</i> no parasitismo por <i>Diachasmimorpha longicaudata</i>.....	84
4.3 Influência do ínstar larval no parasitismo de <i>Diachasmimorpha longicaudata</i> em <i>Anastrepha obliqua</i>.....	95
5. Conclusões	99
6. Referências	100

CAPÍTULO 1

1. Introdução Geral

A fruticultura brasileira é uma das atividades mais dinâmicas e importantes para a economia, principalmente em termos de rentabilidade e geração de emprego. As condições climáticas favoráveis e a disponibilidade de áreas para cultivo estão entre os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento de frutíferas no Brasil. O Brasil ocupa a terceira posição, com uma produção de mais de 42,2 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China e da Índia (FAO, 2020). Nos três primeiros meses de 2020, o Brasil exportou mais de 234 mil toneladas de frutas (ABRAFRUTAS, 2020).

No entanto, no cultivo de frutíferas, os pomares podem ser acometidos por pragas, dentre as quais, as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), que causam perdas diretas e indiretas de, aproximadamente, US\$ 2 bilhões/ano (MACEDO e outros, 2017). As perdas diretas são ocasionadas pelas larvas que se alimentam da polpa dos frutos, tornando-os impróprios para o consumo *in natura* e até mesmo para industrialização (BADII e outros, 2015). Indiretamente, os prejuízos provocados pelas moscas-das-frutas são decorrentes das barreiras quarentenárias impostas por países que importam frutos *in natura*, a fim de impedir a introdução de espécies exóticas em seus territórios (MALAVASI, 2000).

Os tefritídeos frugívoros iniciam seu desenvolvimento com as fêmeas realizando a oviposição nos frutos. Após alguns dias, as larvas eclodem e se desenvolvem na polpa dos frutos, passando por três instares. Ao final do terceiro ínstar, as larvas saem dos frutos e se enterram no solo, onde formam as pupas e, após alguns dias, emergem os adultos que irão reiniciar um novo ciclo da praga.

No Brasil as espécies de moscas-das-frutas de importância econômica para os países importadores são: *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846), *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) e *Bactrocera carambolae* Drew e Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae) (MALAVASI; NASCIMENTO, 2003).

O ciclo de vida de *C. capitata*, como ocorre com os demais tefritídeos, é influenciado por fatores abióticos e bióticos, tais como: temperatura, umidade relativa, condições fisiológicas, tipo de hospedeiro, entre outros (KRAINACKER e outros, 1987; HERNANDEZ-ORTIZ ALUJA, 1992; VARGAS e outros, 2000; ARREDONDO e outros, 2010).

O tipo de fruto hospedeiro utilizado durante o desenvolvimento larval também influencia significativamente na sobrevivência dos estágios imaturos (larvas e pupas) e na taxa de reprodução e longevidade dos adultos (KRAINACKER e outros, 1987; LIEDO e outros, 2010).

Para *C. capitata*, tem sido observada a adaptação a hospedeiros das mais variadas famílias botânicas, conforme registros recentes de sua associação com quiabento (*Pereskia bahiensis* Gürke), palma forrageira [*Opuntia ficus indica* (L.) Mill] e banana (*Musa* spp), dentre outros (LEITE e outros, 2017; SÁ e outros, 2019). A associação de *C. capitata* com carambola (*Averrhoa carambola*) é recente na Bahia (SANTOS, 2016). Estudos sobre a biologia da mosca em caramboleira são escassos e, apesar do trabalho de Costa e outros (2011), alguns aspectos da biologia para esse hospedeiro ainda precisam ser elucidados e reforçados.

O controle dessas pragas é realizado, geralmente, mediante aplicação de inseticidas em cobertura ou na forma de isca-tóxica (atrativo + inseticida) (SCHUTZE e outros, 2018). No entanto, apesar dos avanços das técnicas e produtos utilizados no controle químico, os consumidores de frutas *in natura* têm exigido frutos sem resíduos ou com resíduos dentro dos limites permitidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Dessa maneira, tem-se buscado gradativamente substituir o controle químico

convencional por técnicas de controle menos impactantes ao meio ambiente e aos consumidores, tais como o uso do controle biológico.

O controle biológico é uma das mais promissoras alternativas ao uso do controle químico no manejo de pragas, e sua utilização tem sido direcionada ao controle biológico aumentativo (HEGAZI e outros, 2012). Espécies da família Braconidae são os parasitoides mais abundantes e diversificados no controle de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) (GUIMARÃES e outros, 2003). O parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) tem sido largamente utilizado para o controle de populações de moscas-das-frutas, considerado hoje o mais importante agente de controle biológico para essa praga. Essa importância está baseada na facilidade de criação em laboratório, na capacidade em se adaptar rapidamente a diferentes ambientes, na especificidade e alta capacidade de parasitismo em tefritídeos (OVRUSKI e outros, 2011). As larvas dos parasitoides se desenvolvem alimentando-se do conteúdo corporal dos ovos, larvas e pupas do tefritídeo hospedeiro (CHEN e outros, 2015).

A utilização de técnicas reducionistas e de baixo impacto para o ambiente no manejo de moscas-das-frutas é fundamental para a implantação de sistemas produtivos equilibrados e sustentáveis. O controle biológico, por meio da liberação de inimigos naturais, representa uma alternativa ao controle químico dessas pragas. O uso de himenópteros braconídeos tem sido priorizado, devido à especialização destes insetos quanto ao hospedeiro. Contudo, apesar do potencial da utilização de inimigos naturais no controle de moscas-das-frutas, poucos estudos têm sido realizados avaliando a relação parasitoide/hospedeiro. O entendimento das interações entre esses organismos é fundamental para aperfeiçoar o manejo das populações das pragas em programas de controle biológico.

Os estudos da dinâmica populacional de hospedeiros e parasitoides, bem como o modo como interagem, são de grande importância nos programas de controle biológico. Diante disso, os objetivos deste trabalho

foram caracterizar o ciclo biológico de *Ceratitis capitata* em frutos de carambola e manga e investigar o parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera, Braconidae) sobre os tefritídeos *Anastrepha obliqua* (Macquart) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann).

2. Referências

- ABRAFRUTAS. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento-mapa**: estatística de exportações de frutas no primeiro trimestre de 2020. Disponível: <http://www.comexdobrasil.com.br>. Acesso: 10 mar. 2020.
- ARREDONDO, J.; DÍAZ-FLEISCHER, F.; PÉREZ-STAPLES, D. Biología y Comportamiento. In: MONTOYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta**: fundamentos y procedimientos para su manejo. México, DF: IICA, 2010. p. 91-106.
- 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.
- CHEN, W., HE, Z., JI, X. L., TANG, S. T., & HU, H. Y. Hyperparasitism in a generalist ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus vindemniae* (Hymenoptera: Pteromalidae), on its own conspecifics: when the lack of resource lead to cannibalism. **C. PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1-16, 2015.
- FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **FAOSTAT**. Divisão de estatística. Disponível em: Acesso em: 20 de mai. 2020.
- GUIMARÃES, J. A. Eucoilinae especies (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitoids of fruit-infesting dipterous larvae in Brazil: identify, geographical distribution and host associations. **Zootaxa**, Auckland, v. 278, n.1, p. 1-23, 2003.
- HEGAZI, E.; KHAFAGI, W.; HERZ, A.; KONSTANTOPOULOU, M.; HASSAN, S.; AGAMY, E.; SHWEIL, S. Dispersal and field progeny production of *Trichogramma* species released in an olive orchard in Egypt. **BioControl**, Dordrecht, v. 57, n. 4, p. 481-492, 2012.
- HERNANDEZ-ORTIZ, V.; ALUJA, M. Listado del especies del genero neotropical *Anastrepha* CON NOTAS SOBRE SU DISTRIBUCION Y PLANTAS HOSPEDERAS. **Folia Entomology Mex**, v. 88, p. 89-105, 1993.
- KRAINACKER, D. A.; CAREY, J. R.; VARGAS, R. I. Effect of larval host on life history traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*.

Oecologia, Berlin, v. 73, n. 4, p. 583-590, 1987.

LIEDO, P.; OROPEZA, A.; CASEY, J. R. Demografía y sus implicaciones en los Programas de Control. MONTOYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta**: fundamentos y procedimientos para su manejo. México, DF: IICA, 2010. p. 81-90.

MACEDO, M.; AVILA, S.; ZUCCHI, R. A.; FARIAS, A. F. Mid-level image representation for fruit fly identification (Diptera: Tephritidae). **Conference: IEEE International Conference on eScience**, At Auckland, New Zealand. 2017. p. 1-10.

MALAVASI, A. Biogeografia. MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p. 93-98.

MALAVASI, A.; NASCIMENTO, A. S. Programa Biofábrica Moscamed Brasil. **8º Simpósio de Controle Biológico**. Águas de São Pedro: Sociedade Entomológica do Brasil, 2003.

OVRUSKI ALDERETE, 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**, v. 94, n. 2, p. 195-200, 2011.

SÁ, R. F. D.; OLIVEIRA, A. D. S.; OLIVEIRA, R. D. C. C. D.; SANTOS, J. C. M. D.; MOREIRA, A. A.; CASTELLANI, M. A. First record of the association of banana (*Musa* sp.) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) in Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, 2019.

SANTOS, O. O. **ESTUDOS SOBRE MOSCAS FRUGÍVORAS (TEPHRITIDAE E LONCHAEIDAE) NA BAHIA: ATRATIVIDADE DE COMPOSTOS, HOSPEDEIROS, DIVERSIDADE E PARASITOIDES**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

SCHUTZE, I. X.; BARONIO, C. A.; BALDIN, M. M.; LOEK, A. E.; BOTTON, M. Toxicity and residual effects of toxic baits with spinosyns on the South American fruit fly. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 2, p. 144-151, 2018.

VARGAS, R. I.; WALSH, W. A.; KANEHISA, D.; STARK, J. D.; NISHIDA, T. Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) alternating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*. **College Park**, v. 93, n. 1, p.75-81, 2000.

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

CAPÍTULO 2

BIOLOGIA COMPARADA DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM DUAS FRUTEIRAS

BIOLOGIA COMPARADA DE *Ceratitis capitata* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) EM DUAS FRUTEIRAS

RESUMO: Considerando que o ciclo de vida de *Ceratitis capitata* é influenciado pelo hospedeiro e a escassez de informações sobre a biologia de *Ceratitis capitata* em frutos de carambola e manga, este trabalho teve por objetivo caracterizar o ciclo biológico de *C. capitata* em frutos desses hospedeiros. Os insetos utilizados foram oriundos da criação mantida no Laboratório de Moscas-das-frutas, em ambiente climatizado (25 ± 2 °C, $65 \pm 10\%$ UR e 12 h de fotofase). Foram oferecidas porções de 10 g, em placas de petre forradas com papel filtro umedecido, a 20 larvas de primeiro ínstar de até três horas de idade. As avaliações foram diárias, quantificando-se o período e sobrevivência larval, a viabilidade e a massa pupal (pupários pesados com idade de 24 horas), a longevidade, o período de ovo-adulto e a fecundidade. A sobrevivência larval oscilou de 89,75% em carambola a 94,25% em manga, a viabilidade e massa pupal foram maiores nas pupas oriundas de larvas que se alimentaram de manga. A duração do período larval não foi afetada pelo substrato alimentar. As fecundidades total e diária foram maiores nas fêmeas provenientes de larvas que se alimentaram de manga. Ambos os frutos testados permitiram o desenvolvimento completo da *C. capitata*, no entanto, a mangueira é a hospedeira mais adequada para seu desenvolvimento.

Palavras-chave: moscas-das-frutas, *Averrhoa carambola*, *Mangifera indica*.

COMPARED BIOLOGY OF *Ceratitis capitata* (DIPTERA:
TEPHRITIDAE) IN TWO FRUIT TREES

ABSTRACT: Considering that the life cycle of *Ceratitis capitata* is influenced by the host and the lack of information on the biology of *C. capitata* in star fruit and mango, this study aimed to characterize the life cycle of *C. capitata* in the two fruits. The insects used came from a rearing in the Fruit Flies Laboratory, in an air-conditioned environment (25 ± 2 ° C, $65 \pm 10\%$ RH and 12-h photoperiod). 10-g fruit portions were given to 20 first instar larvae of up to 3 h of age on Petri dishes covered with wet filter paper. Larval duration, larval survival, pupal viability, pupal weight, longevity, egg to adult interval, sex ratio determined by and fecundity were determined. Measurements were done daily. Larval survival ranged from 89.75% in star fruit to 94.25% in mango. Pupal viability and weight were higher in pupae from mango-fed. Larval duration was not affected by food substrate, while pupal duration was shorter in mango fruits. Total and daily fecundities were higher in females from mango-fed larvae. Both fruits allowed the complete development of *C. capitata*; however, mango is the more suitable host for its development.

Keywords: fruit flies, *Averrhoa carambola*, *Mangifera indica*.

1. Introdução

O Brasil ocupa a terceira posição, com uma produção de mais de 42,2 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China e da Índia (FAO, 2020). Nos três primeiros meses de 2020, o Brasil exportou mais de 234 mil toneladas de frutas (ABRAFRUTAS, 2020).

A fruticultura é um dos segmentos de maior destaque na agricultura brasileira. Em todas as regiões produtoras de frutas do Brasil, um dos problemas limitantes para a produção são as perdas ocasionadas pelas moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), consideradas as principais pragas da fruticultura. A sua presença nos pomares dificulta a exportação, devido às barreiras quarentenárias estabelecidas pelos países importadores (NAVA; BOTTON, 2010).

A importância da mosca-do-mediterrâneo refere-se principalmente à sua polifagia e à severidade com a qual ataca seus hospedeiros, sejam nativos ou exóticos. Apresenta alta plasticidade ecológica e evolutiva, adaptando-se rapidamente a novos nichos ecológicos (ZUCCHI, 2015), considerada uma das espécies mais polífagas, infestando mais de 300 espécies frutíferas (PEÑARRUBIA-MARÍA e outros, 2014). As espécies polífagas exibem flexibilidade comportamental, favorecendo sua manutenção numa gama de hospedeiros,; e a seleção do substrato da oviposição é considerada um estágio crítico no ciclo de vida dos frugívoros Tephritidae (LEITE e outros, 2019).

As populações de *C. capitata* passam de uma espécie frutífera para outra, conforme as épocas do ano (ZUCCHI, 2000). No Brasil, as plantas hospedeiras preferenciais pertencem às famílias Rutaceae (laranja, tangerina, pomelo), Rubiaceae (café), Rosaceae (pêssego, ameixa, nectarina) e Combretaceae (chapéu-de-sol) (MALAVASI, 2009). A espécie

foi relatada em frutos de carambola (*Averrhoa carambola*) no estado do Pará (SILVA e outros, 1998), no estado do Piauí (FEITOSA e outros, 2007), nas regiões semiáridas do Rio Grande do Norte (ARAÚJO e outros, 2005) e na Bahia (SANTOS, 2016; LEITE e outros, 2017). Sua presença em áreas de produção de frutas para exportação restringe o acesso a mercados de vários países, como Estados Unidos, Chile e Japão (NOJOSA e outros, 2015).

A caramboleira pertence à família Oxalidaceae, seu fruto é popular por sua aparência particular e sabor delicado, tem como centro de origem o Sudeste asiático (LENNOX; RAGOONATH, 1990; NAKASONE; PAUL, 1998). Tem sido amplamente cultivada em muitos países tropicais e subtropicais, como cultura comercial (LIM, 2012). As carambolas são amplamente utilizadas na indústria de alimentos (para bebidas instantâneas, geléias ou frutas frescas), bem como na medicina (LE; PHAM, 2018). A carambola foi introduzida no Brasil em 1817, e atualmente o país é um dos principais produtores da fruta no mundo (NATALE e outros, 2008). Além do consumo *in natura* dos frutos, as folhas das plantas são muito utilizadas por apresentarem propriedades medicinais (LORENZI; MATOS, 2008).

A mangaueira é a fruteira tropical que mais contribui com as exportações brasileiras de frutas frescas (AGRIANUAL, 2019). É consumida tanto como fruta fresca, como processada, na forma de sucos, néctar, em conserva, frutas secas, em pasta e farinha (LIU e outros, 2013; NAMBI e outros, 2015). Além da grande aceitação pelo mercado consumidor, a manga da variedade Palmer exibe outras vantagens na produção, uma delas é o prolongamento do período das safras, em função de possuir uma produção tardia; e a outra a boa resposta ao manejo da indução floral (MONACO, 2015). Na CEAGESP, no ano de 2017, houve um aumento na comercialização da manga ‘Palmer’, que foi responsável por 46% das vendas, seguida pela ‘Tommy Atkins’, com 44% (CEAGESP, 2019). Dos Estados brasileiros, a Bahia é o maior produtor, com 438.603 toneladas, seguida por Pernambuco e São Paulo, com produções de 239.559

e 176.127 toneladas, respectivamente. A região do Submédio do Vale do São Francisco foi responsável por 566.235 toneladas dessa produção, gerando uma receita total de R\$ 543.058.000 (IBGE, 2016).

A bioecologia de *C. capitata* é influenciada por vários fatores bióticos e abióticos. A disponibilidade do hospedeiro e a densidade populacional são fatores bióticos importantes que influenciam a dinâmica populacional, a preferência de oviposição e a biologia da espécie (MONTES e outros, 2011). A densidade populacional aumenta, quando há facilidade de alimentação e oviposição, favorecendo infestações maiores. A relação entre aumento populacional de moscas das frutas e presença de frutos hospedeiros é relatada por vários autores (ZUCCHI; MORAES, 2012).

A mosca-do-mediterrâneo pode apresentar características biológicas diferentes, que são influenciadas pelo hospedeiro utilizado. Portanto, estudos sobre a biologia de *C. capitata* nos diferentes hospedeiros disponíveis são necessários a fim de se estabelecer as melhores estratégias de manejo dessa praga. Diante disso, este trabalho objetivou caracterizar o ciclo biológico de *C. capitata* em frutos de carambola e manga.

2. Revisão de Literatura

2.1 Importância econômica das moscas-das-frutas

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são as pragas de maior expressão econômica na fruticultura em todo o mundo (WHARTON; YODER, 2015). Elas vêm causando grandes prejuízos, devido à oviposição realizada pelas fêmeas adultas que perfuram a casca e, principalmente, ao desenvolvimento das larvas no interior dos frutos, que se alimentam da polpa do fruto causando sua depreciação; além dos elevados custos das restrições quarentenárias impostas nas relações comerciais internacionais (ALUJA; MANGAN, 2008; GODOY; PACHECO; MALAVASI, 2011). No Brasil, destacam-se as espécies da família Tephritidae, do gênero *Anastrepha* (Schiner) e a espécie *Ceratitis capitata* (OLIVEIRA e outros, 2014). Atualmente algumas moscas frugívoras da família Lonchaeidae são também consideradas como moscas-das-frutas de importância econômica (UCHÔA, 2012).

Os tefritídeos constituem um dos maiores obstáculos à produção e livre comercialização de frutas frescas no Brasil e no mundo. A preocupação é constante nos países livres dessas pragas que, para proteger sua agricultura, levantam inúmeras barreiras quarentenárias, dificultando ou até mesmo impedindo a importação de frutas produzidas em países onde elas ocorrem. Sua importância econômica pode variar de acordo com o país, região, hospedeiro e época do ano. A presença de apenas uma espécie de mosca-das-frutas pode causar perdas econômicas, e não é possível controlar essas populações com apenas um método de controle (PARANHOS e outros, 2019). São estimadas perdas de 30% a 50% em áreas infestadas com moscas-das-frutas (ZUCCHI, 2015). Em algumas regiões, elas chegam a

comprometer 100% da produção de frutos (AGUIAR; NASCIMENTO, 2011).

O gênero *Ceratitis* é composto por aproximadamente 100 espécies descritas e sua distribuição está restrita ao continente africano, com exceção de *Ceratitis capitata*, conhecida popularmente como a mosca do mediterrâneo (VIRGILIO e outros, 2014), a única do gênero presente no Brasil. Provavelmente, originária da costa ocidental da África, essa espécie é uma das principais pragas da agricultura. Os danos causados pela mosca-do-mediterrâneo são decorrentes da introdução do ovipositor das fêmeas na epiderme dos frutos e do desenvolvimento das larvas no seu interior (SOUZA-FILHO e outros, 2004). Como resultado da sua habilidade de ocupar diversos nichos ecológicos através das regiões tropicais e subtropicais, *C. capitata* infesta uma ampla variedade de hospedeiros ao redor do mundo, dependendo de sua disponibilidade (PAPANICOLAOU e outros, 2016), além de apresentar rápida dispersão e adaptação às baixas temperaturas. Já foi catalogada infestando 374 espécies de plantas pertencentes a 79 famílias (MALAVASI e outros 2000; ZUCCHI e outros 2000; ALVARENGA e outros 2007). Em nosso país, ela está amplamente distribuída, infestando 88 espécies de frutos em aproximadamente 26 famílias (ZUCCHI, 2012).

No Brasil, a presença de *C. capitata* foi detectada pela primeira vez no início do século XX (IHERING, 1901 *apud* ZUCCHI, 2000). A sua distribuição manteve-se restrita às regiões Sul e Sudeste por várias décadas (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980), sendo a região do Recôncavo Baiano o limite máximo de ocorrência. Atualmente está distribuída em 17 estados brasileiros, ocorrendo desde o Rio Grande do Sul até alguns estados do Norte e do Nordeste (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000; BRITO e outros, 2009).

2.2 Aspectos biológicos de *Ceratitis capitata*

A importância da *C. capitata* refere-se principalmente à sua polifagia e à severidade com a qual ataca seus hospedeiros, sejam nativos ou exóticos, pois apresenta alta plasticidade ecológica e evolutiva, adaptando-se rapidamente a novos nichos ecológicos (ZUCCHI, 2015). É considerada uma das espécies mais polífagas, infestando mais de 300 espécies frutíferas (PEÑARRUBIA-MARÍA e outros, 2014).

O ciclo evolutivo de *C. capitata* é de 21 a 39 dias, dependendo do alimento utilizado como fonte de manutenção e das condições ambientais (DUARTE; MALAVASI, 2000; SOUZA FILHO e outros, 2004). A duração do ciclo de vida de *C. capitata*, como ocorre com os demais tefritídeos, é influenciada por fatores abióticos e bióticos, tais como: temperatura, umidade relativa, condições fisiológicas e tipo de hospedeiro, entre outros (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; ALUJA, 1993; VARGAS e outros, 2000; ARREDENDO; FLEISCHER; PEREZ-STAPLES, 2010). A disponibilidade e densidade populacional dos hospedeiros são fatores bióticos que afetam a dinâmica populacional, preferência de oviposição e a biologia de *C. capitata* (MONTES e outros, 2011). *C. capitata* tem capacidade adaptativa a diferentes hospedeiros e, na ausência do hospedeiro primário, utiliza hospedeiros secundários, favorecendo sua manutenção nos hospedeiros disponíveis (LEITE e outros, 2019).

As plantas hospedeiras de moscas-das-frutas permitem o desenvolvimento das suas fases de ovo, larva e pupa, originando adultos, independentemente da quantidade ou qualidade dos adultos (ALUJA; MANGAN, 2008). A flutuação populacional de *C. capitata* está diretamente relacionada com a disponibilidade de hospedeiros e fatores climáticos (PARANHOS e outros, 2008).

A mosca-das-frutas possui ciclo completo, passando pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto (ZUCCHI, 2001). Os ovos apresentam formato alongado, coloração branca e medem 1 mm de comprimento. O período de

incubação varia de 2 a 4 dias e, após a eclosão, a larva totalmente desenvolvida mede 8 mm, é ápoda, branco-amarelada, afilada na parte anterior e truncada e arredondada na posterior, tem o hábito de dobrar o corpo e saltar, no terceiro e último ínstar, antes de passar para fase de pupa. As pupas apresentam formato de barril, coloração marrom e medem 5 mm de comprimento. Após completarem o desenvolvimento da fase larval, que, em média, dura 16 dias, deixam o fruto e se enterram no solo para empupar. Após cerca de 15 a 30 dias, dependendo das condições climáticas, emerge o adulto, reiniciando o ciclo (DUARTE; MALAVASI, 2000; SOUZA FILHO e outros, 2004). Os adultos recém- emergidos tendem a rastejar para cima da superfície do solo e aproveitam qualquer rachadura ou fenda no solo que possa favorecer a sua saída, especialmente quando a composição do solo é dura e compactada (SALLES, 1995).

O adulto é o único estágio de desenvolvimento de *C. capitata* com vida livre. Após sua emergência, o corpo do inseto permanece mole e úmido durante algumas horas. Nesse período, o adulto não é capaz de voar, movimentando-se pouco e apenas pelo solo até o corpo secar totalmente (ARREDONDO; DÍAZ-FLEISCHER; PÉREZ-SATAPLES, 2010). Os adultos recém-emergidos ainda não estão sexualmente maduros e precisam se alimentar para a maturação sexual. O adulto de *C. capitata* mede de 4 a 5 mm de comprimento e de 10 a 12 mm de envergadura, apresenta coloração predominantemente amarela, olhos castanho-violáceos, tórax preto na face superior, com desenhos simétricos brancos, abdome amarelo escuro com duas listras transversais acinzentadas e amarelas. A postura tem início entre 5 a 12 dias após a emergência do adulto, as fêmeas podem viver até 10 meses e colocar até 800 ovos (PARANHOS, 2008).

2.3 Hospedeiros de *Ceratitis capitata*

C. capitata é uma espécie polífaga, cosmopolita e multivoltina, com mais de uma geração por ano e sem diapausa de inverno no estágio de pupa (BATEMAN, 1976; FLETCHER, 1989). Além disso, apresenta uma grande plasticidade ecológica e evolutiva, adaptando-se de forma rápida aos mais diversos ambientes e hospedeiros, diferentemente de outras espécies de moscas que têm uma distribuição restrita e baixa capacidade de adaptação (MALAVASI, 2001).

Os tefritídeos são insetos fitófagos que podem ser classificados em especialistas ou generalistas, sendo que os especialistas utilizam apenas uma determinada espécie vegetal hospedeira para completar seu ciclo, e os generalistas se desenvolvem em frutos pertencentes a diferentes famílias botânicas. As espécies hospedeiras são plantas nas quais os tefritídeos completam seu desenvolvimento normal e apresentam uma relação direta com o ciclo de vida das moscas-das-frutas. A espécie *C. capitata* e algumas espécies do gênero *Anastrepha* são consideradas generalistas ou polípagas por apresentarem uma ampla diversidade de frutos hospedeiros, e a distribuição geográfica e dispersão desses insetos estão relacionadas com a distribuição dos hospedeiros (SELIVON, 2000). As altas flexibilidades de comportamentos apresentadas por determinadas espécies lhes permitem maior probabilidade de se adaptar a uma nova condição. Assim, um inseto polífago, com alta flexibilidade de comportamento, poderá, por exemplo, manter um vasto número de hospedeiros (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000).

Em insetos polípagos e multivoltinos, como *C. capitata*, a discriminação e seleção do hospedeiro adequado é um comportamento imprevisível. Esses insetos infestam outras plantas, quando seus hospedeiros primários não estão disponíveis (FLETCHER; PROKOPY, 1991; ALUJA; MANGAN, 2008).

Os ciclos biológico e demográfico de populações de *C. capitata* vêm sendo estudados em diversos hospedeiros, na busca de uma melhor compreensão das diferentes estratégias de vida adotadas por esse inseto na exploração e colonização de diversos hospedeiros ao redor do mundo e em diversas condições climáticas (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; CAREY, 1993; VARGAS e outros, 2000; PAPADOUPOLUS; KATSOYANNOS; CAREY, 2002; PAPACHRISTOS; PAPADOPOULUS, 2009; COSTA e outros, 2011; ZANARDI e outros, 2011; LEITE e outros, 2019). No Vale do São Francisco, por exemplo, as características edafoclimáticas, assim como as técnicas de irrigação utilizadas, permitem uma sucessão de hospedeiros para essa praga ao longo de todo o ano (PACHECO, 2016).

A disponibilidade de hospedeiros preferenciais ou primários está relacionada diretamente com a densidade populacional de moscas-das-frutas. O hospedeiro primário é o fruto no qual a mosca completa seu ciclo de vida no curto período. O hospedeiro secundário é o fruto alternativo utilizado pela mosca na ausência do hospedeiro primário, sendo que este fruto pode influenciar de forma negativa às diferentes fases desenvolvimento desses tefritídeos (NASCIMENTO; CARVALHO, 2000). Os hospedeiros primários podem variar em função da localidade, distribuição e frequência dos frutos em campo, sendo considerados como preferenciais frutos que apresentam índice de infestação por pupários de moscas-das-frutas acima de 30 pupários/kg fruto (ARAÚJO, 2002).

Dentre os hospedeiros de *C. capitata*, destacam-se o cafeeiro (MELO e outros 2012; CAMARGOS e outros, 2015), sendo o café considerado hospedeiro preferencial da mosca-do-mediterrâneo na região do Vale do São Francisco (LIMA JUNIOR; SANTOS; CARVALHO, 2007); a mangueira (SÁ e outros, 2008); a caramboleira (SILVA e outros, 1998; MARCHIORI e outros, 2000; FEITOSA e outros, 2007; ARAÚJO e outros, 2005; SANTOS, 2016); palma e quiabento (LEITE e outros, 2017).

O tipo de fruto hospedeiro utilizado durante o desenvolvimento larval influencia significativamente na sobrevivência das larvas e pupas, na taxa de reprodução e longevidade dos adultos (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; LIEDO; OROPEZA; CAREY, 2010).

Em frutos de papaia e laranja, avaliações químicas têm demonstrado a existência de variações nutricionais dentro do mesmo fruto, tendo essas variações uma influência significativa na duração do ciclo de vida e emergência de adultos de *C. capitata* (FERNANDEZ-DA-SILVA; ZUCOLOTO, 1993). Segundo os mesmos autores, as larvas de *C. capitata* têm a capacidade de explorar todo o fruto hospedeiro, migrando para aquelas partes que possuem condições nutricionais mais favoráveis ao seu desenvolvimento.

3. Material e Métodos

3.1 Local e período experimental

Os estudos foram conduzidos no período de julho a dezembro de 2019, no Laboratório de Moscas-das-frutas da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Vitória da Conquista, sob condições de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, $65\pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h.

3.2 Obtenção do material biológico

As moscas da espécie *C. capitata* utilizadas nos bioensaios procederam de uma população híbrida, mantida no Laboratório de moscas-das-frutas da UESB há 13 anos, e que recebe liberações periódicas de indivíduos selvagens. Os adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (30x30x30cm), alimentados diariamente com dieta à base de Biones®, açúcar e água. Para a obtenção das larvas de *C. capitata*, foram distribuídos ovos de *C. capitata* em recipientes plásticos contendo dieta artificial para larvas, fechados e mantidos sob temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, onde permaneceram até a larva atingir a idade desejada.

3.3 Aspectos biológicos de *Ceratitidis capitata* em carambola e manga

Para o estudo dos parâmetros biológicos de *C. capitata*, foram utilizados frutos de carambola e manga. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 20 repetições. A avaliação do ciclo biológico foi realizada de acordo com a metodologia de Leite e outros (2019). Os frutos maduros foram descascados, cortados, as sementes retiradas e porções de 20 g do fruto foram oferecidas

para 20 larvas de primeiro ínstar de *C. capitata* (com 20 repetições, totalizando 400 larvas), com até 3 horas de idade, provenientes da criação do Laboratório de Moscas-das-Frutas da UESB, totalizando 400 larvas. As porções dos frutos foram colocadas em placas de Petri (12 cm de Ø) e forradas com papel de filtro umedecido (Figuras 2.1A e B).

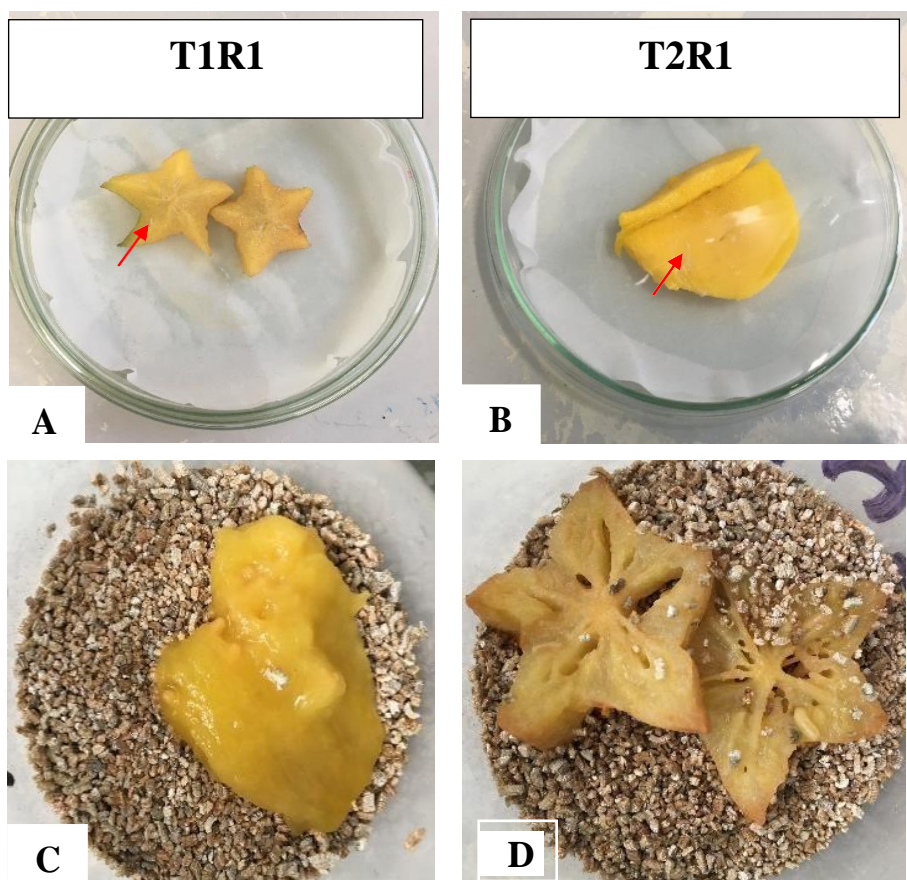


Figura 2.1 - Larvas de primeiro ínstar de até 3 horas de idade sobre porção de frutos de carambola (A) e manga (B); porções de frutos de manga (C) e carambola (D) sobre camada de vermiculita. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: Dados da pesquisa.

A cada dois dias, as larvas foram removidas para uma nova porção de fruto e, após seis dias, os pedaços de frutos contendo as larvas foram colocados em potes plásticos com capacidade de 100 mL, contendo uma fina

camada de vermiculita, servindo como substrato para pupação (Figuras 2.1 C e D).

As avaliações foram diárias, quantificando-se: período e sobrevivência larval, viabilidade e massa pupal (pupários pesados com idade de 24 horas), período larva-adulto, longevidade dos adultos e fecundidade.

Para determinar a longevidade das moscas recém-emergidas, provenientes de cada tratamento, as mesmas foram separadas por tratamento e sexo e em grupos de cinco indivíduos, colocadas em gaiolas contendo algodão umedecido e dieta à base de açúcar e Biones®, trocados a cada dois dias, utilizando cinco repetições para cada sexo e tratamento, totalizando 20 gaiolas e 100 moscas, com observações diárias até a morte das moscas.

Para estudo da fecundidade das moscas, foram utilizadas gaiolas (20x10x10 cm), nas quais foram mantidos 10 casais de cada tratamento, com 10 repetições, totalizando 200 moscas. Em cada gaiola, foram disponibilizadas quatro uvas, da variedade Itália, em forminhas de papel, organizadas em placas de Petri (9 cm Ø), para que as fêmeas pudessem realizar posturas (Figura 2.2A, B e C).

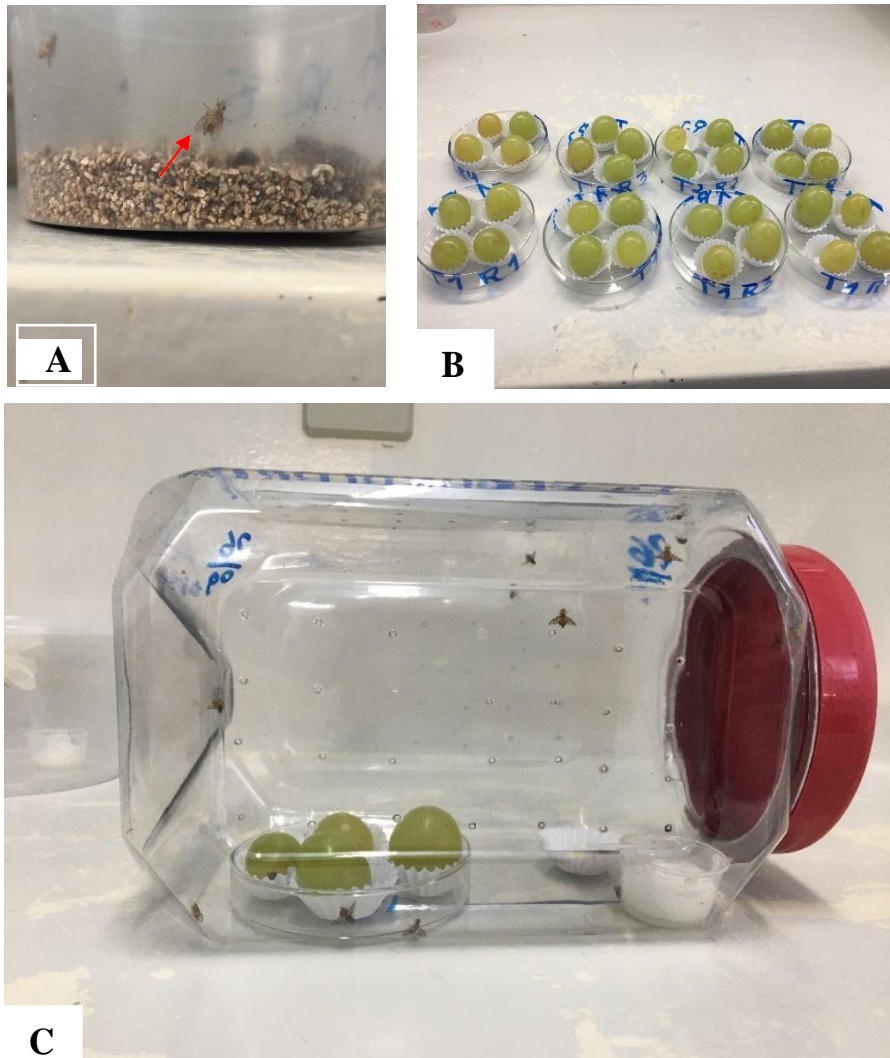


Figura 2.2 - Adultos recém-emergidos de *C. capitata* (A); Frutos de uvas usados como unidade de oviposição (B); gaiola onde foram mantidos os casais para avaliação da fecundidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2019.

Fonte: Dados da pesquisa.

As uvas foram trocadas diariamente até a morte natural das moscas. A triagem das uvas foi realizada diariamente para contagem de ovos por fêmea (Figura 2.3).

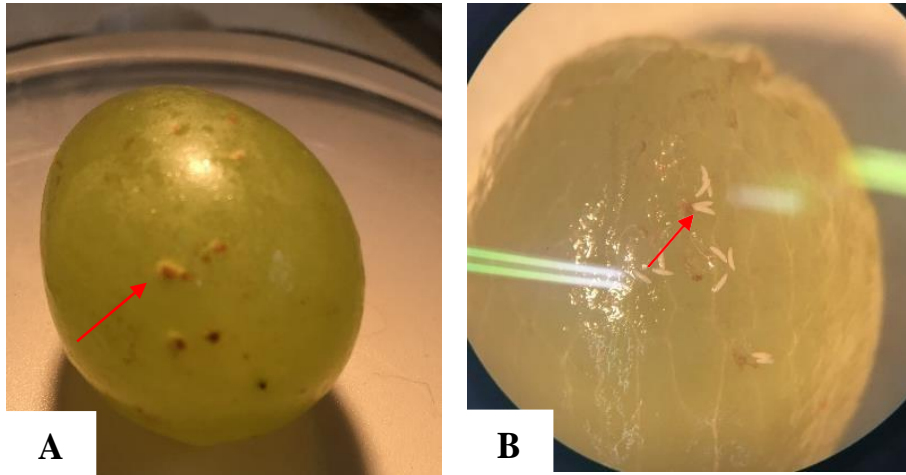


Figura 2.3 - Puncturas de *C. capitata* em uvas usadas como unidade de oviposição (A); ovos de *C. capitata* em frutos de uva (B); Vitória da Conquista, BA, 2019.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, e as médias comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico R Core Team, versão 3.5 (2015).

4. Resultados e Discussão

A sobrevivência larval foi de 89,75% em carambola e 94,25% em manga, não sendo afetada pelo substrato alimentar utilizado (Figura 2.4B, C). (teste, $F= 0,05$, $p> 0,05$). Os valores verificados neste trabalho foram superiores aos reportados por Leite e outros (2019), que verificaram uma sobrevivência larval média de 6,67%, 45,83%, 64,17% e 82,50% em frutos de quiabento, palma, uva e manga, respectivamente; e também por Pacheco (2016), que verificou uma sobrevivência larval média de 40,3% para *C. capitata* em variedades de uva.

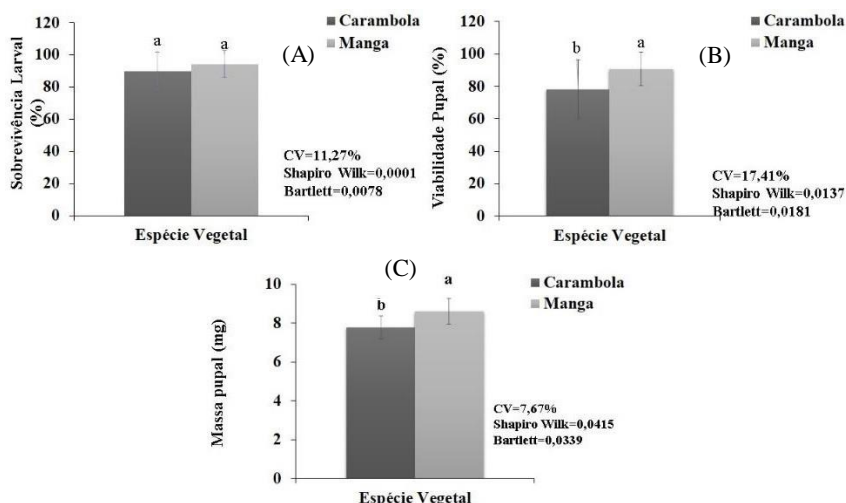


Figura 2.4 - Sobrevivência larval, viabilidade pupal e massa pupal de *C. capitata* em carambola e manga. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

No presente trabalho, houve diferença significativa na viabilidade pupal, ou seja, as pupas provenientes da manga (90,75% de viabilidade) foram 13,77% mais viáveis do que aquelas provenientes da carambola (78,25% de viabilidade), diferindo dos resultados observados por Costa e outros (2011), que relataram uma viabilidade pupal de 60,7% para carambola como hospedeiro. A utilização de uva cv. Moscato como

hospedeiro indicou uma média de 50% de viabilidade pupal de *C. capitata* (CORRÊA e outros, 2018).

Foi observada que a massa pupal também foi influenciada pelo substrato alimentar, pois os insetos que utilizaram manga como alimento, durante o estágio larval, apresentaram maior massa pupal, diferindo daqueles que utilizaram carambola (Figura 4.1C). As diferenças observadas nesses parâmetros podem estar relacionadas tanto às variações nas populações de *C. capitata*, como às características nutricionais e físico-químicas dos hospedeiros. Teixeira e outros (2001) verificaram teores de proteína em carambola (0,60 e 0,83%) menores do que os observados por Penha e outros (2015) para manga da cultivar Palmer (1,37%), sendo um indicativo de que a manga é mais favorável ao desenvolvimento do inseto do que a carambola. De acordo com Plácido-Silva e outros (2005), alimentos com baixo teor de proteínas, como é o caso de frutos de carambola, reduzem o tamanho das larvas e, conseqüentemente, a massa dos pupários.

De modo geral, o tamanho ou massa dos pupários são indicativos do tamanho dos adultos, alguns autores sustentam a teoria de que pupários maiores resultam em adultos maiores, com maior propensão à cópula (FAO/IAEA/USDA, 2014).

Quanto à duração do período larval, não foi observada diferença significativa (teste, $F= 0,05$, $p > 0,05$) entre os dois tipos de frutos avaliados (Figuras 2.5 A, B).

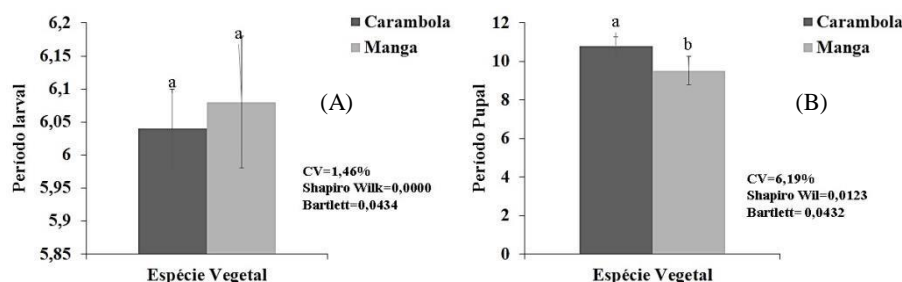


Figura 2.5 - Período larval (A) e pupal (B) de *C. capitata* em função das duas espécies vegetais, carambola e manga. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

Tanto as larvas que se alimentaram de frutos de manga quanto as que se alimentaram de frutos de carambola apresentaram uma duração média de 6,0 dias, levando-se em conta os três instares larvais. Estudos avaliando o ciclo biológico da *C. capitata* em carambola são escassos, no entanto, para manga Palmer, Leite e outros (2019) reportaram uma duração média da fase larval superior ao verificado neste trabalho (8,08 dias).

A duração da fase de pupa oscilou entre 9,5 e 10,7 dias, observando-se diferença significativa (teste, $F = 0,05$, $p > 0,05$) entre os hospedeiros (Figura 2.5B). A manga foi o hospedeiro que proporcionou o menor tempo de duração da fase de pupa de *C. capitata*. As diferenças detectadas, na duração do período pupal em relação aos hospedeiros estudados, podem estar associadas à qualidade nutricional de seus frutos. O fruto de manga pode ter fornecido recursos para o desenvolvimento pupal em quantidades mais adequadas e suficientes para a conclusão dessa fase em menos tempo. Estudos realizados por Kaspi e outros (2002) constataram que, quanto maior o nível de proteína presente no alimento ingerido na fase imatura, menor é o tempo de desenvolvimento do inseto. A duração do estágio pupal de *C. capitata* pode variar conforme o hospedeiro. Assim, a qualidade do alimento ingerido durante o período de desenvolvimento larval influencia diretamente

no ciclo biológico do inseto, podendo resultar em variações no número de gerações anuais, na densidade populacional e qualidade do inseto (ZANARDI e outros, 2011).

A longevidade dos adultos de *C. capitata* não foi afetada pelo substrato, não diferindo significativamente ($p>0,05$) (Figura 2.6).

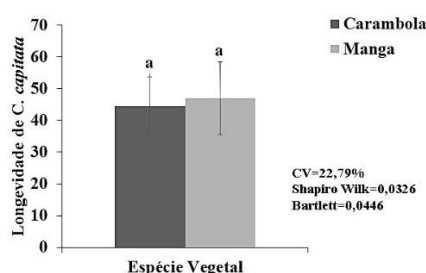


Figura 2.6 – Longevidade de adultos de *Ceratitidis Capitata* alimentados com carambola e manga na fase larval. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao avaliar a longevidade entre fêmeas e machos nas duas espécies frutíferas, também não foi observada diferença significativa, variando entre 40,38 e 52,32 dias, em carambola e manga, respectivamente (teste, $F= 0,05$, $p > 0,05$) (Figuras 2.7A, B).

A longevidade média de fêmeas e machos de *C. capitata* em manga foi de 41,58 e 52,32 dias, respectivamente; e em carambola de 40,38 e 48,68 dias, respectivamente. No entanto, Costa e outros (2011) reportaram valores inferiores em carambola, com uma longevidade média de fêmeas e machos de 26,3 e 27,8 dias, respectivamente. Da mesma forma, Leite e outros (2019), em estudos de biologia com quiabento, palma, manga e uva, observaram longevidade média dos adultos variando de 16,92 a 19,67 dias.

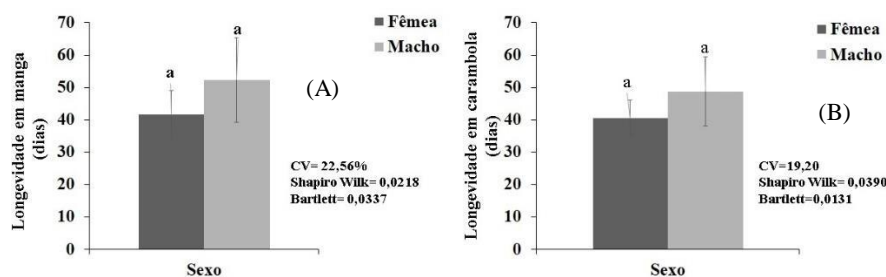


Figura 2.7 - Longevidade de fêmeas e machos de *C. capitata* alimentados com manga (A) e carambola (B) na fase larval. Médias seguidas da mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

Pacheco (2016), avaliando a longevidade de machos e fêmeas em quatro variedades de uva de mesa, observou que o substrato alimentar afetou a longevidade de machos e fêmeas, apresentando machos mais longevos do que fêmeas, com valores de 55,03 dias para fêmeas e 111,52 dias para machos, na variedade Benitaka.

Quanto à emergência de adultos de *C. capitata* em função dos dias de pupação, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o cúbico, tanto para manga como para a carambola ($p < 0,05$) (Figuras 2.8A, B).

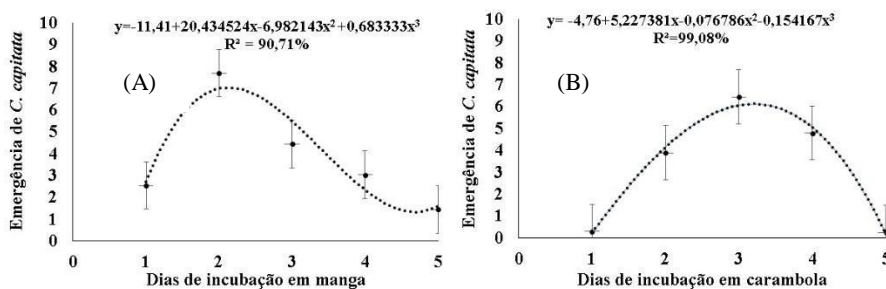


Figura 2.8 - Curvas de emergência de adultos de *C. capitata*, alimentados com carambola (A) e manga (B) na fase larval.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os maiores e menores valores de adultos emergidos (6,45; 0,25) de *C. capitata* em carambola foram verificados no terceiro e quinto dia após o início da emergência dos adultos, respectivamente. Os maiores e menores valores de adultos emergidos (7,70; 1,45) de *C. capitata* em manga foram verificados no segundo e quinto dia após o início da emergência dos adultos, respectivamente.

O modelo cúbico foi o que melhor se ajustou às curvas de emergência de fêmeas e machos em carambola e manga ($p < 0,05$) (Figuras 2.9A, B e 2.10 A, B).

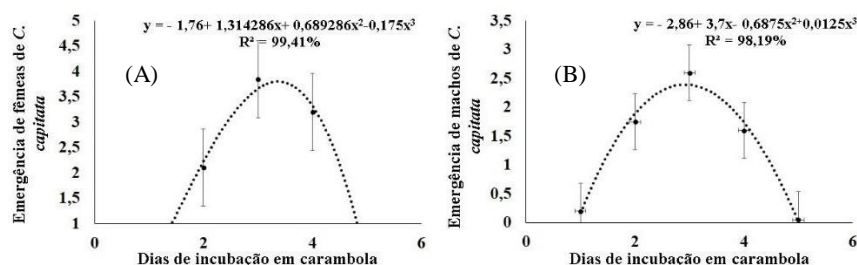


Figura 2.9 - Curvas de emergência de fêmeas e machos de *C. capitata*, alimentados com carambola na fase larval. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à emergência de fêmeas e machos ($p < 0,05$) em manga, o modelo cúbico foi o que melhor se ajustou às curvas (Figura 2.10).

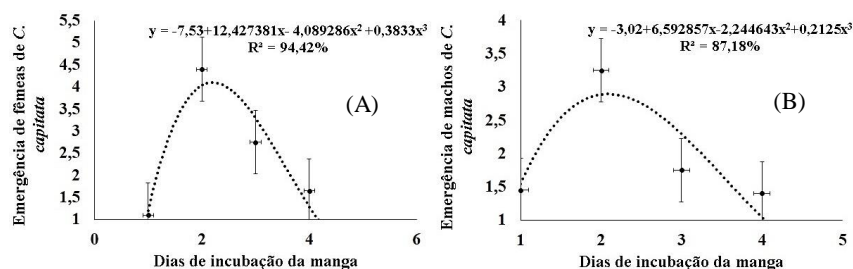


Figura 2.10- Curvas de emergência de fêmeas (A) e machos (B) de *C. capitata*, alimentados com manga na fase larval. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

O maior número de adultos emergidos, fêmeas e machos, foi verificado no segundo dia após o início da emergência, quando a carambola foi a hospedeira; enquanto na manga, o maior número de adultos emergidos, tanto fêmeas como machos, foi verificado no terceiro dia após início da emergência. Pôde-se observar que a emergência de fêmeas e machos, em ambos os hospedeiros, foi semelhante. Os resultados apontam a diferença de um dia, no pico de emergência, assim, a manga apresentou o máximo de adultos emergidos um dia antes da carambola, e isso pode favorecer um maior número de cópulas.

A fecundidade total (ovos/fêmea) e a fecundidade diária (ovos/fêmea) de *C. capitata* foram afetadas pela espécie hospedeira utilizada durante a fase larval, com maior fecundidade nas fêmeas cujas larvas foram alimentadas com manga ($p < 0,05$) (Tabela 2.1). Em ambas as espécies, foram observados valores superiores ao relatado por Corrêa e outros (2018), que reportaram 50,3 ovos por fêmea, provenientes de larvas alimentadas com uva. Os resultados obtidos indicam que a qualidade do alimento ingerido durante o período de desenvolvimento larval atua sobre o ciclo biológico da *C. capitata*, podendo levar a variações no número de gerações anuais e na densidade populacional da praga. A fêmea de *C. capitata* pode depositar até 800 ovos durante a sua vida (PARANHOS, 2008).

Tabela 2.1 - Fecundidade de fêmeas e período de oviposição de *C. capitata* alimentadas com carambola e manga na fase larval. Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020

Hospedeiro	Fecundidade total (ovos/fêmea)	Fecundidade diária (ovos/fêmea)	Período de oviposição (dias)
Carambola	341,31 b	11,30 b	28,25 a
Manga	508,83 a	15,90 a	29,50 a
CV (%)	11,45	41,88	9,35
Shapiro Wilk	0,0238	0,0000	0,0055
Bartlett	0,0261	0,0237	0,0242

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quanto à oviposição das fêmeas ao longo da vida, em ambos os casos, a oviposição começou no quinto dia após a emergência dos adultos. O período reprodutivo (oviposição) variou entre 28,25 e 29,5 dias, não diferindo significativamente entre os hospedeiros. Corrêa e outros (2018) observaram um período de oviposição de 23,9 dias, trabalhando com uvas da variedade Moscato. A alimentação dos adultos é fundamental, principalmente para fêmeas que necessitam de proteína para a produção dos óvulos (ZUCOLOTO, 2000).

O modelo que se ajustou aos dados de oviposição de *C. capitata* advindas da carambola e da manga, ao longo de 32 dias, foi o cúbico (Figuras 2.11 A, B).

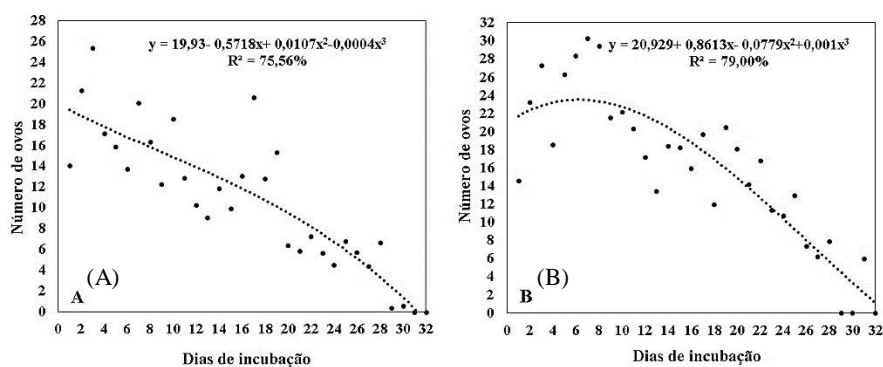


Figura 2.11 - Oviposição de *C. Capitata* alimentadas com carambola (A) e manga (B) na fase larval. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020. Fonte: Dados da pesquisa.

Com base nos resultados obtidos, observa-se que ambas as espécies permitem o desenvolvimento completo de *C. capitata*, no entanto, a mangueira é a hospedeira mais adequada para seu o desenvolvimento.

5. Conclusões

A manga e a carambola permitem o desenvolvimento completo de *C. capitata*.

A mangueira é a hospedeira mais adequada para o desenvolvimento de *C. capitata*.

6. Referências

- ABRAFRUTAS. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento-mapa**: estatística de exportações de frutas no primeiro trimestre de 2020. Disponível: <http://www.comexdobrasil.com.br>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- AGUIAR W. M. M.; NASCIMENTO A. S. **Análise dos custos do programa de controle das moscas-das-frutas na cultura da manga no polo frutícola do Vale do Rio Brumado, BA**, 2011. Disponível em: www.seagri.ba.gov.br/pdf/4_socioeconomia06v9n1.pdf. Acesso em: 18 set. 2019.
- ALUJA, M.; MANGAN, R. L. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. **Annual Review of Entomology**, v. 53, n. 1, p. 473-502. 2008.
- ALUJA, S.M. **Manejo integrado de la mosca de la fruta**. Zinacantepec, México: Secretaría de Agricultura, 1993. 251 p.
- ALVARENGA, C. D.; SILVA, M. A.; LOPES, G. N.; LOPES, E. N.; BRITO, E. S.; QUERINO, R. B.; MATRANGOLO, C. A. Ocorrência de *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em frutos de mamoeiro em Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 5, p. 807-808. 2007.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Paulo: Agriannual, 2019, p. 448.
- ARAÚJO, E. L.; MEDEIROS, M. K.; SILVA, V. E. ; ZUCCHI, R. A. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) no semi-árido do Rio Grande do Norte: plantas hospedeiras e índices de infestação. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 889-894, 2005.
- ARREDONDO, J.; DÍAZ-FLEISCHER, F.; PÉREZ-STAPLES, D. Biología y Comportamiento. In: MONTOYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta**: fundamentos y procedimientos para su manejo. México, DF: IICA, 2010. p. 91-106.
- BATEMAN, M.A. Fruit Flies. In: DeLUCCHI, V.L. (Ed.). **Studies in biological control**. London: Cambridge University Press, 1976. p. 11-49.
- BITTENCOURT, M. A. L.; SILVA, A. C. M.; SILVA, V. E. S.; BOMFIM, Z. V.; GUIMARÃES J. A.; SOUZA FILHO, M. F.; ARAÚJO, E. L. Moscas-das-Frutas (Diptera: Tephritidae) e seus Parasitoides (Hymenoptera:

Braconidae) Associados às Plantas Hospedeiras no Sul da Bahia.

Neotropical Entomology, v. 40, n. 3, p. 405-406, 2011.

BRITO, C.H.; LOPES, E.B.; DE ALBURQUERQUE, I.C.; BATISTA, J.L.; DA SILVA, A.B. Uso do tratamento térmico no controle de mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata*). **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 29-36, 2009.

CABI. **Crop Protection Compendium**. Disponível em: <http://www.cabi.org/cpc/>. 2010. Acesso em: 15 set. 2019.

CAMARGOS, M. G.; ALVARENGA, C. D.; GIUSTOLIN, T. A.; OLIVEIRA, P. C. D. C.; RABELO, M. M. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em cafezais irrigados no norte de minas gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 28 - 37, jan./mar. 2015.

CAREY, J. R. A mosca da fruta do Mediterrâneo (*Ceratitis capitata*). **American Entomologist**, v. 56, n. 3, p. 158-163, 2010.

CAREY, J.R. **Applied demography for biologists**: with special emphasis on insects. Oxford: Oxford University Press, 1993. 206 p.

CEAGESP. COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS TERMINAL DE SÃO PAULO. Cotações: 2017. São Paulo. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/>. Acesso em: 18 jan. 2020.

CORREA, S. C.; WILLE, C. L.; HOFFER, H.; BOFF, M. I. C.; FRANCO, C. R. Oviposition preference and biology of fruit flies (Diptera: Tephritidae) on grape vine genotypes. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 850-859, 2018.

COSTA, A. M.; AMORIM, F. D. O.; ANJOS-DUARTE, C. S.; JOACHIM-BRAVO, I. S. Influence of different tropical fruits on biological and behavioral aspects of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera, Tephritidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 3, p. 355-360, 2011.

DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. Tratamentos quarentenários. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2000. Cap. 15. p. 187-192.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. FAOSTAT. Divisão de estatística. Disponível em: Acesso em: 20 maio 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 23 jan. 2020.

FEITOSA, S. S.; SILVA, P. R. R.; DE MOURA PÁDUA, L. E.; SOUSA, M. P. D. S.; DE PASSOS, E. P.; SOARES, A. A. R. A. Primeiro registro de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em carambola nos municípios de Teresina, Altos e Parnaíba no estado do Piauí. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 4, p. 629-633, 2007.

FLETCHER, B. S. Ecology: movements of tephritid fruit flies. Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control (eds. A. S. Robinson & G. Hooper), **World Crop Pests**, 3. Amsterdam, Netherlands. 1989. p. 209-219.

FLETCHER, B. S.; PROKOPY, R.J. Host location and oviposition in tephritid fruit flies. *In*: BAILEY, W.J.; RIDSDILL-SMITH, J. (Ed.). **Reproductive behavior of insects: individuals and populations**. London: Chapman & Hall, 1991. p. 139-171.

FU, L.; LI, Z. H.; HUANG, G. S.; WU, X. X.; NI, W. L.; QÜ, W. W. The current and future potential geographic range of West Indian fruit fly, *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). **Insect science**, v. 21, n. 2, p. 234-244, 2014.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. L.; BATISTA, G. D.; BERTI FILHO, E.; VENDRAMIM, J. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

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.

HERNANDEZ-ORTIZ, V.; ALUJA, M. Listado del especies del genero neotropical *Anastrepha* CON NOTAS SOBRE SU DISTRIBUCION Y PLANTAS HOSPEDERAS. **Folia Entomol. Mex**, v. 88, p. 89-105, 1993.

IBGE. Banco de Dados Agregados. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**, 2016. Disponível em: <http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>. Acesso em: 11 nov. 2019.

KASPI, R., MOSSINSON, S., DREZNER, T., KAMENSKY, B., & YUVAL, B. Effects of larval diet on development rates and reproductive maturation of male and female Mediterranean fruit flies. **Physiological Entomology**, v. 27, n. 1, p. 29-38, 2002.

KRAINACKER, D.A.; CAREY, J.R.; VARGAS, R.I. Effect of larval host on life history 646 traits of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*. **Oecologia**, Berlin, v. 73, p. 583-590, 1987.

LE, P. T. Q.; PHAM, M. H. The effects of ethephon on the ripening of carambola (*Averrhoa carambola* L.). **International Food Research Journal**, v. 25, n. 4, p. 1497-1501, 2018.

LEITE, S. A.; COSTA, D. R. D.; RIBEIRO, A. E. L.; MOREIRA, A. A.; SÁ NETO, R. J. D.; CASTELLANI, M. A. Preferência de oviposição e performance biológica de *Ceratitidis capitata* em frutos de Anacardiaceae, Cactaceae e Vitaceae. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 86, p. 1-8, 2019.

LENNOX, A.; RAGOONATH, J. **Carambola and bilimbi**. Fruits, Paris, v.45, n.5, p.497-501, 1990.

LIEDO, P.; CAREY, J. R. Demography of fruit flies and implications to action programs. *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. 299-308.

LIEDO, P.; OROPEZA, A.; CASEY, J. R. Demografía y sus implicaciones en los Programas de Control. *In*: MONTOYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta**: fundamentos y procedimientos para su manejo. México, DF: IICA, 2010. p. 81-90.

LIM T. K. *Averrhoa carambola*. *In*: **Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants**. Springer, Dordrecht, 2012.

LIMA JUNIOR, C.A.; SANTOS, W.S; CARVALHO, C.A.L. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associadas ao umbu-cajá (Anacardiaceae) no Vale do Paraguaçu, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p.399-402, 2007.

FX LIU; SF FU; XF BI; F CHEN; XJ LIAO; XS HU; JH WU. Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. **Food chemistry**, v. 138, n. 1, p. 396-405, 2013.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. Nova Odessa, 2002, 512p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas, 2. ed., Instituto Plantarum, 2008, 544 p.

MARCHIORI, C. H.; DA SILVA OLIVEIRA, A. M.; MARTINS, F. F.; BOSSI, F. S.; DE OLIVEIRA, Â. T. ESPÉCIES DE MOSCA-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E SEUS PARASITÓIDES EM

ITUMBIARA-GO SPECIES OF FRUIT FLIES (DIPTERA: TEPHRITIDAE) AND THEIR PARASITOIDS IN ITUMBIARA-GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, 73-76, 2007.

MALAVASI, A. Biologia, Ciclo de vida, relação com o hospedeiro, espécies importantes e bioecologia de tefritídeos. *In*: MALAVASI, A.; VIRGÍNIO, J. (Ed.). **Biologia, monitoramento e controle**. Juazeiro, BA, 2009. p.1-5.

MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; ZUCCHI, R.A. Biologia de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae). I: Lista de hospedeiros e ocorrência. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 40, p. 9-16, 1980.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A.; SUGAYAMA, R.L. Biogeografia. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 93-98.

MARCHIORI, C. H.; DA SILVA OLIVEIRA, A. M.; MARTINS, F. F.; BOSSI, F. S.; DE OLIVEIRA, Â. T. ESPÉCIES DE MOSCA-DAS-FRUTAS (DIPTERA: TEPHRITIDAE) E SEUS PARASITÓIDES EM ITUMBIARA-GO SPECIES OF FRUIT FLIES (DIPTERA: TEPHRITIDAE) AND THEIR PARASITOIDS IN ITUMBIARA-GO. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, p. 73-76, 2007.

MARSARO JÚNIOR, A. L.; NASCIMENTO, D. B. D.; RONCHI-TELES, B.; ADAIME, R. Faunistic analysis of the species of *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) in three municipalities of the state of Roraima, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 4, p. 813-819, 2012.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.) **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000, p. 93-98.

MELO, E. A. S. F.; SANTOS, E. D.; ALMEIDA, F. R.; ROCHA, R. B.; SANTOS, O. D.; STRIKIS, P. C.; BITTENCOURT, M. A. L. Hospedeiros, níveis de infestação e parasitoides de moscas frugívoras (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae) em municípios da região Sul da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 24, p. 08-16, 2012. Número especial.

MONACO, K. D. A. **Influência da sanitização e do armazenamento nos compostos bioativos de manga 'palmer' in natura e processada**. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2015. 129 p.

MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. D. Dinâmica populacional e incidência de moscas-das-frutas e

parasitoides em cultivares de pessegueiros (*Prunus persica*L. Batsch) no município de Presidente Prudente – SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 402-411, 2011.

NAKASONE, H. K.; PAULL, R. E. **Tropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1998. p.132-148.

NAMBI, V. E.; THANGAVEL, K.; JESUDAS, D. M. Scientific classification of ripening period and development of colour grade chart for Indian mangoes (*Mangifera indica* L.) using multivariate cluster analysis. **Scientia Horticulturae**, v. 193, p. 90-98, 2015.

NATALE, W.; PRADO, R. D. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A. D.; HERNANDES, A. Resposta da caramboleira à calagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1136-1145, 2008.

NAVA, D.E.; BOTTON, M. **Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro**. Pelotas: Embrapa, 2010. 29p.

NOJOSA, G. B. A.; HENZ, G. P.; SATHLER, F. G. L. A introdução de pragas e seu impacto sobre o acesso a mercados. *In*: SUGAYAMA, R. L.; SILVA, M. L.; SILVA, S. X. B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. O. (Org.). **Defesa Vegetal - Fundamentos, Ferramentas, Políticas e Perspectivas**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015. p. 103-124.

NORRBOM, A. L.; KORYTKOWSKI, C. A.; ZUCCHI, R. A.; URAMOTO, K.; VENABLE, G. L.; ORMICK, J.; DALLWITZ, M. J. ***Anastrepha* and *Toxotrypana*: descriptions, illustrations, and interactive keys**; version: 31 de Aug. 2012. Disponível em: <http://deltaintkey.com/anatox/intro.htm>. Acesso em: 17 out. 2019.

OLIVEIRA, P. C. D. 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.

PACHECO, M. G. **Bioecologia e tratamento quarentenário de *Ceratitis capitata* (Wiedemann 1824) (Diptera: Tephritidae) com raios X em uvas de mesa do Submédio do Vale do São Francisco**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2016.

PAPACHRISTOS, D.P.; PAPADOPOULOS, N.T. Are citrus species favorable hosts for the Mediterranean fruit fly? A demographic perspective.

Entomologia Experimentalis et Applicata, Amsterdam, v. 132, p. 1-12, 2009.

PAPACHRISTOS, D.P.; PAPADOPOULOS, N.T.; NANOS, G.D. Survival and development of immature stages of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruit. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 101, p. 866-872, 2008.

PAPADOPOULOS, N.T.; KATSOYANNOS, B.I.; CAREY, J.R. Demographic parameters of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in apples. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 95, p. 564-569, 2002.

PAPANICOLAOU, A.; SCHETELIG, M. F.; ARENSBURGER, P.; ATKINSON, P. W.; BENOIT, J. B.; BOURTZIS, K.; CURRIL, I. The whole genome sequence of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), reveals insights into the biology and adaptive evolution of a highly invasive pest species. **Genome biology**, v. 17, n. 1, p. 192, 2016.

PARANHOS, B. A. J. Moscas-das-frutas que oferecem riscos à fruticultura brasileira. *In*: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE VITIVINICULTURA, Petrolina, 2008.

PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e-26037, 2019.

PARANHOS, B. J.; MARIA DE LOURDES, Z. C.; OVRUSKI, S. M.; ALVES, R. M.; BLUMMER, L.; WALDER, J. M. Offspring in response to parental female densities in the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae). **Florida Entomologist**, v.91, p.628-635, 2008.

PEÑARRUBIA-MARÍA, I. E.; QUILICI, S.; SCHMITT, C.; ESCUDERO-COLOMAR, L. A. Evaluation of candidate systems for mass trapping against *Ceratitis* spp. on La Réunion Island. **Pest Management Science**. v. 70, n.3, p. 448-453, 2014.

PENHA, J. D. S.; BRAMONT, W. B.; LEAL, I. L.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, B. A. Caracterização de três cultivares de manga de diferentes arranjos produtivos da Bahia. WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - PTI, 5., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA - SIINTEC, 1., 2015, Salvador. **Anais...** Salvador: SENAI/CIMATEC, 2015. p. 111-120.

PLÁCIDO SILVA, M. do C.; ZUCOLOTO, F. S.; JOACHIM-BRAVO, I. S. Influence of protein on feeding behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann

(Diptera: Tephritidae): comparison between immature males and females. **Neotropical Entomology**, v. 34, n.4, p. 539-545, 2005.

SALLES, L. A. B. Estratificação vertical da incidência de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) em fruteiras no sul do Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 24, p. 423-428, 1995.

SANTOS, O. O. **ESTUDOS SOBRE MOSCAS FRUGÍVORAS (TEPHRITIDAE E LONCHAEIDAE) NA BAHIA: ATRATIVIDADE DE COMPOSTOS, HOSPEDEIROS, DIVERSIDADE E PARASITOIDES**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, 2016.

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**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 2013.

SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**. Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000, cap. 9, p. 87-91.

SILVA, J. G.; DUTRA, V. S.; SANTOS, M. S.; SILVA, N. M.; VIDAL, D. B.; NINK, R. 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**, v. 39, n. 5, p. 1457-1465, 2010.

SILVA, J. G.; URAMOTO, K.; MALAVASI, A. First Record of *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in the eastern Amazon, Pará, Brazil. **Florida Entomologist**, Florida, v. 4, n. 81, p. 574-577, 1998.

SOUZA FILHO, M. F. DE; COSTA, V. A.; PAZINI, W. C. Manejo integrado de pragas na cultura da manga. In: ROZANG, D. E. Eds. **Manga – produção integrada, industrialização e comercialização**. Viçosa: UFV, 2004. p. 339-376.

TEIXEIRA, G. H. D. A.; DURIGAN, J. F.; DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A. D. Caracterização pós-colheita de seis cultivares de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 546-550, 2001.

UCHOA, M. A. Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control, pp. 271-301. In LARRAMENDY, M. L.; SOLONESKII, E. S. (eds.), **Integrated pest**

management and pest control: current and future tactics. intech, croatia. 2012. 668 p.

VARGAS, R. I.; WALSH, W. A.; KANEHISA, D.; STARK, J. D.; NISHIDA, T. Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) alternating temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**. College Park, v. 93, n. 1, p.75-81, 2000.

VIRGILIO, M.; WHITE, I.; MEYER, M. A set of multi-entry identification keys to African frugivorous flies (Diptera, Tephritidae). **ZooKeys**, v. 428, p. 97, 2014.

WHARTON, R. A.; YODER, M. J. **Parasitoids of Fruit-Infesting Tephritidae**. 2015. Disponível em: <http://paroffit.org/public/site/paroffit/home>. Acesso em: 1 set. 2019.

ZANARDI, O. Z.; NAVA, D. E.; BOTTON, M.; GRÜTZMACHER, A. D.; MACHOTA JR, R.; BISOGNIN, M. Desenvolvimento e reprodução da mosca-do-mediterrâneo em caqui, macieira, pessegueiro e videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 682-688, 2011.

ZUCCHI, R. A. **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. Acesso em: 18 set. 2019.

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

ZUCCHI, R. A. Mosca do mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann). **Pragas introdutivas no Brasil**, 2015.

ZUCCHI, R. A. Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* Diptera: Tephritidae. p.15-22. In VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. eds. **Histórico impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto, 2001. 173p

ZUCOLOTO F. S. Nutrição e alimentação, p.67-80. In Malavasi A, Zucchi R A (eds). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado** Ribeirão Preto, Holos Editora, 2000. 327p.

ZUCOLOTO, F.S. Feeding habits of *Ceratitis capitata* can larvae recognize nutritional effective diet? **Journal Insect Physiology**, Texas, v. 33, n.5, p. 349-353, 1987.

CAPÍTULO 3

PARASITISMO DE *Diachasmimorpha longicaudata* (ASHMEAD) EM *Ceratitis capitata* E *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

PARASITISMO DE *Diachasmimorpha longicaudata* (ASHMEAD) EM *Ceratitis capitata* E *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

RESUMO: Um dos principais problemas da fruticultura é a ocorrência das moscas-das-frutas, que têm causado graves perdas no mundo. O uso de parasitoides é uma ferramenta importante para supressão populacional dessas moscas, com destaque para a espécie *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera, Braconidae). No entanto, há algumas lacunas no conhecimento sobre alguns aspectos dessas interações bitróficas. Este trabalho objetivou investigar o parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* sobre os tefritídeos *Anastrepha obliqua* e *Ceratitis capitata*. Para avaliar a influência do ínstar larval e da densidade de larvas no parasitismo de *D. longicaudata* em *C. capitata*, foram utilizados dois instares larvais (2º e 3º) e quatro densidades de larvas por unidade de parasitismo (5, 10, 15 e 20). Para a avaliação da influência do tempo de exposição das larvas de *C. capitata* ao parasitoide *D. longicaudata*, foi conduzido um experimento com experiência prévia dos parasitoides com unidade de parasitismo e outro sem experiência prévia. Os tratamentos consistiram em cinco tempos de exposição da unidade de parasitismo (30 min, 1, 2, 4 e 8 horas). O ensaio de preferência de parasitismo de *D. longicaudata* em larvas de 2º e 3º ínstar de *A. obliqua* foi realizado com chance de escolha. O ensaio de preferência de parasitismo de *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata* e *A. obliqua* foi realizado com chance de escolha, em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 11 repetições, utilizando larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* e *A. obliqua*. Em todos os ensaios de parasitismo, após a emergência dos parasitoides, foram verificados o número de parasitoides emergidos, as porcentagens de larvas mortas e pupas inviáveis, razão sexual dos parasitoides, além das moscas emergidas. O parasitoide *D. longicaudata* não teve preferência por ínstar larval em *C. capitata*, parasitando tanto no segundo quanto no terceiro ínstar. O parasitismo de *D. longicaudata* sobre *C. capitata* é afetado pelo tempo de exposição das larvas ao parasitoide. O parasitoide *D. longicaudata* não teve preferência por ínstar larval em *A. obliqua*, e preferiu parasitar *C. capitata* em detrimento a *A. obliqua*.

Palavras-chave: Controle biológico, densidade larval, preferência de hospedeiro, tempo de exposição.

PARASITISM OF *Diaschamimorpha longicaudata* (ASHMEAD) IN
Ceratitis capitata AND *Anastrepha obliqua* (DIPTERA: TEPHRITIDAE)

ABSTRACT: Fruit flies are one of the main problems in fruit production as they cause serious losses to soft fruits worldwide. The use of parasitoids, in particular *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera, Braconidae), is an important tool for suppressing populations of these flies. However, there are some gaps in the knowledge about these bi-trophic interactions. This work aimed to investigate the parasitism of *Diachasmimorpha longicaudata* in the tephritids *Anastrepha obliqua* and *Ceratitis capitata*. The influence of larval instar and different larval densities on the parasitism of *D. longicaudata* on *C. capitata* was studied using two larval instars (second and third instars) and four larval densities for each parasitism event (5, 10, 15, and 20). To evaluate the effect of exposure time of *D. longicaudata* on *C. capitata* larvae, two experiments were carried with five exposure times (0.5, 1, 2, 4 and 8 h); one experiment had parasitoids with previous parasitism experience and the other had parasitoids without previous parasitism experience. A free-choice parasitism test to determine the preference of *D. longicaudata* to larvae of the second and third instars of *A. obliqua* was conducted with two treatments and 11 replicates. In all parasitism tests, after the emergence of the parasitoids, the number of emerged parasitoids, percentage of dead larvae, percentage of non-viable pupae, parasitoids' sex ratio, and number of emerged flies were recorded. *D. longicaudata* showed no preference for larval instar of *C. capitata* as it parasitized both second and third instar. Parasitism of *D. longicaudata* on *C. capitata* is affected by the time of larvae exposure to the parasitoid. *D. longicaudata* displayed no preference for larval instar in *A. obliqua*, parasitizing both second and third instar, and preferred *C. capitata* rather than *A. obliqua*.

Keywords: Biological control, larval density, host preference, exposure time.

1. Introdução

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são consideradas uma ameaça às culturas de frutíferas em todo o mundo, devido aos danos diretos causados pela perda da qualidade da fruta e indiretos com as barreiras de quarentena impostas pelos países importadores (RUIZ e outros, 2014). As espécies de moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil estão distribuídas em quatro gêneros de Tephritidae: *Ceratitis* MacLeay, *Rhagoletis* Loew, *Bactrocera* Macquart e *Anastrepha* Schiner. Entretanto, *Ceratitis* e *Anastrepha* são considerados os mais importantes e amplamente distribuídos no território brasileiro.

O gênero *Ceratitis* no Brasil é representado por apenas uma espécie, a mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), que ocorre com maior frequência em frutos exóticos (CARVALHO e outros, 1998; ZUCCHI, 2000). O gênero *Anastrepha* tem distribuição na América Latina e já foram registradas, nos últimos levantamentos, 115 espécies, principalmente em frutos nativos. *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) é a espécie com mais hospedeiros associados, sendo 116, entre frutíferas nativas e exóticas, e *Anastrepha obliqua* (ZUCCHI; MORAES, 2008).

O controle dessa praga é realizado mediante aplicação de inseticidas em cobertura ou na forma de isca-tóxica (atrativo + inseticida) (SCHUTZE e outros, 2018). No entanto, apesar dos avanços das técnicas e produtos utilizados no controle químico, os consumidores de frutas *in natura* têm exigido frutos sem resíduos ou com resíduos dentro dos limites permitidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Dessa maneira, tem-se buscado gradativamente substituir o controle químico convencional por técnicas de controle menos impactantes ao meio ambiente e aos consumidores, como o uso do controle biológico.

O controle biológico é uma das mais promissoras alternativas ao

uso do controle químico no manejo de pragas, e sua utilização tem sido direcionada ao controle biológico aumentativo (HEGAZI e outros, 2012). Espécies da família Braconidae são os parasitoides mais abundantes e diversificados no controle de moscas-das-frutas (GUIMARÃES e outros, 2003). O parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) é considerado hoje o mais importante agente de controle biológico para essa praga. Essa 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 e outros, 2011).

A espécie *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) é um endoparasitoide solitário, coinobionte, da região indo-australiana e parasita pelo menos 14 espécies de *Bactrocera Macquart*, 1835 (Diptera: Tephritidae) (WHARTON; GILSTRAP, 1983). Pode ser criado facilmente em condições de laboratório e apresenta baixa especificidade para hospedeiros, parasitando *C. capitata* e várias espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868 (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). Exibe uma capacidade de parasitismo superior a 50% e pode suprimir até 70% das populações de moscas-das-frutas em ambiente natural (SIVINSKI e outros, 1996; MONTOYA e outros, 2000).

A fim de se ampliar e consolidar os conhecimentos diretamente ligados à produção massal de parasitoides, bem como a sua aplicação no controle biológico no campo, estudos envolvendo questões metodológicas, como idade e densidade larval em unidades de parasitismo, o tempo de exposição ao parasitismo necessário para obter maiores taxas de parasitismo e número de fêmeas, ou a necessidade de submeter as fêmeas ao parasitismo previamente, e a preferência por diferentes hospedeiros, são necessários.

Diante disso, este trabalho objetivou investigar o parasitismo de *D. longicaudata* sobre os tefritídeos *Anastrepha obliqua* e *Ceratitis capitata*.

2. Revisão de Literatura

2.1 Moscas-das- frutas

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são as principais pragas das frutíferas em todo o mundo, e vêm causando grandes prejuízos, principalmente pelos danos diretos causados na polpa dos frutos (OLIVEIRA e outros, 2014). Além disso, esses tefritídeos causam danos indiretos de maior impacto, que estão relacionados às restrições fitossanitárias impostas para comercialização de frutas frescas em países onde essas pragas são consideradas de importância quarentenária (DUARTE; MALAVASI, 2000; GODOY; PACHECO; MALAVASI, 2011). A família Tephritidae é composta por mais de 5.000 espécies, agrupadas em 500 gêneros. Aproximadamente 70 espécies são pragas confirmadas, enquanto outras podem causar injúrias às plantações (UCHÔA, 2012). As espécies *Anastrepha* spp., *C. capitata* e *Bactrocera carambolae* Drew & Hancock causam danos consideráveis às árvores frutíferas comerciais e não comerciais na América do Sul (VAYSSIÈRES e outros, 2013; LEMOS e outros, 2014).

As espécies de *Anastrepha* são originárias do continente americano, portanto, não há espécies consideradas invasoras no Brasil, além disso, fazem parte do gênero mais diversificado de moscas-das-frutas em ambientes tropicais e subtropicais do continente, com mais de 260 espécies (MALAVASI e outros, 2000; NORRBOM e outros, 2012). A maioria das espécies de *Anastrepha* encontra-se distribuída pela região Neotropical e algumas espécies ocorrem no sul da região Neártica (MALAVASI e outros, 2000).

No Brasil, espécies do gênero *Anastrepha* foram detectadas em todos os estados (MALAVASI e outros, 2000). Ocorre uma grande diversidade de espécies de *Anastrepha* (121 espécies) no Brasil, sendo as sete consideradas de maior importância econômica: *A. fraterculus*, *Anastrepha grandis* Macquart, *A. obliqua*, *Anastrepha pseudoparalella* Loew, *Anastrepha sororcula* Zucchi, *Anastrepha striata* Schiner e *Anastrepha zenildae* Zucchi (ZUCCHI, 2000). A espécie *A. fraterculus* apresenta o maior número de hospedeiros associados (116), seguida por *A. obliqua* (50) (ZUCCHI; MORAES, 2008). 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 e outros, 2010).

A espécie *A. obliqua*, também conhecida como a mosca-das-frutas das Índias Ocidentais, é uma das espécies de importância econômica e quarentenária menos estudada, apesar de ser encontrada em quase todos os estados, principalmente no Amazonas e Maranhão, com aproximadamente 70 hospedeiros registrados (FU e outros, 2014). Esta praga foi originalmente descrita em Cuba (CABI, 2010). Devido à sua alta capacidade de vôo, de 135 km (FLETCHER, 1989), *A. obliqua* se espalhou amplamente do sul do México para o sul do Brasil. É a única espécie de *Anastrepha* disseminada nas Índias Ocidentais e nas regiões Central e Sul da América (CABI, 2010).

A espécie *A. obliqua* é responsável por 99,6% de infestação em *Spondias* spp., causando perdas econômicas significativas em Cruz das Almas, no Recôncavo Baiano. No México, é considerada uma praga chave de manga e *Spondias* spp. (HERNANDEZ-ORTIZ; ALUJA, 1993), inviabilizando a produção de algumas espécies.

A espécie *C. capitata* (Wiedemann, 1824) está entre as pragas agrícolas mais destrutivas do mundo, devido à alta polifagia, multivoltinismo, danos diretos causados nos frutos pela alimentação das larvas, além dos danos indiretos causados por restrições de quarentena (LIQUIDO e outros, 1991; YUVAL; HENDRICH, 1999). Várias

características morfológicas, fisiológicas e comportamentais em diferentes estágios do ciclo de vida promoveram o sucesso invasivo e adaptativo de *C. capitata* (YUVAL; HENDRICH, 1999; MALACRIDA e outros, 2007). *Ceratitidis capitata* é endêmica na África, mas ocorreu um processo de invasão global nos últimos 200 anos, o que levou à colonização de áreas tropicais, subtropicais e temperadas quentes (MALACRIDA e outros, 2007).

2.2 Controle Biológico

O controle biológico das moscas-das-frutas se dá por meio do uso de parasitoides, predadores e entomopatógenos (ALUJA, 1994; SALLES, 1991; SALLES, 1995). Muito pouco se sabe sobre a ação dos predadores das moscas-das-frutas no Brasil (MARCHIORI e outros, 2007). Neste caso, no centro dessas estratégias de manejo integrado, está o uso de himenópteros parasitoides, considerados por muitos pesquisadores como os mais importantes inimigos naturais das moscas-das-frutas, em diversas partes do mundo (ALUJA e outros, 2014).

O primeiro esforço de controle biológico de moscas-das-frutas no Brasil foi realizado em São Paulo, pelo Instituto Biológico, em 1937, com a introdução do parasitoide de pupa de *C. capitata*, o *Tetrastichus giffardianus* (Silvestri) (Hymenoptera: Eulophidae), porém, a tentativa não logrou êxito (CARVALHO e outros, 2000). No entanto, recentemente, Costa e outros (2005) relataram a recaptura desse parasitoide em pupas de *C. capitata* em amêndoa (*Terminalia catappa*), na cidade de Vera Cruz, BA; em acerola (*Malpighia glabra*), em Baraúna, RN; e, em seriguela (*Spondias purpurea*), em Fortaleza, CE. Os autores associam as condições desfavoráveis, como clima frio, ao não estabelecimento de *T. giffardianus* no estado de São Paulo.

Em 1994, foi realizada a introdução do parasitoide *D. longicaudata* pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, Bahia (CARVALHO e outros, 2000; CARVALHO, 2006). Esse parasitoide é considerado um dos mais relevantes

agentes de controle biológico para liberações aumentativas (MONTROYA e outros, 2000) e tem se estabelecido com sucesso em vários países (ALUJA e outros, 1990; OVRUSKI e outros, 2000). No entanto, no Brasil, embora o seu estabelecimento se mostre incerto, Carvalho (2005) recapturou alguns indivíduos após 17 meses da liberação, na região do Recôncavo Baiano. No estado de Minas Gerais, Alvarenga e outros (2005) demonstraram a possibilidade de estabelecimento de *D. longicaudata* na região norte, já que esse parasitoide foi capaz de completar seu ciclo biológico nas condições da região. Provavelmente, alguns fatores relacionados à técnica de liberação ou ao clima esteja influenciando negativamente essa espécie.

É importante salientar que o controle biológico é um método que está inserido nos programas de manejo integrado de pragas (FELIX e outros, 2005) e, para que se estabeleça uma estratégia eficiente para controlar as moscas frugívoras, é necessário um prévio conhecimento dos aspectos ecológicos de suas populações.

2.3 *Diachasmimorpha longicaudata* como agente de controle biológico de moscas-das-frutas

As restrições ao uso do controle químico na fruticultura têm crescido na última década (PARANHOS e outros, 2019), além disso, o mercado consumidor tem exigido, cada vez mais, frutos livres de resíduos tóxicos (OLIVEIRA; LUCCHESI, 2013). Assim, a regulação da qualidade e dos aspectos fitossanitários tem dificultado a exportação para países de primeiro mundo (MELO e outros, 2014). O controle biológico, integrado à Técnica do Inseto Estéril, tem sido amplamente utilizado em vários países, com efeito positivo em programas de supressão e erradicação de moscas-das-frutas (PARANHOS e outros, 2019), tornando o controle biológico, nesse contexto, uma alternativa eficiente e viável.

O parasitismo, no controle biológico, tem sido uma das principais interações pesquisadas entre moscas-das-frutas e seus inimigos naturais. Tais

pesquisas foram impulsionadas a partir da década de 70, com os avanços das investigações científicas em ecologia (CAPPUCINO, 1995). Em ambientes naturais, os agentes de controle biológico são capazes de controlar as populações de insetos pragas (PARANHOS e outros, 2019). Murillo e outros (2015) reportaram que 88% de larvas de *A. obliqua*, que infestavam cajá (*Spondias monbin* L.), foram parasitadas.

No caso do Brasil, com base no controle biológico clássico já realizado e nas informações disponíveis sobre parasitoides nativos, o desenvolvimento de programas de controle biológico aplicados, incluindo produção em massa de parasitoides e liberações inudativas, podem ser bem-sucedidos, especialmente quando combinado com outros métodos de controle, no manejo integrado de pragas (MIP) (PARANHOS e outros, 2019). Assim, o sucesso dos programas de controle biológico depende de estudos básicos sobre os inimigos naturais, os quais devem ser criados e liberados em grandes quantidades no campo (OLIVEIRA e outros, 2014), incluindo seu potencial como método de controle, a fim de implementar estratégias de manejo adequadas.

O parasitoide *D. longicaudata* é um coinobionte, endo-parasita, solitário, de larvas e pupas, nativo da região Indo-Australiana, pertence à família Braconidae, uma das maiores em Hymenoptera, com 19.801 espécies descritas e estimativas entre 40 a 50.000 espécies no mundo (PARANHOS e outros, 2019; MONTOYA e outros, 2019; HARBI e outros, 2018). Ele parasita, geralmente, larvas de segundo e terceiro ínstar (SIVINSKI e outros, 2001; SIME e outros, 2006), apresentando preferência por terceiro ínstar e pupas (OVRUSKI e outros, 2011; MONTOYA e outros, 2017).

É a espécie exótica mais utilizada em programas de controle biológico clássico nas Américas, foi importada dos Estados Unidos e introduzida no Brasil na década em 1994, pela Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). Desde sua introdução no Brasil, *D. longicaudata* vem sendo criado com sucesso, em larvas de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera, Tephritidae),

mantidas por dietas artificiais (CARVALHO e outros, 1998). Sua liberação ocorreu no Recôncavo Baiano e no Submédio São Francisco, onde foi eficiente no controle de populações de moscas-das-frutas (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). Pesquisas realizadas no Brasil, em Minas Gerais (ALVARENGA e outros, 2005), no Rio de Janeiro (LEAL e outros, 2008) e no Rio Grande do Sul (MEIRELLES, 2015) evidenciaram a possibilidade de estabelecimento da espécie e o seu potencial para o controle de moscas.

2.4 Interação parasitoide hospedeiro

Estudos envolvendo a preferência, qualidade e a interação entre parasitoide e hospedeiro são importantes tanto para escolha do hospedeiro, para criação massal do parasitoide, quanto para aplicação dos mesmos como agentes de controle biológico em campo. A aptidão para a criação com sucesso de *D. longicaudata* em larvas de *C. capitata* ou de *Anastrepha* sp. tem sido estudada como parte de programas de liberação inundativa contra ambas as espécies de moscas-das-frutas (CRUZ e outros, 2018; ALTAFINI e outros, 2013; MEIRELLES e outros, 2013; OVRUSKI e outros, 2011).

Entender como os parasitoides respondem às mudanças na densidade de hospedeiros é fundamental para a compreensão e mensuração das interações entre os inimigos naturais e suas presas (MURDOCH; BRIGGS, 1996; JERVIS, 2005). A densidade numérica de hospedeiros afeta diretamente o comportamento de interação parasitoide-hospedeiros (DIÁZ-FLEISCHER e outros, 2015), o que pode trazer implicações diretas na rotina de laboratórios de criação de inimigos naturais de pragas agrícolas, maximizando a produção de indivíduos em relação ao custo de produção de hospedeiros e parasitoides (GHIMIRE; PHILLIPS, 2010).

A eficácia de um inimigo natural para regular as populações de pragas tem sido tradicionalmente relacionada à sua resposta funcional (FUJII e outros, 1986; HASSELL, 1978). A resposta funcional descreve a relação entre o número de presas ou hospedeiros atacados em função da densidade

de presas ou hospedeiros (SOLOMON, 1949). Essas respostas funcionais definem a eficiência da busca por parasitoides e fornecem uma compreensão das interações hospedeiro-parasitoide (GREENBERG e outros, 2001; MONTOYA e outros, 2000). A resposta funcional é significativamente afetada por vários fatores, como hospedeiro, idade e tempo de exposição do hospedeiro ao parasitoide (NIKBIN e outros, 2014).

As respostas funcionais são classificadas em três tipos, de acordo com o tipo de curva estabelecida pelas relações entre as densidades de parasitoide/hospedeiro (HOLLING, 1959). Os parasitoides que exibem uma resposta funcional do tipo I procuram aleatoriamente os hospedeiros e atacam os hospedeiros a uma taxa constante, resultando em uma relação linear entre o número de hospedeiros parasitados e a densidade do hospedeiro. No entanto, os parasitoides que demonstram uma resposta funcional do tipo II, que é a mais comum, têm uma taxa de parasitismo que diminui exponencialmente à medida que a densidade do hospedeiro aumenta. A resposta funcional do tipo III é descrita por um aumento inicial e subsequente diminuição da proporção de hospedeiros parasitados com o aumento da densidade do hospedeiro (DE PEDRO e outros, 2017; FERNANDEZ-ARHEX; CORLEY, 2003; HASSELL, 1978).

Assim, o controle biológico pode ser seriamente afetado pelas densidades iniciais do hospedeiro e dos parasitoides introduzidos, conforme comprovado por estudos anteriores e experimentos de modelagem entre parasitoides e hospedeiro (BURNETT, 1960; JONES e outros, 1999; XIAO; TANG, 2008). Tanto em criações de laboratório como no campo, a densidade de hospedeiros pode interferir no sucesso dos parasitoides, sendo responsável pela resposta numérica ou funcional dos inimigos naturais (FUJII e outros, 1986).

Harbi e outros (2018) descreveram uma resposta funcional do tipo II, em estudos com *D. longicaudata*, nos quais testaram diferentes densidades de *C. capitata* em condições de laboratório e semicampo, descrita por uma porcentagem de parasitismo inversamente dependente da densidade do

hospedeiro. Os autores demonstraram que essas espécies de parasitoides poderiam procurar eficientemente hospedeiros específicos em baixas densidades de hospedeiros, como aqueles que provavelmente ocorreriam em condições naturais, e classificaram-no como um bom inimigo natural para o controle de populações de *C. capitata* em uma área ampla ou em áreas específicas.

A espécie de mosca na qual *D. longicaudata* é criada é um dos fatores que interferem na eficiência do parasitoide (OVRUSKI e outros, 2011), já que o desempenho deste está relacionado à qualidade do seu hospedeiro (SCHMIDT, 1994). 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 e outros, 2012). Portanto, a natureza do habitat, a espécie de mosca hospedeira utilizada para criação, a espécie de praga que se deseja controlar e seus efeitos sobre o inimigo natural são fatores que devem ser levados em consideração em programas de criação e liberação.

Além disso, em alguns casos, diferentes espécies hospedeiras podem influenciar a razão sexual da progênie, por possuírem tamanhos diferentes, como é o caso de *Anastrepha ludens* (Loew) e *A. obliqua*, criadas em manga (*Mangifera indica* L.) (EBEN e outros, 2000). Maior proporção de fêmeas foi observada quando *D. longicaudata* foi criado a partir de *A. ludens*, as quais possuem larvas maiores. A diferença foi ainda mais evidente quando se utilizou *C. capitata* e *A. fraterculus*. Ovruski e outros (2011) observaram que a proporção de descendentes do sexo feminino de *D. longicaudata* foi sempre significativamente maior quando o parasitoide foi criado em *A. fraterculus* do que quando foi criado em larvas de *C. capitata*.

A competição pelo hospedeiro pode ocorrer diretamente entre fêmeas adultas dos parasitoides, quando forrageiam o hospedeiro (competição extrínseca) ou no estágio larval dentro do corpo do hospedeiro (competição intrínseca) (CUSUMANO e outros, 2016). Na competição intrínseca pode haver o superparasitismo ou multiparasitismo. No

superparasitismo, um único hospedeiro é parasitado por vários indivíduos da mesma espécie; e no multiparasitismo, um único hospedeiro é parasitado por indivíduos de diferentes espécies, entretanto, apenas um parasitoide sobrevive e emerge como adulto (HARVEY e outros, 2013). Na natureza, tudo isso é possível de acontecer, uma vez que os parasitoides não removem do habitat seu hospedeiro e estes permanecem "*in situ*", podendo ser explorado por concorrentes coespecíficos ou interespecíficos (HARVEY e outros, 2011; CUSUMANO e outros, 2016).

Pesquisas sobre preferência por espécie hospedeira, de modo geral, avaliam o efeito do hospedeiro sobre os índices de parasitismo, a emergência de parasitoides e a razão sexual da prole gerada (OVRUSKI e outros, 2011). O hospedeiro representa o ambiente nutricional e fisiológico para o desenvolvimento dos parasitoides imaturos (COLINET e outros, 2005). Segundo Arthur (1981), as fêmeas do parasitoide podem realizar provas sobre o hospedeiro para avaliar seu conteúdo, prejudicando o desenvolvimento do mesmo, sem, no entanto, realizar oviposição.

A preferência de *D. longicaudata* por larvas de *A. fraterculus* ou *C. capitata* foi avaliada por Ovruski e outros (2011), os quais observaram diferença significativa na escolha entre os hospedeiros, quando estes foram oferecidos sem chance de escolha às fêmeas do parasitoide. No entanto, em testes com chance de escolha, foi observada preferência por *A. fraterculus*, apresentando número maior de fêmeas do parasitoide emergidas desta espécie de mosca-das-frutas.

A espécie hospedeira, na qual a fêmea se desenvolveu, também pode influenciar a taxa de parasitismo (PAPAJ; LEWIS, 1993). O aprendizado e a memória, referentes ao hospedeiro em que o parasitoide se desenvolveu, podem representar uma adaptação para lidar com as imprevisibilidades do ambiente (ALCOCK, 2005).

Alguns modelos assumem que o desempenho (tamanho, desenvolvimento, razão sexual, fecundidade e longevidade) de um parasitoide está relacionado com o tamanho do hospedeiro no momento do

parasitismo (NICO; MACKAUER, 1999; CHAU; MACKAUER, 2001). A relação entre as características do hospedeiro no momento do parasitismo e o ganho no desempenho do parasitoide, entretanto, não é linear e depende da combinação de vários fatores relacionados ao hospedeiro, tais como: fisiologia, comportamento e qualidade nutricional (COLINET e outros, 2005).

O tamanho do hospedeiro pode ter efeito importante sobre o comportamento do parasitoide *D. longicaudata* (MONTROYA e outros, 2011). Geralmente, as fêmeas do parasitoide selecionam o tamanho do hospedeiro para realizar a postura de seus ovos, procurando depositar seus ovos fecundados (produzem fêmeas e machos) em hospedeiros maiores, e ovos não fecundados (produzem apenas machos) em hospedeiros menores (GODFRAY, 1994). O tamanho das larvas hospedeiras pode ser um fator útil para determinar a qualidade dos parasitoides produzidos, já que possivelmente afeta aspectos da qualidade do inimigo natural, como a razão sexual da progênie.

Para insetos parasitoides, o número de fêmeas produzidas por hospedeiro é um indicador de sua capacidade como agente de controle biológico (LOPEZ e outros, 2009). Quanto maior o número de fêmeas produzidas, mais eficiente e barata será a sua produção, e mais acessível será a sua utilização nos programas de controle biológico. Fêmeas de *D. longicaudata* preferiram larvas maiores para o desenvolvimento de sua prole (LÓPEZ e outros, 2009). O tamanho do hospedeiro também pode influenciar diretamente o do parasitoide gerado (GODFRAY, 1994). Segundo Jarvis (2005), parasitoides maiores tendem a apresentar mais chance de sucesso reprodutivo, com fecundidade e fertilidade superiores.

A taxa de emergência de fêmeas pode ser utilizada como um indicativo da preferência de um parasitoide pelo hospedeiro, conforme demonstrado nos trabalhos de Milne (1988), Eben e outros (2000), Mansfield e Mills (2004) e Ovruski e outros (2011). O reconhecimento da adequação nutricional e da qualidade do hospedeiro por parte da fêmea do

parasitoide implica na aceitação deste, indicando que o hospedeiro apresenta características nutricionais e fisiológicas mínimas para o desenvolvimento das formas jovens do parasitoide (MACKAUER e outros, 1996).

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 superparasitismo. Montoya e outros (2012) observaram que o superparasitismo foi positivamente correlacionado com o comprimento da larva hospedeira.

Oliveira e outros (2014) reportaram que idade das larvas de *C. capitata* apresentou efeito significativo sobre a razão sexual, parasitismo e longevidade da progênie de *D. longicaudata*. A razão sexual da progênie foi influenciada apenas pela idade das larvas de *C. capitata*. Um maior número de machos emergiu de larvas com cinco e seis dias de idade, indicado pelos baixos valores de razão sexual (abaixo de 0,5). Já em larvas de *C. capitata*, com idades de sete e oito dias, houve emergência de maior número de fêmeas. Esse resultado indica que utilizar um maior número de larvas de *C. capitata*, com menor tamanho levará à maior emergência de machos na criação, não sendo o mais indicado para um programa de produção massal deste parasitoide.

Van Nieuwenhove e Ovruski (2011), buscando determinar a idade ideal para expôr as larvas de *A. fraterculus* ao parasitismo por *D. longicaudata*, observaram que o melhor desempenho foi a partir da metade do ciclo até o final do terceiro ínstar, quando as larvas apresentavam idades de 9 a 12 dias. Os autores relataram que emergiram mais fêmeas das larvas de terceiro ínstar e mais machos de larvas de segundo ínstar. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Oliveira e outros (2014), utilizando larvas de *C. capitata*.

3. Material e Métodos

3.1 Local e período experimental

Os bioensaios foram conduzidos no período de julho a dezembro de 2019, no Laboratório de Entomologia, alocado na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* de Vitória da Conquista.

3.2 Obtenção do material biológico

Os parasitoides foram obtidos da criação mantida no Laboratório de Entomologia, sob condições de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, $65\pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12h.

A criação de *D. longicaudata* foi estabelecida no Laboratório de Moscas-das-Frutas em agosto de 2012, por meio de pupários de *C. capitata* parasitados, oriundos da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura. As pupas foram colocadas em placa de Petri, com uma fina camada de vermiculita, e acondicionadas em gaiola de acrílico. Os parasitoides emergidos foram alimentados com água e dieta à base de mel e ágar, seguindo a metodologia proposta por Carvalho e Nascimento (2002). As unidades de parasitismo foram compostas por larvas de 3^o ínstar de *C. capitata*, envoltas com tecido *voil* e presas com elástico. As larvas eram expostas periodicamente aos parasitoides por uma hora e, em seguida, colocadas em potes plásticos com uma fina camada de vermiculita e fechados com papel toalha, visando à emergência do adulto.

As moscas da espécie *C. capitata*, utilizadas nos bioensaios, procederam de uma população híbrida mantida no Laboratório de moscas-das-frutas da UESB há 13 anos e que recebe liberações periódicas de indivíduos selvagens. Os adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico (30x30x30cm), alimentados diariamente com dieta à base de Biones®, açúcar e água. Para a obtenção das larvas de *C. capitata*, foram distribuídos ovos de *C. capitata* em recipientes plásticos contendo dieta artificial para

larvas, fechados e mantidos sob temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, onde permaneceram até a larva atingir a idade desejada.

A espécie *A. obliqua* utilizada nos bioensaios procederam de uma criação mantida no Laboratório de moscas-das-frutas da UESB há 6 anos, mantida em sala climatizada com temperatura de $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. Os adultos foram mantidos em gaiolas de acrílico e diariamente foram alimentados com dieta à base de Biones, açúcar e água. A cada dois dias, goiabas foram oferecidas aos adultos para oviposição. Após a exposição, as goiabas eram colocadas em bandejas plásticas contendo vermiculita e, posteriormente, examinadas, visando à retirada das larvas e pupários. Estas foram colocadas em potes plásticos, com uma fina camada de vermiculita e fechados com papel toalha, visando à emergência dos adultos.

Em todos os bioensaios, foram utilizadas fêmeas de *D. longicaudata* previamente copuladas e com oito dias de idade (ROHR; JAHNKE e REDAELLI, 2019) e, para evitar a influência da presença dos machos no comportamento das fêmeas no momento do parasitismo, estes foram mantidos nas gaiolas somente por dois dias para ocorrer a cópula, e, posteriormente, foram retirados (OLIVEIRA e outros, 2014).

A forma de oferecimento do hospedeiro às fêmeas do parasitóide, em todos os bioensaios, foi por “unidade de parasitismo” composta de larvas de *C. capitata* e uma pequena porção de dieta larval, envoltas em tecido *voil* e penduradas ao alto da gaiola (unidade experimental). A porção de dieta na “unidade de parasitismo” foi necessária para evitar a desidratação das larvas, as quais na ausência do alimento morrem por dessecação ou passam mais rapidamente à fase de pupa.

3.3 Influência do ínstar larval e da densidade de larvas de *Ceratitis capitata* no parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata*

O bioensaio para avaliar o efeito dos instares larvais e da densidade de *C. capitata* no parasitismo por *D. longicaudata*, foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos e oito repetições, em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois instares (2° e 3°) e quatro densidades larval (5, 10, 15 e 20) para compor as “unidades de parasitismo”, totalizando 64 parcelas. Cada parcela foi constituída por um recipiente plástico redondo (gaiola), com capacidade de 1000 mL, contendo uma “unidade de parasitismo”, com larvas de *C. capitata*, de instares e densidades correspondentes a cada tratamento, pendurada na parte superior da gaiola.

Em cada gaiola foi liberada uma fêmea do parasitoide, sem experiência prévia de parasitismo, onde permaneceu por 2 horas. Após duas horas de exposição, as larvas da mosca foram retiradas da “unidade de parasitismo” e acondicionadas em recipientes plásticos (100 mL) contendo uma fina camada de vermiculita e fechados com tampas perfuradas, visando à pupação. Os recipientes foram mantidos em ambiente com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $65\pm 10\%$ e fotofase de 12h.

3.4 Influência do tempo de exposição de larvas de *Ceratitis capitata* ao parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* com e sem experiência prévia de parasitismo

Para se determinar o tempo adequado de exposição de larvas de *C. capitata* ao parasitoide, necessário para otimizar o parasitismo, foram realizados dois bioensaios, um com fêmeas com experiência prévia de parasitismo e outro com fêmeas sem experiência de parasitismo. Os dois bioensaios (parasitoide com ou sem experiência de parasitismo) foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, que consistiram de cinco tempos de exposição das larvas da mosca ao parasitoide *D. longicaudata* de 30, 60, 120, 240 e 480 minutos (30

min, 1, 2, 4 e 8 horas) e oito repetições, totalizando 40 parcelas. Estas foram constituídas por um recipiente plástico redondo (gaiola), com capacidade de 1000 mL, contendo uma “unidade de parasitismo” com 20 larvas de 3º instar de *C. capitata* e uma pequena quantidade de dieta, pendurada na parte superior da gaiola confeccionada com tecido *voil*, totalizando 800 larvas em cada bioensaio.

A experiência prévia de parasitismo foi obtida oferecendo-se “unidades de parasitismo”, compostas por larvas de terceiro instar de *C. capitata* durante três horas, 24 horas antes da instalação dos bioensaios.

Em cada gaiola foi liberada uma fêmea do parasitoide copulada (com ou sem experiência em ovipositar), onde permaneceu pelos tempos correspondentes aos tratamentos. Posteriormente, as larvas foram retiradas da “unidade de parasitismo” e acondicionadas em recipientes plásticos (100 mL) contendo uma fina camada de vermiculita, fechados com tampas perfuradas, visando à pupação. Os recipientes foram mantidos em ambiente com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $65\pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Nos bioensaios dos itens 3.3 e 3.4, foi quantificado o número de moscas e de parasitoides emergidos e calculadas a taxa de parasitismo e a razão sexual, de acordo com Carvalho (2003):

A taxa de parasitismo foi determinada pela equação:

$$\text{Parasitismo (\%)} = \left[\frac{\text{Número de parasitoides}}{\text{Número de parasitoides} + \text{n}^{\circ} \text{ de moscas}} \right] \times 100$$

A razão sexual dos parasitoides foi determinada pela equação:

$$\text{Razão Sexual} = \frac{\text{Número de Fêmeas}}{\text{Número de Fêmeas} + \text{Número de machos}}$$

3.5 Preferência de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* por larvas de *Anartepha obliqua* e *Ceratitis capitata*

Este estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com chance de escolha, com dois tratamentos, que consistiram em larvas de *A. obliqua* e *C. capitata*.

Foram utilizados casais de parasitoides de 8 dias de idade, e larvas de 3º ínstar de *A. obliqua* e *C. capitata*, de acordo com metodologia de Rohr, Jahnke e Redaelli (2019).

Cada parcela foi constituída por uma gaiola (30x10x10), contendo duas unidades de parasitismo, confeccionadas com tecido voil, penduradas equidistantes na parte superior da gaiola, com auxílio de arame. Em uma das unidades, foram oferecidas 25 larvas de 3º ínstar de *A. obliqua*, na outra unidade foram oferecidas 25 larvas de 3º ínstar de *C. capitata*.

Em cada gaiola foram liberados cinco casais de parasitoides, onde permaneceram por oito horas. Posteriormente, as larvas foram retiradas das unidades de parasitismo e acondicionadas sobre uma fina camada de vermiculita em potes plásticos (200 mL), onde permaneceram até a emergência das moscas ou parasitoides. As pupas das quais não houve emergência foram dissecadas para verificar a presença de parasitoides ou moscas. Após a emergência dos parasitoides, foram avaliadas a porcentagem de parasitismo, mortalidade larval, pupas inviáveis e a razão sexual.

3.6 Análise dos dados

Para o bioensaio de densidade e ínstar larval de *C. capitata* no parasitismo por *D. longicaudata*, os dados foram analisados através de um Modelo Linear de Efeito Misto (LMER), do software R versão 3.5.4. Para que os dados se ajustassem à distribuição normal, a variável número de moscas foi submetida à transformação em $\sqrt{(x)}$. No ajuste de regressão para a relação do parasitismo de *D. longicaudata* em função da densidade larval em LMER, os modelos foram ajustados utilizando a estimativa de parâmetros via Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e o coeficiente de

determinação (R^2) foi estimado seguindo a metodologia descrita por Nakagawa & Schielzeth (2013) para linear mixed-effect models.

Os dados obtidos nos bioensaios de tempo de exposição, utilizando fêmeas de *D. longicaudata* com e sem experiência prévia de parasitismo foram analisados por meio de um Modelo Linear Generalizado (GLM), sendo utilizada a função “*lmer*” do pacote “*lme4*” (BATES e outros, 2014), executados no software R 3.5.2 (R Development Core Team 2019). Foi utilizada a distribuição de Poisson para número de moscas e a distribuição normal (gaussian) para razão sexual e taxa de parasitismo. Os contrastes de médias foram obtidos pelo pacote “*lsmeans*” (Lenth 2016). A relação entre o parasitismo de *D. longicaudata* e o tempo de exposição das larvas foram testadas através do procedimento curve-fitting de análise de regressão através do TableCurve 2D (Systat, San Jose, CA, USA). A escolha do modelo ajustado foi baseada no princípio da parcimônia, com altos valores de F e de R^2 .

Os dados obtidos no bioensaio sobre preferência de parasitismo de *D. longicaudata* por larvas de *A. obliqua* e *C. capitata* foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, e as médias comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico R Core Team, versão 3.5 (2015).

4. Resultados e Discussão

4.1 Influência do ínstar larval e densidade de larvas de *Ceratitis capitata* no parasitismo por *Diachasmimorpha longicaudata*

A densidade larval de *C. capitata* nas “unidades de parasitismo”, composta de larvas de terceiro ínstar, promoveu efeitos significativos no número de moscas emergidas ($R^2= 0,99$, $p< 0,01$), no número de parasitóides

($R^2 = 0,99$, $p < 0,0001$) e na taxa de parasitismo ($R^2 = 0,81$, $p = 0,03$), enquanto que a densidade de larvas de segundo ínstar afetaram apenas o número de parasitoides ($R^2 = 0,87$, $p < 0,02$) (Figuras 3.1A, B, C).

O número de moscas emergidas seguiu um modelo quadrático, indicando que tanto a menor (5 larvas) como a maior (20 larvas) densidade utilizada resultaram em valores maiores de emergência (Figura 3.1A). Para número de parasitoides, o efeito foi linear positivo para os dois íntares larvais, com acréscimo da emergência de parasitoides em função do aumento da densidade larval (Figura 3.1B). O efeito da densidade larval sobre a taxa de parasitismo seguiu um modelo quadrático significativo apenas para larvas de 3º ínstar, com acréscimos em função da densidade larval, com tendência a estabilizar entre 15 e 20 larvas (Figura 3.1C).

Independentemente da densidade larval, o terceiro ínstar resultou em maior número de parasitoides emergidos ($F = 6,82$, $p < 0,01$), não havendo diferenças significativas entre os ínstares para número de parasitoides e taxa de parasitismo ($F = 0,82$, $p > 0,05$; $F = 1,54$, $p > 0,05$, respectivamente) (Figuras 3.2A, B, C).

Valores de razão sexual acima de 0,5 foram obtidos apenas quando se utilizou larvas de terceiro instar nas densidades 10, 15 e 20 larvas (Tabela 3.1).

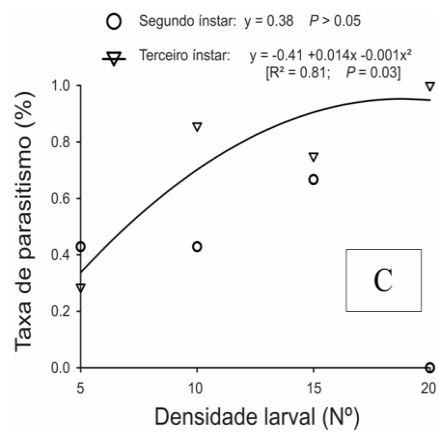
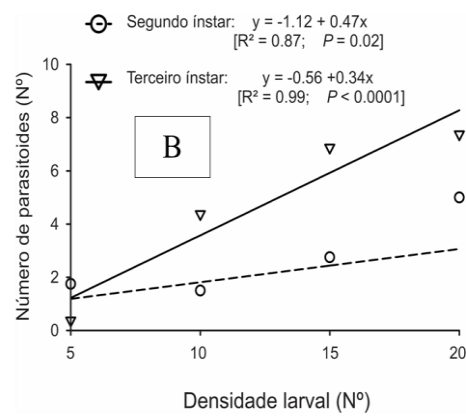
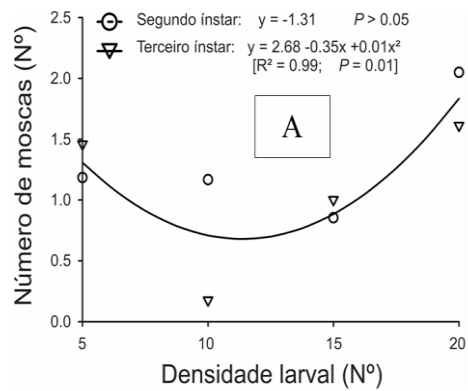


Figura 3.1 - Resposta numérica entre a densidade larval de *Ceratitis capitata* (5, 10, 15 e 20) nas “unidades de parasitismo” em relação ao número de moscas emergidas (A), número de parasitóides (B) e taxa de parasitismo (C) de *Diachasmimorpha longicaudata* em relação às larvas de segundo e terceiro ínstar.

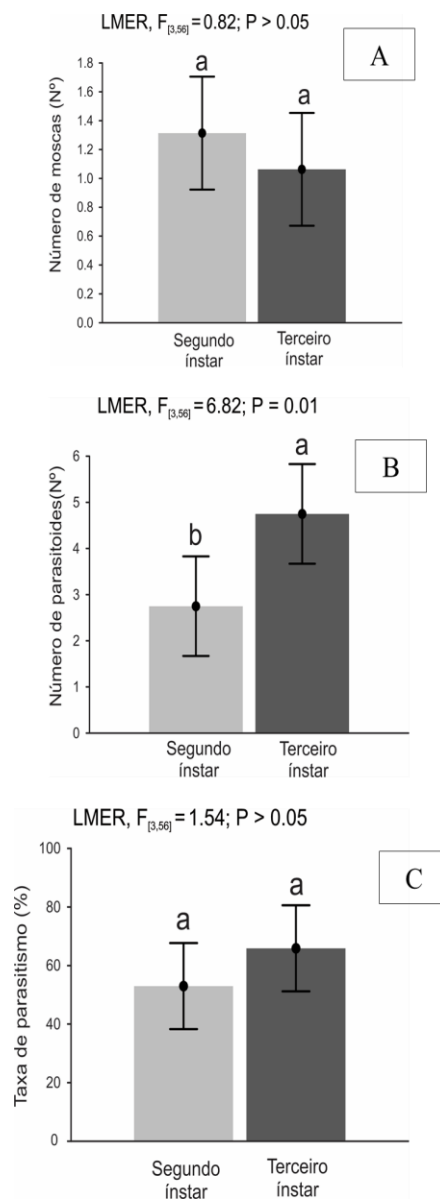


Figura 3.2 - Número de moscas emergidas de *Ceratitis capitata* (A), número de parasitóides (B) e taxa de parasitismo (C) de *Diachasmimorpha longicaudata* em relação às larvas de segundo e terceiro ínstar. As barras correspondem à média (\pm DP). As barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente $p < 0,05$, de acordo com o teste de Tukey (modelo ajustado: LMER, ajuste do nível de confiança pelo método de Šidák).

Tabela 3.1 - Valores médios da razão sexual de *Diachasmimorpha longicaudata* em função da densidade e instar larval de *Ceratitis capitata*, BA, Brazil, 2020.

Densidade larval	Estágio de desenvolvimento	
	Segundo	Terceiro
5	0,09	0,31
10	0,04	0,69
15	0,34	0,56
20	0,02	0,72

Pelos resultados obtidos nesse trabalho foi observado que tanto a densidade larval nas “unidades de parasitismo” quanto os ínstaes estudados (2° e 3°) das larvas hospedeiras podem influenciar no número de moscas emergidas, número de parasitoides e na taxa de parasitismo. Na densidade de 20 larvas do terceiro ínstar de *C. capitata* houve uma maior taxa de parasitismo (acima de 90,0%), que é um importante aspecto da criação massal de insetos. Estes resultados, contrastam com aqueles obtidos por Cruz e outros (2018), pois na mesma situação de uma fêmea parasitoide e 20 larvas hospedeiras, utilizando as mesmas espécies de insetos do presente trabalho, verificaram taxa de parasitismo de 26,82%. Os autores variaram número de fêmeas do parasitoide (1 a 15) e número de larvas hospedeiras (10 a 50) e concluíram que porções iguais de fêmeas (parasitoide) e de larvas (hospedeiro) resultaram em melhor eficiência de produção de fêmeas do parasitoide. Uma provável hipótese para explicar as diferenças entre os resultados mencionados pode estar relacionada ao maior tempo de exposição das larvas às fêmeas, sendo que no presente trabalho o tempo (2 horas) foi o dobro daquele utilizado no trabalho de Cruz e outros (2018).

O comportamento, das variáveis moscas emergidas e taxa de parasitismo, ocorreu da forma esperada, pois à medida que se aumenta a taxa

de parasitismo e número de parasitoides, há redução no número de moscas emergidas. Com relação à razão sexual, os dados indicam que ao utilizar larvas de terceiro ínstar o nascimento de fêmeas é maior nas densidades de 10, 15 e 20 larvas.

De acordo com estudos anteriores, o parasitoide *D. longicaudata* geralmente parasita larvas de tephritídeos de segundo e terceiro ínstar (Sivinski e outros 2001; Sime e outros 2006). No presente estudo o número de parasitoides foi maior em larvas do terceiro instar, como já relatado em alguns trabalhos (CARVALHO, 2005; OVRUSKI e outros, 2011; MONTOYA e outros 2017). Os instares larvais de *C. capitata* testados (1º, 2º e 3º) por Rohr e outros (2019), sem chance de escolha, não afetaram o número médio de parasitoides emergidos, já no bioensaio com chance de escolha o valor médio de parasitoides emergidos foi maior nas larvas de segundo e terceiro ínstar.

No entanto, segundo Paranhos e outros (2007) em condições de laboratório, a taxa de parasitismo pode ser influenciada por diversos fatores intrínsecos (idade e qualidade dos parasitoides produzidos; razão sexual de machos e fêmeas parentais) e externos (relação hospedeiro: parasitóide, espécie de fruto hospedeiro das moscas-das-frutas, idade do hospedeiro).

4.2 Influência do tempo de exposição do parasitoide *D. longicaudata* sobre o parasitismo em larvas de *Ceratitis capitata* com e sem experiência prévia de parasitismo

O tempo de exposição das larvas de *C. capitata* nas “unidades de parasitismo” à fêmea do parasitóide *D. longicaudata* com e sem experiência de parasitismo, afetou significativamente o número de moscas emergidas ($R^2=0.77$, $F= 10.14$, $p< 0.04$; $R^2=0.96$, $F= 94.65$, $p< 0.01$, respectivamente) e a taxa de parasitismo ($R^2=0.79$, $F= 11.54$, $p< 0.04$; $R^2=0.96$, $F=77.93$, $p< 0.01$, respectivamente), seguindo modelo linear negativo para número de

moscas e positivo para taxa de parasitismo (Figuras 3.3A, B). As maiores taxas de parasitismo foram obtidas no tempo de exposição de 480 minutos (8 horas), resultando em 96,75% e 90,75% de parasitismo quando se utilizou fêmeas com e sem experiência em parasitar, respectivamente (Figura 3.3B).

A razão sexual dos parasitóides foi afetada pelo tempo de exposição das larvas de *C. capitata* nas “unidades de parasitismo” apenas na condição da fêmea do parasitóide sem experiência prévia de parasitismo ($R^2=0.93$, $F=42.45$, $p<0.01$). Nos tempos de exposição de 30, 60, 120 e 240 minutos (30 minutos, 1,2 e 4 horas, respectivamente) houve a emergência de mais machos, ou seja, a razão sexual foi menor que 0,5; já para o tempo de exposição de 480 minutos, equivalente a oito horas de exposição das larvas de *C. capitata* ao parasitóide *D. longicaudata* a razão sexual dos parasitoides foi maior que 0.6 (Figura 3.3C), indicando maiores emergências de fêmeas do parasitoide.

A experiência prévia das fêmeas de *D. longicaudata* em parasitar não afetou as variáveis estudadas, não havendo diferenças entre número de moscas emergidas, taxa de parasitismo e razão sexual para as duas condições da fêmea do parasitóide (Figuras 3.4 A, B, C).

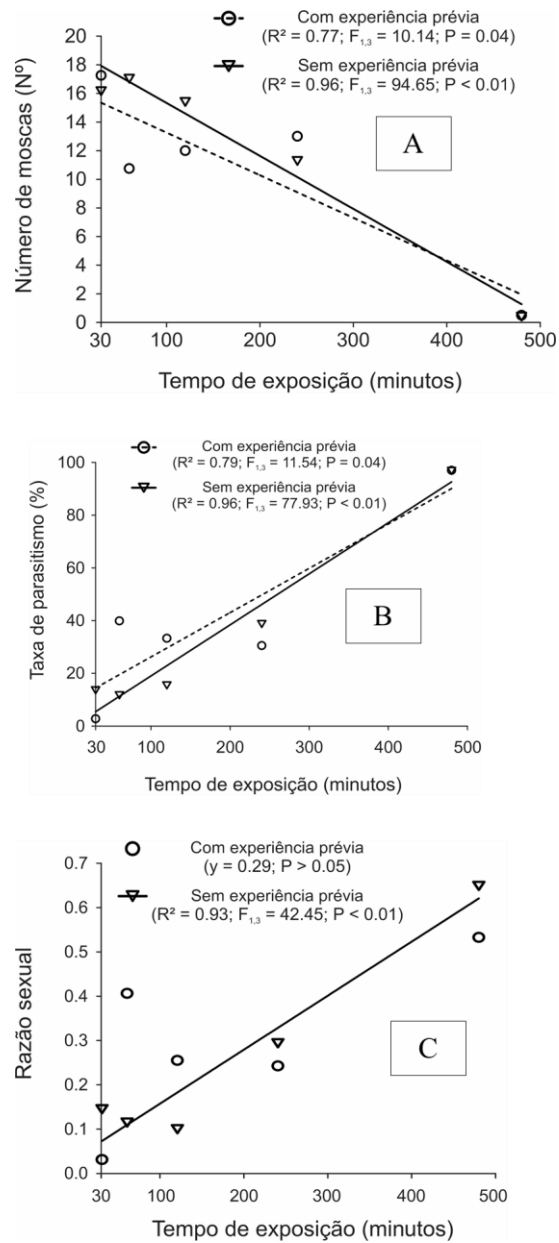


Figura 3.3 - Relação entre o tempo de exposição das larvas de *Ceratitis capitata* e o número de moscas (A), a taxa de parasitismo (B) e a razão sexual (C) de *Diachasmimorpha longicaudata*.

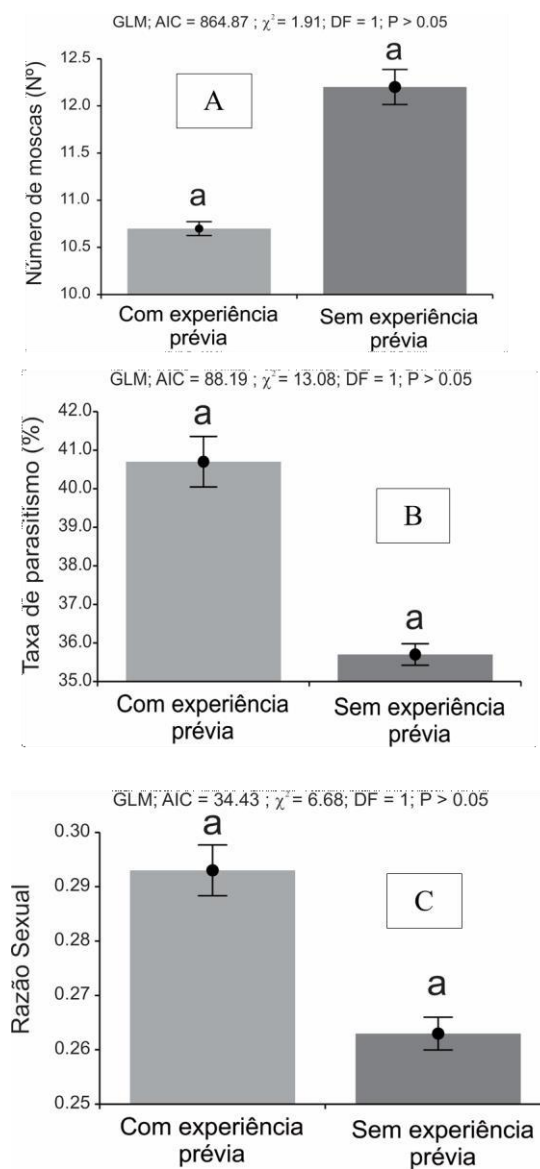


Figura 3.4 - Número de moscas emergidas de *Ceratitis capitata* (A), taxa de parasitismo (%) (B) e razão sexual (C) do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* com e sem experiência prévia. As barras correspondem à média (\pm DP). As barras seguidas pela mesma letra não diferem significativamente $p < 0,05$, de acordo com o teste de Tukey (modelo ajustado: GLM, função de ligação: logit, ajuste do nível de confiança pelo método de Šidák).

O tempo de exposição de 480 minutos (8 h) das larvas de *C. capitata* à fêmea do parasitoide promoveu taxas maiores de parasitismo (acima de 90,0%), independentemente da condição da fêmea (inexperiente ou experiente). Esse resultado indica que ao se permitir mais tempo de contato das fêmeas do parasitoide com as larvas hospedeiras, há maior expressão do parasitismo. Essa observação tem alta relevância, principalmente ao se considerar a produção massal de parasitoides visando à sua liberação para controle de moscas-das-frutas.

Para fêmeas sem experiência prévia de parasitismo, o comportamento da variável razão sexual também foi linear positiva, indicando que o aumento do tempo de exposição leva à oviposição de ovos fecundados, originando fêmeas que são maiores e, provavelmente, mais vigorosas, favorecendo a progênie fêmea da espécie, enquanto os ovos não fecundados foram colocados em larvas de segundo ínstar, que são menores e menos vigorosas, dando origem a machos (OLIVEIRA e outros, 2014). O resultado em relação ao maior tempo de exposição das larvas ao parasitoide ter proporcionado uma maior razão sexual já era esperado, uma vez que, ao deixar as fêmeas do parasitoide confinadas por mais tempo com as larvas hospedeiras, pode ter permitido que as mesmas realizassem a oviposição em larvas já parasitadas (autosuperparasitismo), o que explicaria a alta razão sexual.

A razão sexual foi correlacionada com a intensidade de superparasitismo por Montoya e outros (2011; 2012), cujos autores constataram que a proporção entre machos e fêmeas foi afetada significativamente pela intensidade de parasitismo.

O superparasitismo é comum nessa espécie, apesar da fêmea de *D. longicaudata* exibir capacidade de discriminação de hospedeiros parasitados, ela prefere superparasitar hospedeiros previamente parasitados, embora os efeitos negativos na demografia da progênie ainda não tenham sido relatados

(MONTROYA e outros, 2012). Esse resultado é relevante, considerando que é a fêmea quem realiza a postura, promovendo o controle biológico das moscas-das-frutas. No passado, o superparasitismo foi considerado como uma característica indesejada, atribuída à falha em discriminar um hospedeiro já parasitado. No entanto, atualmente é entendida como uma vantagem adaptativa, na qual a fêmea aumenta as chances de sobrevivência da prole, colocando mais ovos fertilizados dentro do hospedeiro (GONZÁLEZ e outros, 2010). Já Altafini e outros (2013) consideraram que as maiores taxas de superparasitismo observadas foram influenciadas pelo tamanho do hospedeiro, assim em seu trabalho as larvas de *A. fraterculus*, por terem um maior tamanho em comparação com larvas de *C. Capitata* apresentaram maiores taxas de superparasitismo. No entanto, neste trabalho, a hipótese de ocorrência do superparasitismo relacionanda à razão sexual não pode ser confirmada, uma vez que, a intensidade do parasitismo é avaliada por meio da avaliação das cicatrizes de oviposição deixadas pelas fêmeas, característica que não foi avaliada neste estudo.

Os dados obtidos indicam que a experiência em parasitar pelas fêmeas de *D. longicaudata*, durante três horas, adquirida 24 horas antes de se instalar os bioensaios, não foi suficiente para interferir nos resultados, pois as diferenças entre os valores números de moscas, taxa de parasitismo e razão sexual não foram significativas (Figura 4). Uma série de fatores atua no comportamento do parasitoide, podendo este comportamento ser inato ou modificado pela experiência, resultando em aprendizagem (MATTHEWS; MATTHEWS, 2010). No presente trabalho, a experiência de parasitismo não interferiu nas variáveis indicando, provavelmente, que o comportamento de parasitar é inato da fêmea, ou seja, pode ser desencadeado por um sinal sem que haja experiência, o que pode levar a redução de uma etapa na criação massal. Por outro lado, outra hipótese pode ser levantada, a de que ambas as categorias de fêmeas (com e sem experiência prévia de parasitismo) responderam primeiramente aos sinais dos fragmentos da dieta, que era

comum a todas as “unidades de parasitismo”, resultando em taxas de parasitismo semelhantes. Assim, um trabalho que valoriza a importância e necessidade do conhecimento dessas relações tritróficas, tem uma relevante contribuição no incentivo a pesquisas sobre as interações ecológicas e evolutivas entre plantas, herbívoros e inimigos naturais, pois essas interações podem ser de grande importância no desenvolvimento de uma agricultura conservacionista, com controle de insetos pragas menos impactante nos ambientes agrícolas (GONÇALVES, 2015). Ocorre aprendizagem em adultos de *D. longicaudata*, fato que já foi demonstrado para *D. longicaudata*. No entanto, para alguns voláteis, como óleo essencial de baunilha, as fêmeas desse parasitoide conseguem reter o aprendizado a determinados voláteis por até 24 horas (ZADRA e outros, 2018). No presente trabalho, o tempo decorrido entre a experiência e a instalação dos bioensaios foi de 24 horas, o qual pode ter sido longo, não permanecendo o aprendizado de parasitismo nas fêmeas.

De modo geral e, considerando, as criações em pequena escala de *D. longicaudata*, os resultados do presente trabalho indicam que devem ser utilizadas larvas de terceiro ínstar de *C. capitata*, agrupadas em unidades de parasitismo com 20 larvas e expostas às fêmeas parasitoides por 8 horas, podendo-se utilizar apenas uma fêmea do parasitoide por unidade de parasitismo.

4.3 Influência do ínstar larval no parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* em *Anastrepha obliqua*

Não foi observada diferença significativa para taxa de parasitismo. O parasitoide não apresentou preferência em parasitar no segundo e terceiro ínstar, e o número de parasitoides que emergiu foi baixo nos dois tratamentos. Não houve emergência de moscas-das-frutas em nenhum dos tratamentos, o que permite inferir que, mesmo as larvas que não deram

origem a parasitoides, a exposição ao parasitismo pode não ter permitido a emergência das moscas, além da alta porcentagem de pupas inviáveis. Em relação às larvas mortas, foi observada diferença significativa entre os instares larvais. A mortalidade larval foi significativamente superior nas larvas de terceiro ínstar (Tabela 3.10).

Tabela 3.2 - Porcentagem de taxa de parasitismo (TP) e razão sexual (RS), pupas inviáveis (PI), larvas mortas (LM) e moscas emergidas (ME) em segundo e terceiro ínstar larval de *A. obliqua* por *D. longicaudata*. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020

Ínstar larval	TP*	RS*	PI	ME	LM
Segundo ínstar	60a	0,10a	62,00a	0	34,80b
Terceiro ínstar	20a	0,06a	52,00a	0	46,00a
CV (%)	72,24	81,23	18,85	0	24,96
Shapiro Wilk	0,0104	0,000	0,0180	0	0,0150
Bartlett	0,0420	0,0500	0,0410	0	0,0000

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. * Dados transformados em $\log(x+1)$.

4.4 Preferência de parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* por larvas de *Anastrepha obliqua* e *Ceratitis capitata*

O parasitismo de *D. longicaudata* ocorreu apenas em larvas de *C. capitata*, não ocorrendo em larvas de *A. obliqua* (Tabela 3.11). Esses resultados sugerem a preferência do parasitoide por larvas de *C. capitata* e pode estar relacionada ao fato do parasitoide ser criado em larvas desse hospedeiro. Esses resultados sugerem a preferência pelo parasitismo por larvas de *C. capitata*, que pode estar associada ao fato dos parasitoides serem criados em larvas desse mesmo hospedeiro. Resultados semelhantes foram observados por Sá e outros (2018) que, mesmo estudando diferentes linhagens de parasitoides, observaram uma frequência de pupas não parasitadas maior, quando a espécie hospedeira oferecida foi diferente

daquela em que o parasitoide foi criado, sugerindo, assim, a preferência em parasitar a mesma espécie hospedeira na qual foi criada.

Tabela 3.3 - Porcentagem de taxa de parasitismo (TP) e razão sexual (RS), pupas inviáveis (PI), larvas mortas (LM) e moscas emergidas (ME) em larvas de *C. capitata* e *A. obliqua* por *D. longicaudata*. Vitória da Conquista – BA, UESB, 2020

Hospedeiro	TP*	RS*	PI	ME	LM
<i>C. capitata</i>	12,80 a	0,20 a	56,30 a	77,50 a	0,00 b
<i>A. obliqua</i>	0 b	0,00 a	11,50 b	0,00 b	42,70 a
CV (%)	69,10	71,23	35,36	52,19	16,67
Shapiro Wilk	0,0490	0,0470	0,0201	0,0015	0,0235
Bartlett	0,0480	0,0480	0,0041	0,0031	0,0345

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade. * Dados transformados em $\log(x+1)$.

As larvas de *A. obliquam* não foram parasitadas, diferindo de *C. capitata*, que apresentou, no entanto, baixa taxa de parasitismo, comparada aos outros experimentos conduzidos neste capítulo, sugerindo algum tipo de influência das larvas de *A. obliqua* no comportamento do parasitoide, que pode ter diminuído seu parasitismo nas larvas de *C. capitata*. As larvas de *A. obliqua*, utilizadas neste trabalho, foram criadas em frutos de goiaba, portanto, elas apresentam odor e coloração característicos, podendo ter provocado algum tipo de confusão ou repelência nos parasitoides, que foram criados em larvas de *C. capitata* alimentadas com dieta artificial, o que pode ter afetado seu comportamento, dificultando o parasitismo, mesmo nas larvas de *C. capitata*.

Foi observada diferença significativa ao se avaliar a porcentagem de moscas emergidas, pupas inviáveis e larvas mortas. A porcentagem de pupas inviáveis, que foram dissecadas e detectadas como vazias, foi maior para *C. capitata*, enquanto a mortalidade larval foi maior em *A. obliqua*, cerca de 42% das larvas de *A. obliqua* não conseguiram completar o ciclo e chegar na fase de pupa. E quanto às larvas que conseguiram chegar na fase de pupa, em *C. capitata*, pouco mais da metade se mostrou inviável, não dando

origem às moscas ou parasitoides, podendo esse efeito ser devido à exposição ao parasitismo ou até mesmo ao manuseio durante a condução dos experimentos.

Neste trabalho foi observada alta emergência de moscas de *C. capitata*, mesmo expostas ao parasitismo, em contrapartida, não houve emergência de adultos de *A. obliqua*.

5. Conclusões

O parasitoide *D. longicaudata* não apresentou preferência por ínstar larval em *C. capitata*.

A taxa de parasitismo de *D. longicaudata* sobre *C. capitata* não foi afetada pela densidade de larvas.

O parasitismo de *D. longicaudata* sobre *C. capitata* foi afetado pelo tempo de exposição ao parasitismo.

O parasitoide *D. longicaudata* não apresentou preferência por ínstar larval de *A. obliqua*.

6. Referências

- ALCOCK, J. Animal behavior – an evolutionary approach. **Sunderland:** Sinauer Associates, 2005. 624 p.
- ALTAFINI, D. L.; REDAELLI, L. R.; JAHNKE, S. M. Superparasitism of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Florida Entomologist**, v. 96, n. 2, p. 391-395, 2013.
- ALVARENGA, C. D., BRITO, E. S., LOPES, E. N., SILVA, M. A., ALVES, D. A., MATRANGOLO, C. A. R., & ZUCCHI, R. A. Introdução e recuperação do parasitóide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em pomares comerciais de goiaba no norte de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 1, p. 133-136, 2005.
- ARTHUR, A. P. Host acceptance by parasitoids. In: NORDLUND, D. A.; JONES, R. L.; LEWIS, W. J. (Eds.) **Semiochemicals: their role in pest control**. New York: John Wiley & Sons, 1981. p. 97-120.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. arXiv preprint, p.1-51, 2014.
- BOMFIM, Z. V.; CARVALHO, R. D. S.; de CARVALHO, C. A. L. Relações interespecíficas entre parasitoides nativos de moscas-das-frutas e o braconídeo exótico *Diachasmimorpha longicaudata* em frutos de ‘umbucajá’. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 77-82, 2010.
- BURNETT, T. Effects of initial densities and periods of infestation on the growth forms of a host and parasite population. **Canadian Journal of Zoology**, v. 38, n. 6, p. 1063–1077. 1960.
- CABI. **Crop Protection Compendium**. Disponível em: <http://www.cabi.org/cpc/>. 2010. Acesso em: 15 set. 2019.
- CAMARGOS, M. G.; ALVARENGA, C. D.; GIUSTOLIN, T. A.; OLIVEIRA, P. C. D. C.; RABELO, M. M. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em cafezais irrigados no norte de minas gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 28 - 37, jan./mar. 2015.
- CAREY, J.R. **Applied demography for biologists: with special emphasis on insects**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 206 p.

CAPPUCCINO, N. Novel approaches to the study of population dynamics. In: Cappuccino, N, Price PW. (Ed.). **Population dynamics: new approaches and synthesis**. San Diego: Academic press. 1995. p.3-16.

CARVALHO, R. D. S.; NASCIMENTO, A. S. D. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). In: PARRA, J. R. P., e outros (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**. Barueri: Editora Manole, 2002. p.165-179.

CARVALHO, R. S. Diapause in fruit fly parasitoids in the Recôncavo Baiano, Brazil. **Biological Control**. v. 34, n. 4, p. 613-618, 2005.

CARVALHO, R. S.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R. **Metodologia de criação do parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* (Hemiptera: Braconidae)**. Cruz das Almas: EMBRAPA CNPMF, 1998. 16p. (Circular Técnica, 30)

CARVALHO, R.S. **Estudos de laboratório e de campo com o parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil**. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

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

CHEN, W.; HE, Z.; JI, X. L.; TANG, S. T.; HU, H. Y. (2015). Hyperparasitism in a generalist ectoparasitic pupal parasitoid, *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), on its own conspecifics: when the lack of resource lead to cannibalism. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, p. 1-16, 2015.

COLINET, H.; SALIN, C.; BOIVIN, G.; HANCE, T. H. Host age and fitness-related traits in a koinobiont aphid parasitoid. **Ecological Entomology**, London, v. 30, p. 473-479, 2005.

CRUZ, C. G. D.; ALVARENGA, C. D.; OLIVEIRA, P. C. D. C.; CONCEIÇÃO, E. D. R. S.; SANTOS, Z. C. D.; GIUSTOLIN, T. A.; SOUZA, M. D. D. D. C. Density of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) and host *Ceratitis capitata* (Wied) larvae for the increase of parasitoid female production. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, p. 1-6, 2018.

CUSUMANO, A.; PERI E.; S COLAZZA, S. Interspecific competition/facilitation among insect parasitoids **Insect Science**, v. 14, p. 12-16, 2016.

DE PEDRO, L.; BEITIA, F.; FERRARA, F.; ASÍS, J. D.; SABATER-MUÑOZ, B.; TORMOS, J. Effect of host density and location on the percentage parasitism, fertility and induced mortality of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), a parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Crop Protection**. 92, p.160–167, 2017.

DEVESCOVI, F.; BACHMANN, G. E.; NUSSENBAUM, A. L.; VISCARRET, M. M.; CLADERA, J. L.; SEGURA, D. F. Effects of superparasitism on immature and adult stages of *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of entomological research**, v. 107, n. 6, p. 756-767, 2017.

DÍAZ-FLEISCHER, F.; GALVEZ, C.; MONTOYA, P. Oviposition, superparasitism, and eggload in the solitary parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* Hymenoptera: Braconidae: response to host availability. **Annals of the Entomological Society of America**, Oxford, v. 108, n. 3, p. 235-241, 2015.

DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. Tratamentos quarentenários. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: Conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2000. Cap. 15. p. 187-192.

EBEN, A.; BENREY, B.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Host species and host plant effects on performance of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). **Environmental Entomology**, Columbia, v. 29, n. 1, p. 87-94, 2000.

FERNÁNDEZ-ARHEX, V.; CORLEY, J. C. The functional response of parasitoids and its implications for biological control. **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, n. 4, p. 403-413, 2003.

FLETCHER, B. S. Movements of tephritid fruit flies. **Fruit flies: their biology, natural enemies and control**, v. 3, p. 209-219, 1989.

FUJII, K; HOLLING, C. S.; MACE, P. M. A simple generalized model of attack by predators and parasites. **Ecological Research**, Tsukuba, v. 1, n. 2, p. 141-156, 1986.

FU, L.; LI, Z. H.; HUANG, G. S.; WU, X. X.; NI, W. L.; QÜ, W. W. The current and future potential geographic range of West Indian fruit fly,

- Anastrepha obliqua (Diptera: Tephritidae). **Insect science**, v. 21, n. 2, p. 234-244, 2014.
- GARCIA, F. R.; RICALDE, M. P. Augmentative biological control using parasitoids for fruit fly management in Brazil. **Insects**, v. 4, n. 1, p. 55-70, 2013.
- GHIMIRE, M. N.; PHILLIPS, T. W. Mass rearing of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) on larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae): effects of host density, parasitoid density, and rearing containers. **Journal of Stored Products Research**, v. 46, n. 4, p. 214-220, 2010.
- 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.
- GONÇALVES, T. S. Interações ecológicas e evolutivas entre: plantas, herbívoros e seus inimigos naturais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 3, n.3, p.1-9, 2015.
- GONZÁLEZ, P.I.; MONTOYA, P.; PÉREZ-LACHAUD, G.; CANCINO, J.; LIEDO, P. Host discrimination and superparasitism in wild and mass-reared *Diachasmimorpha longicaudata* (Hym.: Braconidae) females. **Biocontrol Science and Technology**, v.20, n.2, p.137-148, 2010.
- GREENBERG, S. M., LEGASPI J. R., B.C., JONES, W.A. Comparison of functional response and mutual interference between two aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal Entomology Science**, v. 36, n. 1, p. 1–8, 2001.
- GUIMARÃES, J. A. Eucoilinae species (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.
- HARBI, A., BEITIA, F., FERRARA, F., CHERMITI, B., & SABATER-MUÑOZ, B. Functional response of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) over *Ceratitidis capitata* (Wiedemann): Influence of temperature, fruit location and host density. **Crop protection**, v. 109, p. 115-122, 2018.

- HARVEY, J. A., PASHALIDOU, F., SOLER, R., & BEZEMER, T. M. Intrinsic competition between two secondary hyperparasitoids results in temporal trophic switch. **Oikos**, v. 120, n. 2, p. 226–233, 2011.
- HARVEY, J. A.; POELMAN, E. H.; TANAKA, T. Intrinsic interand intraspecific competition in parasitoid wasps. **Annual Review of Entomology**, v. 58, 333–351, 2013.
- HASSELL, M. P. **The dynamics of arthropod predator-prey system**. New Jersey: Princeton University Press, 1978, 237p.
- HEGAZI, E.; KHAFAGI, W.; HERZ, A.; KONSTANTOPOULOU, M.; HASSAN, S.; AGAMY, E.; SHWEIL, S. Dispersal and field progeny production of *Trichogramma* species released in an olive orchard in Egypt. **BioControl**, v. 57, n. 4, p. 481-492, 2012.
- HERNANDEZ-ORTIZ, V.; ALUJA, M. Listado del especies del genero neotropical *Anastrepha* CON NOTAS SOBRE SU DISTRIBUCION Y PLANTAS HOSPEDERAS. **Folia Entomol. Mex**, v. 88, p. 89-105, 1993.
- HOLLING, C.S. The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. **The Canadian Entomologist**, v. 91, n. 5, p. 293-320, 1959.
- JERVIS, M.A. **Insects as natural enemies: A practical perspective**. Dordrecht: Springer, 2005, 755 p.
- JONES, W. A.; GREENBERG, S. M.; LEGASPI, J. R. The effect of varying *Bemisia argentifolii* and *Eretmocerus mundus* ratios on parasitism. **Biocontrol**, v. 44, p. 13–28. 1999.
- LEAL, M. R.; AGUIAR-MENEZES, E. D. L.; LIMA FILHO, M. R.; 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.
- LE MOS, L. D. N.; ADAIME, R.; DE JESUS-BARROS, C. R.; DA GLÓRIA DE DEUS, E. New hosts of *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Florida Entomologist**, p. 841-843, 2014.
- LENTH, R.V. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. **Journal of Statistical Software**, v. 69, n.1, p. 1-33. 2016.
- LIQUIDO, N. J.; SHINODA, L.A.; CUNNINGHAM, R.T. **Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae):** na annotated world review. Annapolis, MD: Entomological Society of America, 1991. 52 p.

- LÓPEZ, O. P.; HÉNAUT, Y.; CANCINO, J.; LAMBIN, M.; CRUZ-LÓPEZ, L.; ROJAS, J. C. Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)? **Florida Entomol.** v. 92, p. 441-449. 2009.
- MACKAUER, M.; MICHAUD, J. P.; VÖLKL, W. Host choice by aphidiid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality, and value. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 120, n. 6, p. 959-980, 1996.
- MALACRIDA, A. R.; GOMULSKI, L. M.; BONIZZONI, M.; BERTIN, S.; GASPERI, G.; GUGLIELMINO, C. R. Globalization and fruitfly invasion and expansion: the medfly paradigm. **Genetica**, v. 131, n. 1, p. 1, 2007.
- MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. *In*: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Eds.) **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000, p. 93-98.
- MATTHEWS, R. W.; MATTHEWS, J. R. 2010. **Insect Behavior**. New York, John Wiley & Sons. 514p.
- MEIRELLES, R. N. **Parasitismo de mosca-das-frutas por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em laboratório, semicampo e campo**. 2015. 87f. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2015.
- MEIRELLES, R. N.; REDAELLI, L. R.; OURIQUE, C. B. Comparative biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Anastrepha freterculus* and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae). **The Florida Entomologist**, v. 96, n. 2, p. 412-418, 2013.
- MELO, O.; ENGLER, A.; NAHUEHUAL, L.; COFRE, G.; BARRENA, J. Do sanitary, phytosanitary, and quality-related standards affect international trade? Evidence from Chilean Fruit Exports. **World Development**, v. 54, p. 350-359, 2014.
- MONTOYA, P.; LIEDO, P.; BENREY, B.; BARRERA, J. F.; CANCINO, J.; ALUJA, M. Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.** v. 93, n. 1, p. 47-54. 2000.

- MONTOYA, P.; PÉREZ-LACHAUD, G.; LIEDO, P. Superparasitism in the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) and the implications for mass rearing and Augmentative release. **Insects, Basel**, v. 3, n. 4, p. 900-911, 2012.
- MONTOYA, P.; CANCINO, J.; PÉREZ-LACHAUD, G.; LIEDO, P. Host size, superparasitism and sex ratio in mass-reared *Diachasmimorpha longicaudata*, a fruit fly parasitoid. **Biological Control**, v.56, p.11-17, 2011.
- MONTOYA, P.; LÓPEZ, P.; CRUZ, J.; CADENA, C.; CANCINO, J.; LIEDO, P. Effect of *Diachasmimorpha longicaudata* releases on the native parasitoid guild attacking *Anastrepha* spp. larvae in disturbed zones of Chiapas, Mexico. **BioControl**, v. 62, n. 5, p. 581-593, 2017.
- MONTOYA, P.; GÁLVEZ, C.; DÍAZ-FLEISCHER, F. Host availability affects the interaction between pupal parasitoid *Coptera haywardi* Hymenoptera: Diapriidae and larval-pupal parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* Hymenoptera: **Braconidae. Bulletin of entomological research**, v. 109, n. 1, p. 15-23, 2019.
- MURDOCH, W. W.; BRIGGS, C. J. Theory for biological control: recent developments. **Ecology**, v. 77, n. 7, p. 2001-2013, 1996.
- Murillo, F. D.; Cabrera-Mireles, H. Barrera, J. F.; Liedo, P.; Montoya, P. *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera, Braconidae) a parasitoid of early developmental stages of *Anastrepha obliqua* (Diptera, Tephritidae). **Journal of Hymenoptera Research**, v. 46, p. 91-105, 2015.
- NAKAGAWA, S.; SCHIELZETH, H. A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. **Methods in Ecology and Evolution**, v.4, p.133-142, 2013.
- NICOL, C. M. Y.; MACKAUER, M. The scaling of body size and mass in a hostparasitoid association: influence of host species and stage. **Entomologia Experimentalis et Applicata, Dordrecht**, v. 90, p. 83-92, 1999.
- NIKBIN, R.; SAHRAGARD, A.; HOSSEINI, M. Age-specific functional response of *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing different egg densities of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 16, n. 6, p. 1205-1216, 2014.
- OLIVEIRA, K. M.; LUCCHESI, G. Controle sanitário de agrotóxicos no Brasil: o caso do metamidofós. **Tempus Actas de Saúde Coletiva**, v. 7, n. 1, p. 211-224, 2013.

Oliveira, P. C. D. 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. 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**, v. 94, n. 2, p. 195-200, 2011.

PAPAJ, D. R.; LEWIS, A. C. **Insect learning – ecological and evolutionary perspectives**. New York: Chapman & Hall, 1993. 416 p.

PARANHOS, B. J.; NAVA, D. E.; MALAVASI, A. Biological control of fruit flies in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e-26037, 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.

R Development Core Team. R: 2019. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org>.

ROHR, R. A.; JAHNKE, S. M.; REDAELLI, L. R. (2019). Does *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) have a preferential instar to parasitize Tephritidae (Diptera)? **Iheringia. Série Zoologia**, 109. p.1-7. 2019.

RUIZ, M. J.; JUAREZ, M. L.; ALZOGARAY, R. A.; ARRIGHI, F.; ARROYO, L.; GASTAMINZA, G.; VERA, T. Toxic effect of citrus peel constituents on *Anastrepha fraterculus* Wiedemann and *Ceratitis capitata* Wiedemann immature stages. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 62, n. 41, p. 10084-10091, 2014.

SCHUTZE, I. X.; BARONIO, C. A.; BALDIN, M. M.; LOEK, A. E.; BOTTON, M. Toxicity and residual effects of toxic baits with spinosyns on the South American fruit fly. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 53, n. 2, p. 144-151, 2018.

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. **Entomology**, Exp. Appl. 143, p. 164–176. 2012.

SILVA, J. G.; SILVA, J. G.; DUTRA, V. S. SANTOS, M. S.; SILVA, N. M.; VIDAL, D. B.; NINK, R. 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**, v. 39, n. 5, p. 1457-1465, 2010.

SIME, K.; SIME, K. R.; DAANE, K. M.; NADEL, H.; FUNK, C. S.; MESSING, R. H.; ANDREWS J. R, J. W.; PICKETT, C. H. *Diachasmimorpha longicaudata* and *Diachasmimorpha kraussii* (Hymenoptera: Braconidae), potential parasitoids of the olive fruit fly. **Biocontrol Science Techn.** v. 16, n. 2, p. 169–179. 2006.

SIVINKI, J. SIVINSKI, J. M.; CALKINS, C. O.; BARANOWSKI, R.; HARRIS, D.; BRAMBILA, J.; DIAZ, J.; DODSON, G. Suppression of a Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (loew) (Diptera: Tephritidae) population through augmentative release of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, Lexington, v. 56, p. 177-185, 1996.

SIVINSKI, J.; VULINEC, K.; ALUJA, M. Ovipositor length in a guild of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) attacking *Anastrepha* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae) in southern Mexico. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, n. 6, p. 886-895, 2001.

SOLOMON, M. E. The natural control of animal populations. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 18, p. 1-35, 1949.

UCHÔA, M. A. Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control. **Integrated Pest Management and Pest Control: Current and Future Tactics. InTech, Rijeka, Croatia**, p. 271-300, 2012.

VAYSSIÈRES, J. F.; CAYOL, J. P.; CAPLONG, P.; SÉGURET, J.; MIDGARDEN, D.; VAN SAUERS-MULLER, A.; MALAVASI, A. Diversity of fruit fly (Diptera: Tephritidae) species in French Guiana: their main host plants and associated parasitoids during the period 1994–2003 and prospects for management. **Fruits**, v. 68, n. 3, p. 219-243, 2013.

WHARTON, R. A.; YODER, M. J. **Parasitoids of Fruit-Infesting Tephritidae**. 2015. Disponível em: <http://paroffit.org/public/site/paroffit/home>. Acesso em: 13 jan. 2020.

WHARTON, R.A.; GILSTRAP, F.E. Key to and status of opiine braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis* and *Dacus*

s. l. (Diptera: Tephritidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.76, p.721-742, 1983.

XIAO, Y.; TANG, S. The effect of initial density and parasitoid intergenerational survival rate on classical biological control. **Chaos, Solitons & Fractals**, v. 37, n. 4, p. 1048-1058, 2008.

YUVAL, B.; HENDRICHS, J. Behavior of flies in the genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratidini), p 429–457. **Fruit flies Tephritidae: phylogeny and evolution of behaviour**. CRC Press, Boca Raton, FL, 1999.

ZADRA, W. C.; SANT'ANA, J.; RADAELLI, L. R.; TOGNON, R. Plasticidade da aprendizagem de *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) associada a voláteis de frutos e óleos essenciais. **Iheringia: Série Zoológica**, 108, e2018026, 2018.

ZUCCHI, R. A. Fruit flies in Brazil-*Anastrepha* species their host plants and parasitoids. Available in: www.lea.esalq.usp.br/Anastrepha/, updated on March, v. 11, p. 2015, 2008. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/Anastrepha. Acesso em: 18 jan. 2020.

ZUCCHI, R. A.; MORAES, R. C. B. Fruit flies in Brazil. **São Paulo: Univ. São Paulo**, 2008.

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