

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

**MAYLEN GÓMEZ PACHECO**

**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**

**Piracicaba**

**2016**



**MAYLEN GÓMEZ PACHECO**

**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**

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

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

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

**Piracicaba**

**2016**

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

Gómez Pacheco, Maylen

Bioecologia e tratamento quarentenário de *Ceratitís capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) com raios X em uvas de mesa do Submédio do Vale do São Francisco / Maylen Gómez-Pacheco; orientador Júlio Marcos Melges Walder. - - Piracicaba, 2016.

150 p.: il.

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

1. Ecologia aplicada 2. Entomologia agrícola 3. Irradiação de alimentos 4. Manejo integrado 5. Mosca-das-frutas 6. Radiação ionizante 7. Uva I. Título

CDU (595.773.4 : 634.85) 632.935.4

## ***Dedico***

Aos meus pais Jorge (*in memoriam*) e Sonia, pela inspiração e por fazerem parte deste sonho. Amo muito vocês!

Ao meu amado esposo, Jesus Luis, pelo amor incondicional. Muitíssimo obrigada por compartilhar toda essa trajetória ao meu lado!



## AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ, e aos Professores da Pós-graduação por esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Júlio Marcos Melges Walder, pela aprendizagem, conselhos transmitidos e confiança depositada, ao longo desta jornada. Obrigada pela oportunidade!

À Secretaria de Pós-graduação do CENA, pela disponibilidade e atenção de sempre!

Ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro.

À Biofábrica Moscamed Brasil por todo o suporte e infraestrutura cedida que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Diretor Presidente da Biofábrica Moscamed Brasil, Dr. Jair Virgínio, pelas contribuições técnicas, apoio e experiências compartilhadas durante a realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Aldo Malavasi, pela idealização da pesquisa e incentivo na minha trajetória profissional. Sou muito grata a você!

À pesquisadora Dra. Beatriz Paranhos pela amizade, conhecimentos compartilhados, incentivo e apoio inestimável na minha jornada profissional. Serei imensamente grata a você!

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Helen Khoury e ao Dr. Kishor Mehta pela disponibilidade e assessoria técnica-científica sobre o sistema de dosimetria biológica utilizado. Muito obrigada pelos conhecimentos compartilhados!

Ao pesquisador Dr. Carlos Gava pela generosidade, paciência, ensinamentos profissionais e orientação na execução das análises estatísticas.

Ao pesquisador Dr. Antônio Nascimento pelo profissionalismo, incentivo e por sempre transmitir-me serenidade com suas palavras.

Ao Dr. Rui Pereira pelos conselhos profissionais e troca de ideias na discussão de metodologias.

Aos pesquisadores da Embrapa Semiárido, representados especialmente por Dra. Maria Auxiliadora, Dra. Aline Camarão e Dra. Ana Cecília. Muito obrigada pelo auxílio e orientação na realização das análises físico-químicas e sensoriais. Também ao Msc. Raimundo Parente pelas dicas na execução de análises estatísticas.

À Carla Raquel, pela amizade, companheirismo, paciência e apoio nos momentos difíceis enfrentados longe da família.

À Rê Morelli, pela linda amizade construída e por abrir as portas de seu lar para me acolher com carinho durante minha permanência em Piracicaba.

Aos meus queridos colegas da Moscamed, Aline, Gessyca, João Luiz, Nilton e Meire que contribuíram diretamente para execução e realização desse trabalho. Muito obrigada por estarem sempre dispostos a contribuir!

A todos os funcionários da Biofábrica Moscamed Brasil pelo apoio, convivência e amizade construída ao longo desta caminhada. Especialmente minha mais sincera gratidão a Marijke, Luiza, Dona Sandra, Fabrício, Erivaldo, Michelle, Valença, Ana e Taís que estavam sempre à disposição para contribuir quando solicitados.

À bibliotecária Marília R.G. Henyei pela revisão das referências, formatação do trabalho e pela paciência.

À Lia Maria, Neivaldo e Luis Anselmo, pelo companheirismo, carinho e amizade durante a minha jornada no doutorado.

Aos colegas e amigos do curso de doutorado pelo companheirismo, amizade e experiências compartilhadas durante esta etapa.

À minha família pelo amor recebido e pela compreensão nos momentos de ausência. Simplesmente amo vocês!!!

Enfim, meus mais sinceros agradecimentos à todos aqueles que me apoiaram e que torceram para que este sonho fosse concretizado.

Muito Obrigada!

**“A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original”**

**Albert Einstein**



## RESUMO

GÓMEZ, M. P. **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. 150 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

O Submédio do Vale do São Francisco (VSF), que compreende parte dos estados da Bahia e de Pernambuco, é considerado atualmente o principal polo de produção de uvas frescas para exportação do Brasil. Entre as principais pragas que afetam essa cultura na região destaca-se a mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata*, conhecida como moscamed ou mosca-do-mediterrâneo. Para a viticultura do VSF, populações elevadas de *C. capitata* representam o principal problema quarentenário para as exportações de uvas *in natura*, e tratamento quarentenário a frio, na pós-colheita, é obrigatório para uvas que se destinam aos Estados Unidos, Japão e Mercosul, onerando o custo final de produção. Visando aperfeiçoar as estratégias de manejo de *C. capitata* nessa cultura, o presente trabalho teve como objetivos estudar a biologia e comportamento desse inseto em cultivares de uvas de mesa produzidas no VSF, assim como avaliar o uso da radiação X como tratamento pós-colheita de cachos de uvas. Dados de estudos de preferência de oviposição e biologia de *C. capitata* em quatro cultivares de uvas de mesa, duas vermelhas ('Benitaka' com semente e 'Crimson' sem semente) e duas brancas ('Itália' com semente e 'Festival' sem semente) mostraram que esse inseto manifesta preferência de oviposição por bagas de cultivares vermelhas (Benitaka e Crimson), em condições de livre escolha. A cultivar de uva utilizada pelas larvas de *C. capitata* como alimento influenciou no desenvolvimento e sobrevivência dos estágios imaturos biológico, bem como no comportamento reprodutivo, longevidade e parâmetros demográficos das coortes de *C. capitata* recuperadas. Os valores estimados de  $R_0$ ,  $r_m$  e  $\lambda$  para coortes estudadas reafirmam que *C. capitata* se caracteriza por ser uma espécie com um alto potencial de crescimento e que as cultivares avaliadas constituem hospedeiros favoráveis à multiplicação desse inseto. Além disso, os resultados obtidos mostraram que *C. capitata* manifesta preferência de oviposição em cachos de uva Itália com maturação fisiológica mais avançada, em condições de escolha. No entanto, as fêmeas podem iniciar o ataque nas bagas, em parreirais desta variedade, aos 60 dias após a poda das plantas, quando os frutos ainda apresentam características físico-químicas desfavoráveis para a oviposição e desenvolvimento das fases imaturas, tais como: elevada firmeza e acidez e baixo teor de SST. As doses letais,  $DL_{99,9968}$ , para inibir a emergência de adultos, quando aplicadas sobre ovos de 48h e larvas jovens ( $L_1$ ) infestando bagas de uvas Itália, foram estimadas em 12,08 e 20,44 Gy, respectivamente. Parâmetros químicos e sensoriais não foram afetados pela exposição das uvas às diferentes doses de raios X testadas, após 72h de armazenamento. Os conhecimentos biológicos, comportamentais e demográficos obtidos na presente pesquisa contribuirão ao aperfeiçoamento das estratégias de manejo de *C. capitata* nesta cultura, nas condições do VSF.

Palavras-chave: Mosca-do-mediterrâneo. Desenvolvimento. Demografia. Raios X. Tratamento quarentenário. *Vitis vinifera*.



## ABSTRACT

GÓMEZ, M. P. **Bioecology and quarantine treatment of *Ceratitis capitata* (Wiedemann 1824) (Diptera: Tephritidae), with x-rays on table grapes in the São Francisco Valley.** 2016. 150 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

The Lower Basin of the San Francisco Valley (VSF), which includes part of the states of Bahia and Pernambuco, is currently considered the major exporter and producer of table grapes in Brazil. *Ceratitis capitata*, also known as Moscard or Mediterranean fly is among the main pests affecting fruit crops in the region. For the viticulture of the VSF, high populations of *C. capitata* are considered the main quarantine problem for exports of fresh table grapes, and for that reason post-harvest quarantine cold treatment is compulsory for grapes aimed to markets like the United States, Japan and Mercosur, adding additional charges to the final production cost. In order to improve the management strategies against *C. capitata* in this crop, this research aimed to study the biology and behavior of this insect in some table grape varieties grown in the VSF, as well as evaluate the use of Xrays as post-harvest treatment in table grape bunches. Studies on *C. capitata* oviposition preference and biology in four varieties of table grapes, two red ('Benitaka' seeded and 'Crimson' seedless) and two white ('Itália' seeded and 'Festival' seedless) showed that this insect expresses an oviposition preference for berries on red cultivars (Benitaka and Crimson), under free choice conditions. The table grape cultivar used for medfly larvae as food also influenced the development and survival of biologically immature stages as well as on reproductive performance, longevity and demographic parameters of *C. capitata* cohorts originating from the studied table grape varieties studied. The estimated values of  $R_0$ ,  $r_m$  and  $\lambda$  for the studied cohorts reaffirm that *C. capitata* is characterized by being a specie with a high growth potential and that the cultivars used in this research are favorable hosts for the multiplication of this insect. In addition, the results showed that *C. capitata* under choice conditions has clear preference of oviposition in 'Itália' bunches in advanced physiological maturity. However, females can start attacking berries of this variety in vineyards, only 60 days after pruning, when the fruits still have unfavorable physicochemical characteristics for oviposition and immature stages development, such as high firmness and acidity and low in SST. The lethal dose,  $DL_{99,9968}$  to inhibit the emergence of adults when applied on 48 hours eggs and young larvae ( $L_1$ ) infesting 'Itália' grape berries were estimated at 12,08 and 20,44 Gy, respectively. Chemical and sensory parameters were not affected by the exposure of table grapes to the different X-ray doses tested after 72 hours of storage. Biological, behavioral and demographic knowledge obtained in this study will contribute to the improvement of *C. capitata* management strategies in this crop under the VSF conditions.

Keywords: Medfly. Development. Demography. X-rays. Quarantine treatment. *Vitis vinifera*.



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	17
REFERÊNCIAS .....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	21
2.1 Moscas-das-frutas .....	21
2.2 Origem, biogeografia e distribuição de <i>Ceratitis capitata</i> .....	21
2.3 Aspectos morfológicos, biológicos e comportamentais de <i>C. capitata</i> .....	22
2.4 Irradiação de frutos: Tratamento quarentenário pós-colheita para o controle de <i>C. capitata</i> .....	26
2.5 Importância de <i>C. capitata</i> no contexto da Viticultura no Vale do São Francisco	30
REFERÊNCIAS .....	32
3 Preferência de <i>Ceratitis capitata</i> (Diptera: Tephritidae) por cultivares de uva de mesa ( <i>Vitis vinifera</i> L.) produzidas na região do Vale do São Francisco: biologia e análise demográfica .....	40
3.1 Introdução .....	42
3.2 Material e Métodos .....	44
3.2.1 Local de estudo .....	44
3.2.2 Origem e criação dos insetos .....	45
3.2.3 Frutos .....	45
3.2.4 Preferência de oviposição de <i>C. capitata</i> em cultivares de uva de mesa em condições de escolha .....	46
3.2.5 Biologia de <i>C. capitata</i> em cultivares de uva de mesa .....	48
3.2.5.1 Parâmetros físico-químicos de bagas de uvas de mesa .....	48
3.2.5.2 Origem das fases imaturas de <i>C. capitata</i> utilizadas no estudo de biologia ..	48
3.2.5.3 Desenvolvimento embrionário de <i>C. capitata</i> .....	49
3.2.5.4 Desenvolvimento pós-embrionário de <i>C. capitata</i> e sobrevivência de estágios imaturos em uva .....	50
3.2.5.5 Fase adulta: períodos pré e oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de adultos de <i>C. capitata</i> criados nas diferentes cultivares de uvas de mesa .....	52
3.2.5.6 Parâmetros demográficos de populações de <i>C. capitata</i> provenientes de diferentes cultivares de uva .....	53
3.2.6 Análise estatística .....	53
3.3 Resultados .....	54
3.3.1 Preferência de oviposição de <i>C. capitata</i> em cultivares de uva de mesa em condições de livre escolha .....	54
3.3.2 Biologia de <i>C. capitata</i> em cultivares de uva de mesa .....	59
3.3.2.1 Parâmetros físico-químicos de bagas de uvas de mesa .....	59

3.3.2.2 Desenvolvimento embrionário de <i>C. capitata</i> .....	60
3.3.2.3 Desenvolvimento pós-embrionário de <i>C. capitata</i> e sobrevivência de estágios imaturos em uva .....	60
3.3.2.4 Fase adulta: períodos de pré-oviposição, oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de adultos de <i>C. capitata</i> criados nas diferentes cultivares de uva de mesa .....	66
3.3.2.5 Parâmetros demográficos de populações de <i>C. capitata</i> provenientes de diferentes cultivares de uva .....	74
3.4 Discussão .....	75
3.5 Conclusões .....	82
Referências.....	83
4 Preferência de oviposição de <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann, 1824) (Diptera:Tephritidae) em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uva 'Itália'.....	89
4.1 Introdução.....	91
4.2 Material e Métodos .....	93
4.2.1 Local de estudo.....	93
4.2.2 Cultivar de uva.....	93
4.2.3 Origem e criação dos insetos .....	94
4.2.4 Experimento de livre escolha para estudos de preferência de oviposição por <i>C. capitata</i> em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uva Itália .....	95
4.2.5 Desenvolvimento de <i>C. capitata</i> em bagas de uva Itália em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico .....	97
4.2.6 Análise estatística.....	98
4.3 Resultados.....	99
4.3.1. Experimento de livre escolha para estudos de preferência de oviposição por <i>C. capitata</i> em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uva Itália .....	99
4.3.2 Desenvolvimento de <i>C. capitata</i> em bagas de uva Itália com diferentes fases de desenvolvimento fisiológico .....	103
4.4 Discussão .....	106
4.5 Conclusões .....	112
Referências.....	112
5 Irradiação de uvas pós-colheita para o controle da mosca-do-mediterrâneo <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann, 1824) (Diptera:Tephritidae).....	118
5.1 Introdução.....	120
5.2 Material e Métodos .....	122
5.2.1 Local de estudo.....	122
5.2.2 Origem e criação dos insetos .....	122
5.2.3 Frutos.....	123

5.2.4 Determinação da dose quarentenária de radiação X para o controle de estágios imaturos de <i>C. capitata</i> em uvas.....	124
5.2.4.1 Leitura dos dosímetros .....	127
5.2.5 Efeito da irradiação em parâmetros químicos e sensoriais de bagas de uvas de mesa .....	127
5.2.5.1 Avaliação química de bagas irradiadas .....	128
5.2.5.1 Avaliação sensorial.....	128
5.6 Análise estatística .....	130
5.3 Resultados .....	130
5.3.1 Determinação da dose quarentenária de radiação X para o controle de estágios imaturos de <i>C. capitata</i> em uva Itália.....	130
5.3.2 Efeito da irradiação nos parâmetros químicos e sensoriais de bagas de uvas Itália.....	138
5.4 Discussão.....	142
5.5 Conclusões.....	147
Referências .....	147



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um grande potencial no segmento do agronegócio principalmente no que se refere à exportação de frutas frescas. A extensão territorial, as condições geográficas e climáticas, tem contribuído para que a fruticultura brasileira seja considerada um dos principais setores da economia agrícola. É possível encontrar áreas com diferentes climas e ecossistemas, que vão desde o semiárido até climas temperados, peculiaridade que possibilita a produção de variadas espécies de fruteiras, em diversas épocas do ano, uma vantagem em relação a outros países produtores de frutas (CARVALHO; MIRANDA, 2009).

Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo com, aproximadamente, 41 milhões de toneladas de frutas produzidas anualmente. Entre as principais commodities exportadas do agronegócio frutícola brasileiro encontram-se as uvas finas de mesa. A viticultura brasileira ocupa, atualmente, uma área plantada de aproximadamente 81 mil hectares, com vinhedos desde o extremo Sul do país até regiões próximas à linha do equador. Há duas regiões que merecem destaque do ponto de vista econômico: o Rio Grande do Sul contribuindo, em média, com 777 milhões de quilos de uva por ano, e o polo de fruticultura irrigada Petrolina-Juazeiro, localizado no Submédio do Vale do São Francisco - VSF (BRASIL, 2016a), responsável na última década por cerca de 99% das exportações de uvas finas de mesa de todo o Brasil (BRASIL, 2016b). Em 2015 a área plantada com essa cultura, segundo dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016) foi de 8.523 hectares, sendo produzidas aproximadamente 34.385 toneladas de uvas, o que representou US\$ 72.212.951 milhões na pauta de exportações do país (BRASIL, 2016b).

O VSF apresenta grandes vantagens comparativas para a produção de uvas de mesa com respeito a outras regiões produtoras. Atualmente é considerada a única região do mundo capaz de produzir uvas o ano todo. As características edafoclimáticas assim como as técnicas de irrigação utilizadas permitem o escalonamento da produção e a possibilidade de escolha do período de colheita (OLIVEIRA, 2011). Através da realização de podas programadas e manejo da irrigação, o ciclo de produção nessa região oscila em torno de 120 dias, permitindo a obtenção de até duas safras e meia por ano, com produtividades da ordem

de 30 toneladas/ha/ano, rendimentos superiores aos obtidos nas demais regiões brasileiras (SILVA; COELHO, 2004; SOUZA LEÃO, 2004). Em termos de agronegócio, o fato do VSF poder comercializar sua produção vitícola durante todo o ano possibilita melhores oportunidades de preços, permitindo ocupar janelas deixadas por outras regiões do mundo, que são produtoras concorrentes.

Entre outras características típicas dessa região que facilitam o desenvolvimento da cultura da uva também tem sido apontados: baixa incidência de doenças, proximidade dos mercados e portos, abundância de mão-de-obra e disponibilidade de água. Todas estas características em conjunto, fazem do VSF uma região peculiar para o cultivo das videiras no Brasil, possuindo hoje um selo de indicação geográfica para uvas de mesa. Este registro constitui a primeira indicação do país de frutas in natura, o que representa um atrativo maior na comercialização de fruteiras (SILVA; COELHO, 2004). Além disso, do ponto de vista social, a cultura da videira se destaca entre as culturas irrigadas da região, como a que apresenta o maior coeficiente de geração de empregos diretos e indiretos, chegando a gerar até cinco empregos por hectare.ano<sup>-1</sup> (SILVA; COELHO, 2004).

Dentre os maiores obstáculos para a produção e a livre comercialização das uvas *in natura* produzidas no VSF, está a presença da mosca-das-frutas *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), conhecida como moscamed ou mosca-do-mediterrâneo (PARANHOS et al., 2008). Os primeiros registros de ocorrência de *C. capitata* nessa cultura foram entre 2003-2005, mas o nível de infestação inicialmente detectado foi baixo (CARVALHO, 2003; BOTTON et al., 2005). No entanto, dados de monitoramento de moscas-das-frutas dos últimos anos comprovam a explosão populacional deste tefritídeo em pomares de uvas de mesa, bem como seu estabelecimento na cultura (BIOFABRICA MOSCAMED BRASIL - BMB, 2016).

Para a viticultura do VSF, a presença de populações de *C. capitata* nos parreirais representa um problema em termos de exportação de uvas *in natura* para determinados mercados, pois, além dos danos diretos que esse inseto causa nos frutos, o dano indireto tem um impacto maior e está relacionado com os custos das medidas regulatórias exigidas para comercialização de frutas frescas em países onde a praga é considerada de importância quarentenária (DUARTE; MALAVASI, 2000; PARANHOS et al., 2008).

Com estes acontecimentos e levando-se em consideração que existem poucas informações sobre a biologia e comportamento de *C. capitata* em cultivares de uvas de mesa produzidas no VSF, assim como o uso da radiação X para tratamento pós-colheita de cachos de uvas, é de extrema importância realizar estudos para caracterizar as diferentes cultivares como hospedeiro de *C. capitata*, bem como definir a radiosensibilidade e as doses de radiação ionizante (raios X) que devem ser usadas para o controle fitossanitário dessa fruta para a exportação.

## Referências

BIOFABRICA MOSCAMED BRASIL - BMB. **Banco de dados em Monitor XYZtemas**. Juazeiro, 2016. Disponível em: <[http://xxxconn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao\\_usuario.jsp](http://xxxconn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao_usuario.jsp)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BOTTON, M.; HAJI, F.N.P.; HICKEL, E.R.; SORIA, S.J. Cachos arruinados. A ação de pragas-insetos nos frutos da videira comprometem a produção in natura e de vinho. Conheça as estratégias de controle. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 6, n. 34, p. 1-6, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA. **Uva**. Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Secretaria de Comercio Exterior - SECEX. **Estatísticas brasileiras de exportações e importações**. Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.

CARVALHO, R.S. **Estudo de laboratório e de campo com o parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil**. 2003. 183 p. Tese (Doutorado em Biologia Genética) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CARVALHO, J.M.; MIRANDA, D.L. **Exportações brasileiras de frutas: um panorama atual**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SOBER, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/1300.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 set. 2016.

OLIVEIRA, F.A.F. Produção, área colhida e efetivo de uva no nordeste. **Informe Rural ETENE**, Fortaleza, v. 5, n. 5, p. 1-6, 2011. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/18544047-Producao-area-colhida-e-efetivo-de-uva-no-nordeste.html>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

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

SILVA, P.C.G.; COELHO, R.C. Caracterização social e econômica da cultura da videira. In: SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Moscas-das-frutas

As moscas-das-frutas são consideradas as pragas de maior importância econômica para a fruticultura mundial. A importância desses insetos está relacionada aos danos que ocasionam de forma direta nos frutos, assim como aos elevados custos necessários para o controle. Além disso, esses tefritídeos causam danos indiretos de maior impacto, que estão relacionados às restrições fitossanitárias impostas para comercializar frutas frescas em países onde essas pragas são consideradas de importância quarentenária (DUARTE; MALAVASI, 2000; GODOY; PACHECO; MALAVASI, 2011).

As moscas-das-frutas pertencem à ordem Diptera, subordem Brachycera, série Schizophora, seção Acalyptata, família Tephritidae. Essa família está constituída aproximadamente por 4448 espécies distribuídas em 484 gêneros (NORRBOM, 2004). A maioria das espécies de importância econômica pertence à subfamília Trypetinae e se agrupam nos gêneros: *Anastrepha* Schiner (1868), *Toxotrypana* Gerstaecker (1860), *Bactrocera* Macquart (1835), *Rhagoletis* Loew (1862), e *Ceratitis* MacLeay (1829) (ZUCCHI, 2000). Esse último gênero agrupa a espécie mais cosmopolita e invasora dentre todos os tefritídeos, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), conhecida também como mosca-do-mediterrâneo ou moscamed (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000; PARANHOS et al., 2008).

### 2.2 Origem, biogeografia e distribuição de *Ceratitis capitata*

O gênero *Ceratitis*, é nativo da África Equatorial e está representado por 70 espécies com distribuição restrita ao continente Africano (HERNANDEZ-ORTIZ; GUILLÉN-AGUILAR; LÓPEZ, 2010), com exceção de *C. capitata*, que tem sido amplamente disseminada pelo homem através do trânsito de material infestado. A plasticidade ecológica e evolutiva dessa espécie possibilitou sua colonização e adaptação a novos ambientes, estando presente hoje em quase todas as regiões tropicais do planeta (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000; HERNANDEZ-ORTIZ; GUILLÉN-AGUILAR; LÓPEZ, 2010). Atualmente *C. capitata* ocorre desde

África equatorial até a região do Mediterrâneo, Sul da África e da Europa, Austrália, Oriente Médio, Havaí, América Central e do Sul, dentre outros (TORRES-RIVEIRA; HALLMAN, 2007). Segundo Malavasi, Zucchi e Sugayama (2000), *C. capitata* está ausente apenas em regiões muito frias ou em locais onde são executados programas de detecção e erradicação de forma eficiente, que impedem o estabelecimento bem sucedido dessa praga.

No Brasil, a presença de *C. capitata* foi detectada pela primeira vez no início do século XX (IHERING<sup>1</sup>, 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 et al., 2009).

### 2.3 Aspectos morfológicos, biológicos e comportamentais de *C. capitata*

*C. capitata*, é um inseto holometábolo, ou seja, com metamorfose completa e em seu ciclo de vida passa por quatro estágios de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto (ALUJA, 1993). Os ovos dessa espécie são alongados, com aproximadamente 1 mm de comprimento, ligeiramente curvos e de cor branca. A larva é ápoda, de cor branco-amarelada, afilada na parte anterior e truncada e arredondada na posterior, tendo o hábito de dobrar o corpo e saltar para deixar o seu meio antes de se transformar em pupa. A pupa tem formato de barril, mede aproximadamente 5 mm de comprimento e é de coloração marrom escuro. O adulto mede entre 4 a 5 mm de comprimento com 10 a 12 mm de envergadura. O corpo é de coloração predominantemente amarelo escuro, olhos castanho-violáceos, tórax de cor preto brilhante na parte dorsal com desenhos simétricos brancos. O abdômen é de cor amarela com duas faixas transversais acinzentadas coberto de cerdas, predominantemente pretas. As asas são curtas e largas, transparentes, com listras amarelas e com duas faixas transversais (ALUJA, 1993; ZUCCHI, 2000; GALLO et al., 2002). Essa espécie apresenta dimorfismo sexual, sendo que no caso da fêmea os últimos segmentos do abdômen estão adaptados para oviposição.

---

<sup>1</sup> IHERING, H. V. Laranjas bichadas. **Revista Agrícola**, São Paulo, v.70, p.179-181, 1901.

No entanto, o macho apresenta cerda orbital anterior proclinada e expandida no ápice (ZUCCHI, 2001).

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). Posteriormente, os insetos iniciam o voo na procura por água e alimentos ricos em carboidratos e proteínas, nutrientes necessários para o desenvolvimento, maturação sexual, sucesso reprodutivo e sobrevivência dos adultos (ALUJA, 1993; YUVAL et al., 1998; SHELLY; McINNIS; 2003; SILVA-NETO; DIAS; JOACHIM-BRAVO, 2009; JOACHIM-BRAVO; ANJOS; COSTA, 2009). Na natureza essas fontes de alimento são encontradas basicamente em: fezes de pássaros, pólen, néctar, seiva, exsudatos de frutos, secreções de folhas e insetos, entre outros (PROKOPY; ROIBERTG, 1984; ALUJA, 1993).

A estratégia de acasalamento em *C. capitata* é complexa e está baseada na formação de um aglomerado de machos conhecido como *lek* poligínico (ARREDONDO; DÍAZ-FLEISCHER; PÉREZ-SATAPLES, 2010). Para a atração das fêmeas, os machos formam esses agregados (*leks*) normalmente na face inferior das folhas da planta, que pode ser ou não a planta hospedeira (PROKOPY; HENDRICH, 1979; CAYOL et al., 1999). Após a formação do *lek*, os machos exibem um comportamento bem elaborado para chamar a fêmea, com emissão de sinais acústicos, visuais e táteis (vibração das asas e movimentos da cabeça), simultaneamente à liberação do feromônio sexual através da eversão da glândula anal. Finalmente, a fêmea receptiva é atraída para esse local, interagindo com vários machos do *lek* antes da escolha final do parceiro para cópula (BRICEÑO; RAMOS; EBERHARD, 1996; BRICEÑO; EBERHARD, 2002). O comportamento de recópula não é um fato desconhecido para essa espécie de mosca-das-frutas (KRAAIJEVELD et al., 2004; MORELLI et al., 2013). A receptividade de um novo acasalamento por parte da fêmea está relacionada com vários fatores. Dentre eles, têm sido mencionados fatores como: status reprodutivo, idade e estado nutricional do macho, a duração da primeira cópula, mecanismos regulatórios pós-cópula da fêmea, dentre outros (TAYLOR; KASPI; YUVAL, 2000; KASPI; TAYLOR; YUVAL, 2000;

SILVA-NETO; DIAS; JOACHIM-BRAVO, 2009; RORIZ; JOACHIM-BRAVO, 2013; SANTANA; JOACHIM-BRAVO, 2014).

Após a cópula bem sucedida, a fêmea grávida inicia a busca por frutos hospedeiros adequados para depositar seus ovos. Para insetos holometábolos como *C. capitata*, considerando a pouca mobilidade das larvas, a seleção do substrato de oviposição é de extrema importância, sendo considerada uma etapa crítica do ciclo de vida (FLECHER; PROKOPY, 1991). Assim, o sucesso reprodutivo da espécie está estreitamente relacionado com a habilidade das fêmeas em localizar e ovipositar em um hospedeiro apropriado, que permita o desenvolvimento bem sucedido da prole. No entanto, a discriminação e seleção do hospedeiro adequado pelas fêmeas de *C. capitata* é um comportamento imprevisível. De fato, é conhecido que esse tefritídeo infesta outras plantas quando seus hospedeiros primários não estão disponíveis (FLETCHER; PROKOPY, 1991; ALUJA; MANGAN, 2008). A localização e a aceitação do fruto hospedeiro por *C. capitata* tem sido um tema amplamente estudado ao longo do tempo, sendo comprovado que estímulos visuais (cor, tamanho, forma e aparência dos frutos) e estímulos químicos (semioquímicos produzidos e liberados pela planta, marcação com feromônios, entre outros) constituem sinais que determinam a seleção do substrato de oviposição pelas fêmeas de tefritídeos (McINNIS, 1989; VARGAS et al., 1991; ALUJA; PROKOPY, 1992; HERNANDEZ et al., 1996; 1999; ALUJA; MAGAN, 2008).

Uma vez interpretados os estímulos supracitados e selecionado o substrato de oviposição, as fêmeas de *C. capitata* realizam a postura em frutos em processo de amadurecimento ou maduros. Considerando que esta espécie se caracteriza por possuir um ovipositor curto, a postura é realizada imediatamente abaixo da epiderme, sendo que frequentemente são aproveitadas perfurações realizadas por fêmeas coespecíficas ou de outras espécies (PAPAJ et al., 1992). O número de ovos por postura varia dependendo do fruto hospedeiro, podendo oscilar entre 1 a 10 ovos (GALLO et al., 2002). Após a oviposição, a fêmea deposita um feromônio (Feromônio de Marcação do Hospedeiro - FMH) que sinaliza para fêmeas coespecíficas que o fruto hospedeiro já foi infestado, reduzindo-se a competição larval com a escassez de recursos nutritivos (PROKOPY; ZIEGLER; WONG, 1978; PAJAJ et al., 1990). Após a eclosão, as larvas penetram no endocarpo do fruto alimentando-se da polpa e fazendo galerias em direção ao centro do mesmo.

Durante o desenvolvimento, a larva passa por três estádios (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>) chamados de primeiro, segundo e terceiro ínstar. Finalizado esse estágio, a larva totalmente desenvolvida (L<sub>3</sub>) salta fora do fruto, caindo ao solo, onde se transforma em pupa utilizando o tegumento do último ínstar larval como pupário. Permanece nesta condição até a emergência do adulto, quando completa seu ciclo biológico e dá origem a uma nova geração (ALUJA, 1993; GALLO et al., 2000).

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 et al., 2000; ARREDENDO; FLEISCHER; PEREZ-STAPLES, 2010). Em geral, a duração do período ovo-adulto varia entre 17 a 29 dias (ALUJA, 1993). No entanto, resultados de estudos biológicos em maçã (*Malus sylvestris* Mill.) e uva (*Vitis vinifera* L.) comprovaram que o ciclo biológico pode-se prolongar por mais de 30 dias (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS; NANOS, 2008). 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; CAREY; VARGAS, 1987; LIEDO; OROPEZA; CAREY, 2010). Altas taxas de sobrevivência larval para *C. capitata* foram verificadas em frutos de cereja (*Prunus avium* L.) (63%), amora preta (*Rubus rubrisetus* Rydb.) (68%), papaia (*Carica papaya* L.) (84,0%), laranja azeda (*Citrus aurantium* L.) (84,2%) e laranja doce (*Citrus sinensis* L.) nas cultivares 'Artas' (72,0%) e 'Merlin' (74,2%). Em uvas e maçãs, as taxas de sobrevivência larval verificadas são baixas, cerca de 13 e 43,5%, respectivamente (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; PAPADOPOULOS; KATSOYANNOS; CAREY; 2002).

As fêmeas da mosca-do-mediterrâneo se caracterizam por apresentar altas taxas de fecundidade (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; VARGAS et al., 2000), podendo depositar mais de 1000 ovos ao longo do ciclo de vida sob condições favoráveis (VARGAS et al., 2000). Os parâmetros demográficos estimados a partir dos estudos de biologia conduzidos em diferentes espécies frutíferas evidenciam que *C. capitata* se caracteriza por ser uma espécie com período reprodutivo (30-40 dias) e longevidade curtos (menor que 80 dias), porém com uma taxa reprodutiva diária

elevada (maior que 14 ovos/fêmea/dia) quando comparada com outras espécies de moscas-das-frutas, tais como: *Anastrepha ludens* Loew e *Bactrocera cucurbitae* Hendel (LIEDO; OROPEZA; CAREY, 2010; ZANARDI et al., 2011).

No que se refere à exploração dos recursos e ao número de gerações por ano, *C. capitata* é uma espécie polífaga e multivoltina, com mais de uma geração por ano e sem diapausa de inverno no estágio de pupa (BATEMAN, 1972; FLETCHER, 1989), existindo pouca sincronização entre a emergência dos adultos e a fenologia de seus hospedeiros (ZWOLFER, 1983). *C. capitata* explora mais de 300 frutos hospedeiros ao redor do mundo (LIQUIDO; SHINODA; CUNNINGHAM, 1991). No Brasil, esse tefritídeo explora 58 espécies frutíferas pertencentes a 21 famílias botânicas (ZUCCHI, 2001), sendo, a maioria, espécies exóticas. Exemplos dessas famílias botânicas são: Myrtaceae, Anacardeaceae, Oxalidaceae, Anonaceae, Vitaceae, Malpighiaceae, Rosaceae, Rutaceae, Sapotaceae (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980).

Quanto à flutuação populacional dessa espécie, segundo Paranhos et al. (2008), a mesma está diretamente relacionada à disponibilidade de hospedeiros e condições climáticas de uma determinada região. Em pomares comerciais, onde predomina um único hospedeiro, o pico populacional ocorre na época de maior concentração de frutos maduros. Em locais tropicais com ampla diversidade de fruteiras e com características climáticas que possibilitam uma disponibilidade constante de frutos maduros, a população de adultos de *C. capitata* se mantém em níveis elevados, durante praticamente todo o ano (PARANHOS et al., 2008).

#### 2.4 Irradiação de frutos: Tratamento quarentenário pós-colheita para o controle de *C. capitata*

Para o controle eficaz da mosca-do-mediterrâneo é necessária à adoção de estratégias de manejo integrado que combinem o uso de vários métodos e técnicas de controle. Neste caso, as técnicas adequadas de controle devem ser baseadas nos dados de monitoramento populacional da praga. Dentre os métodos utilizados para a supressão populacional desse inseto recomendam-se o controle cultural pela coleta e remoção de frutos infestados, o controle biológico mediante o uso de parasitoides e entomopatógenos, a técnica do inseto estéril, controle químico com

isca tóxica (PARANHOS et al., 2008), e por último à aplicação de tratamentos fitossanitários pós-colheita impostos para comercializar frutos in natura em países onde a *C. capitata* é considerada praga quarentenária (DUARTE; MALAVASI, 2000).

Segundo a Convenção Internacional de Proteção Fitossanitária (IPPC), o tratamento quarentenário se define como um procedimento oficial aplicado para ocasionar a morte, inativação ou eliminação de um inseto-praga (FAO, 2009), com a finalidade de evitar a introdução de uma praga em novas áreas com potencialidades para sua reprodução e estabelecimento. Os tratamentos quarentenários são classificados em químicos ou físicos, que podem ser aplicados de forma individual ou combinada (DUARTE; MALAVASI, 2000).

Dentre os métodos químicos, a fumigação mediante a utilização dos produtos, Brometo de metila (MB) e Dibrometo de etileno (EDB), foi o procedimento tradicionalmente utilizado durante décadas visando a desinfestação de frutos. Características como: a alta toxicidade, fácil aplicação, baixo custo e rápida difusão foram apontadas como as principais vantagens para o uso desses fumigantes. No entanto, a Agencia de Proteção Ambiental Americana (EPA) proibiu o uso desses produtos devido aos efeitos prejudiciais para a saúde humana e camada de ozônio atmosférica (DUARTE; MALAVASI, 2000), cenário que tem possibilitado que os processos quarentenários físicos estejam sendo cada vez mais estudados e aplicados. Dentre estes métodos físicos encontra-se a utilização de gases em atmosferas controladas, os tratamentos térmicos mediante o emprego de calor ou frio e a irradiação (NASCIMENTO et al., 1992; DUARTE; MALAVASI, 2000; FOLLETT; ARMSTRONG, 2004; TORRES-RIVEIRA; HALLMAN, 2007).

Há mais de 80 anos, KOIDSUMI (1930) já havia sugerido que raios X poderiam ser utilizados como tratamento quarentenário para a desinfestação de frutos contra moscas-das-frutas em Taiwan. O autor também sugeriu que uma mortalidade aguda não era necessária para promover a segurança quarentenária, pois o objetivo desse tratamento era prevenir a emergência dos adultos de moscas-das-frutas. Então, atualmente o critério de eficiência da irradiação como tratamento quarentenário para moscas-das-frutas está baseado na inibição da emergência de adultos (HALLMAN, 1999; 2011).

O uso de radiação gama proveniente do radioisótopo Cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), como tratamento de frutos infestados por *C. capitata*, foi inicialmente testado no Havaí, no período compreendido entre 1949 e 1950 (BALOCK; CHRISTENSON; BURR, 1956). A partir de então, inúmeras pesquisas foram conduzidas para avaliar os efeitos da radiação sobre diferentes espécies de tefritídeos de importância quarentenária, sendo os Estados Unidos um dos países pioneiros nessa linha de pesquisa. Um avanço importante nessa área de pesquisa foi a aprovação em 1986 pela Administração de Drogas e Alimentos dos Estados Unidos (FDA), Divisão de Química do Departamento da Agricultura, do uso da irradiação para a desinfestação de artrópodes em alimentos, com doses de até 1 kGy. Nesse caso, a embalagem teria que ser corretamente identificada apresentando em seu rótulo o símbolo internacional denominado radura, além de conter a frase “tratado com irradiação” ou “tratado por irradiação” (HALLMAN, 2011). Posteriormente, em 2000, o Serviço de Inspeção Vegetal e Animal (APHIS), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) regulamentou o uso desse tipo de tratamento quarentenário para o controle de 11 espécies de tefritídeos, independentemente do fruto hospedeiro, possibilitando dessa forma a importação de frutos e vegetais (HALLMAN, 2011).

No Brasil, o primeiro estudo do uso da radiação como tratamento quarentenário foi realizado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP) em 1983 por Matsue, Walder e Wiendl, propondo a exportação de laranjas livres de moscas-das-frutas através do tratamento por raios gama. Anos depois, outras pesquisas surgiram avaliando a eficiência dessa tecnologia para a desinfestação de frutos de papaia, citros, pêssego (*Prunus persica* L.) e outros hospedeiros infestados por moscas-das-frutas (FARIA, 1989; COSTA, 1990; ARTHUR et al., 1993; RAGA et al., 1996).

No que se refere à *C. capitata*, diversos estudos realizados ao redor do mundo verificaram as diferenças na sensibilidade à radiação ionizante (raios gama e X) dos diferentes estágios de desenvolvimento desse inseto, visando o uso dessa tecnologia como tratamento fitossanitário. Dessa forma, observa-se que a radiosensibilidade das fases imaturas (ovo, larva e pupa) de *C. capitata* diminui com o avanço do desenvolvimento do inseto, assim tem sido definidas ao longo dos anos diferentes doses de radiação para atingir 100% de eficácia do tratamento, dependendo do estágio de desenvolvimento alvo da pesquisa (BALOCK; BURDITT

JUNIOR; CHRISTENSON, 1963; COSTA, 1990; ARTHUR et al., 1993; RAGA et al., 1996; FOLLETT; ARMSTRONG, 2004; TORRES-RIVERA; HALLMAN, 2007). Com base nos trabalhos desenvolvidos por Follett e Armstrong (2004) e Torres-Rivera e Hallman (2007), em 2011 o Painel Técnico de Moscas-das-Frutas (PTMF), criado em 2004 e subordinado à Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais (CIPV) aprovou o anexo 14 da Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias nº 28 intitulada *Tratamentos Fitossanitários para Pragas Regulamentadas*, no qual foi estabelecido 100 Gy como a dose mínima absorvida para inibir a emergência de adultos de *C. capitata* (FAO, 2009; 2011).

O tratamento fitossanitário por irradiação é um método seguro e não induz radiatividade. No que se refere às moscas-das-frutas, segundo Hallman (1999), uma das principais vantagens do uso dessa tecnologia é que a mesma pode ser tolerada por uma grande diversidade de fruteiras nas doses recomendadas para o controle das diferentes espécies de tefritídeos, diferentemente de outros métodos quarentenários. A World Health Organization (WHO) em conjunto com a Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) e a International Atomic Energy Agency (IAEA), tem acompanhado as pesquisas conduzidas com alimentos irradiados. Segundo a FAO/IAEA/WHO, alimentos expostos a baixas dosagens de irradiação (<10 kGy) são seguros e não requerem testes toxicológicos (FAO/IAEA/WHO, 1981). Em 1997 um grupo de estudos apoiados pela WHO concluiu que alimentos tratados com qualquer dose apropriada para atingir os objetivos tecnológicos pretendidos são seguros ao consumidor e nutricionalmente adequados (FAO/IAEA/WHO, 1999). Quanto a legislação brasileira, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em 26/01/2001, adotou a Resolução RDC nº 21, que aprova o regulamento técnico para a irradiação de alimentos. Posteriormente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou em 24/02/2011 uma Instrução Normativa, reconhecendo o uso da irradiação como método quarentenário, e, com isso, abrindo a exportação de frutas brasileiras irradiadas livres de pragas (BRASIL, 2011).

## 2.5 Importância de *C. capitata* no contexto da Viticultura no Vale do São Francisco

A videira pertence à família Vitaceae, gênero *Vitis* L.. O gênero *Vitis* abrange mais de 80 espécies botânicas (ALVARENGA et al., 1998), no entanto *Vitis vinifera* L. é a espécie mais cultivada a nível mundial (SOUZA LEÃO, 2002). O primeiro registro dessa cultura no Brasil foi em 1535, com a introdução de cultivares europeias na Capitania de São Vicente, em São Paulo, sendo os portugueses os responsáveis pela introdução dessa espécie botânica. Entretanto, só no final do século XIX, com a chegada dos imigrantes italianos foi que realmente essa cultura começou a ganhar importância econômica no país (SOUZA, 1996; OLIVEIRA FILHO, 2011).

No início, o plantio da videira no Brasil esteve limitado a locais que possuíam terras e clima com características próximas aos de seu local de origem. Atualmente, a viticultura brasileira ocupa uma área de 81 mil hectares, com vinhedos distribuídos desde o extremo Sul do país até regiões próximas à linha do Equador, merecendo destaque no cenário nacional duas regiões por suas contribuições ao agronegócio brasileiro: o Rio Grande do Sul e o polo de fruticultura irrigada de Petrolina/PE-Juazeiro/BA, localizado no Submédio do Vale do São Francisco (VSF) (BRASIL, 2016). As uvas produzidas no Rio Grande do Sul são destinadas, em sua grande maioria, à produção de vinhos enquanto no VSF predomina a produção de uvas finas de mesa (SILVA; COELHO, 2004), sendo essa região responsável por mais de 95% das exportações nacionais de uvas finas de mesa (BRASIL, 2016b).

O Submédio do VSF está localizado entre os paralelos 8 e 9 °S. O clima é caracterizado como Tropical Semiárido, sendo o único desse tipo no mundo. A temperatura média anual oscila em torno dos 26°C. O índice pluviométrico é de aproximadamente 500 mm, concentrado entre os meses de janeiro a abril (TEIXEIRA; AZEVEDO, 2006). Nessa região, a viticultura foi introduzida no século passado, durante a década dos anos 50 pela Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF. A primeira cultivar de *V. vinifera* introduzida na região foi 'Itália', destacando-se atualmente as cultivares: 'Itália', 'Benitaka', 'Red Globe', 'Sugraone', 'Thompson Seedless' e 'Crimson Seedless', como as mais produzidas (GRANGEIRO; SOUZA LEÃO; SOARES, 2002; SOUZA LEÃO, 2004).

Dependendo da cultivar e mediante a adequação das técnicas de produção, é possível colher de duas a três safras anualmente, conseguindo-se obter produtividades maiores do que 30 toneladas/ha/ano, rendimento que supera as demais regiões produtoras do Brasil (SILVA; COELHO, 2004).

A fitossanidade dessa cultura tem merecido especial atenção da pesquisa, visando garantir a sustentabilidade da viticultura nas condições do VSF. Dentre os principais problemas fitossanitários identificados na região, destaca-se a presença de *C. capitata*, considerada atualmente a espécie dominante e a mais prejudicial das moscas-das-frutas para a fruticultura do VSF (BMB, 2016). Carvalho (2003) e Botton et al. (2005) foram os primeiros a relatar a ocorrência dessa praga em áreas cultivadas com videiras no VSF. Posteriormente, Habibe et al. (2006) verificaram um índice médio de moscas capturadas/ armadilha/dia (MAD) de 0,26 em parreirais da região, sugerindo a existência de uma população de *C. capitata* estabelecida na cultura. Os mesmos autores comprovaram infestações naturais em bagas das cultivares Benitaka, Itália, Red Globe e Festival, concluindo, que essas cultivares se constituíam hospedeiros dessa espécie de tefritídeo nas condições do semiárido. Assim, a presença de *C. capitata* tem sido um entrave para a comercialização de uvas finas de mesa produzidas na região, destinadas a mercados internacionais exigentes, como Estados Unidos. O Selo do APHIS é o principal requisito exigido pelos Estados Unidos, para a licença de importação do USDA no pré-embarque. No caso das uvas produzidas no VSF o APHIS exige o tratamento quarentenário a frio, sendo o selo adquirido através de monitoramento realizado por um representante do próprio Ministério da Agricultura do Estados Unidos e custeado pelos exportadores brasileiros, situação que onera o custo final da fruta produzida (PARANHOS; GÓMEZ, 2008). O cenário contextualizado ressalta a necessidade do desenvolvimento de pesquisas sobre a biologia e comportamento de *C. capitata* em cultivares de uvas produzidas nessa região, em busca pelo aperfeiçoamento das estratégias de manejo integrado de *C. capitata* nessa cultura, nas condições do VSF.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da União, Poder Executivo**, Brasília, DF, 29 jan. 2001. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao\\_RDC\\_n\\_21\\_de\\_26\\_de\\_janeiro\\_de\\_2001.pdf/28d81caa-e8ba-44a8-bcdc-83f950a29f35](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/Resolucao_RDC_n_21_de_26_de_janeiro_de_2001.pdf/28d81caa-e8ba-44a8-bcdc-83f950a29f35)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ALUJA, S.M. **Manejo integrado de la mosca de la fruta**. Zinacantepec, México: Secretaría de Agricultura, 1993. 251 p.

ALUJA, M.; PROKOPY, J.R. Host search behavior of *Rhagoletis pomonella* flies: inter-tree movement patterns in response to wind-borne fruit volatiles under field conditions. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 17, p. 1-8, 1992.

ALUJA, M.; MANGAN R. L. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) Host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 53, p. 24.6-24.7, 2008.

ALVARENGA, A.A.; ABRAHÃO, E.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; PEREIRA, A.F. Origem e classificação botânica da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 194, p. 5-8, 1998.

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.

ARTHUR, V.; CACERES, C.; WIENDL, F.M.; WIENDL, J.A. Controle da infestação natural de *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera, Tephritidae) em pêssegos (*Prunus persica*) através das radiações gama. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, p. 329-332, 1993.

BALOCK, J.W.; CHRISTENSON, L.D.; BURR, G.O. Effects of gamma rays from Cobalt-60 on immature stage of the oriental fruit-fly *Dacus dorsalis* and possible application to the commodity treatment problems. In: ANNUAL MEETING OF THE HAWAII ACADEMY SCIENCE, 31., 1956, Honolulu. **Proceedings...** Honolulu, 1956. p. 18.

BALOCK, J.W.; BURDITT JUNIOR, A.K.; CHRISTENSON, L.D. Effects of gamma radiation on various stages of three fruit fly species. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 56, p. 42-46, 1963.

BATEMAN, M. A. The ecology of fruit flies. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 17, p. 493-518, 1972.

BOTTON, M.; HAJI, F.N.P.; HICKEL, E.R.; SORIA, S.J. Cachos arruinados. A ação de pragas-insetos nos frutos da videira comprometem a produção in natura e de vinho. Conheça as estratégias de controle. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 6, n. 34, p. 1-6, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa Nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 fev. 2011. Seção 1, p. 8. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=25/02/2011>>. Acesso em: 10 maio 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA. **Uva**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BRICEÑO, R.D.; EBERHARD, W.G. Decision during courtship by male and female medflies, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae); correlated changes in male behavior and female acceptance criteria in mass-reared flies. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 85, p. 14-31, 2002.

BRICEÑO, R.D.; RAMOS, D.; EBERHARD, W.G. Courtship behavior of male medflies (*Ceratitis capitata*; Diptera: Tephritidae) in captivity. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 79, p. 130-143, 1996.

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.

CARVALHO, R.S. **Estudo de laboratório e de campo com o parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil**. 2003. 183 p. Tese (Doutorado em Biologia Genética) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CAYOL, J.P.; VILARDI, J.; RIAL, E.; VERA, M.T. New indices and method to measure the sexual compatibility and mating performance of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) laboratory-reared strains under field cage conditions. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 92, n. 1, p. 140-145, 1999.

COSTA, N. **Desinfestação de laranjas e tangerinas (*Citrus spp*) atacadas pela mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) através da radiação gama (Co-60) para fins de exportação**. 1990. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

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

FAO. **Guidelines for the use or irradiation as a phytosanitary measure**. Rome, 2009. 18 p. (ISPM # 28).

FAO. **Guidelines for the use or irradiation as a phytosanitary measure**. Annex 14: Irradiation Treatment for *Ceratitis capitata*. Rome, 2011. 3 p. (ISPM # 28).

FAO/IAEA/WHO. **Wholesomeness of irradiated food**: Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Geneva, 1981. 36 p. (Technical Report Series, 659).

FAO/IAEA/WHO. **High-dose irradiation**: wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy: Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group. Geneva, 1999. 197 p. (Technical Report Series, 890).

FARIA, J.T. **Radiação gama como um processo quarentenário para *Ceratitís capitata* (Wied.,1824) e *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera:Tephritidae) em mamão papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Sunrise Solo**. 1989. 182 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

FLETCHER, B.S. Life history strategies of tephritid fruit flies. In: ROBINSON, A.S.; HOOPER, G. (Ed.). **Fruit flies, their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989. (World Crops Pest, 3B).

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.

FOLLETT, P.A.; ARMSTRONG, J.W. Revised irradiation doses to control melon fly, Mediterranean fruit fly, and Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and a generic dose for tephritid fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 97, p. 1254-1262, 2004.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

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.

GRANGEIRO, L.C.; SOUZA LEÃO, P.C.S.; SOARES, J.M. Caracterização fenológica e produtiva da variedade de uva Superior Seedless cultivada no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 552-554, 2002.

HABIBE, T.C.; VIANA, R.E.; NASCIMENTO, A.S.; PARANHOS, B.A.J.; HAJI, F.N.P.; CARVALHO, R.S.; DAMASCENO, I.C.; MALAVASI, A. Infestação de uva, *Vitis vinifera* pela mosca-do-Mediterrâneo, *Ceratitís capitata* (Wiedemann) no Sub-Médio do Vale do São Francisco. In: INTERNATIONAL FRUIT FLY SYMPOSIUM, 7., 2006, Salvador. **Proceedings...** Salvador, 2006. p. 183-185.

HALLMAN, G.J. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, p. 93-106, 1999.

HALLMAN, G.J. Phytosanitary measures to prevent the introduction of invasive species. In: NENTWIG, W. (Ed.). **Biological invasions**. Berlin: Springer-Verlag, 2007. p. 367-384. (Ecological Studies, 193).

HALLMAN, G.J. Phytosanitary applications of irradiation. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 10, p. 143–151, 2011.

HERNANDEZ, M.M.; SANZ, I.; ADELANTADO, M.; BALLACH, S.; PRIMO-YUFERA, E. Electroantennogram activity from antennae of *Ceratitis capitata* (Wied.) to fresh orange airborne volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 22, p. 1607-1619, 1996.

HERNANDEZ, M.M.; VARGAS-ARISPURO, I.; SANZ, I.; ADELANTADO, M.; PRIMO-YUFERA, E. Electroantennogram activity and attraction assay of *Ceratitis capitata* (Wied.) to airborne volatiles from peach at three ripeness stages. **Southwestern Entomologist**, Weslaco, v. 24, p.133-142, 1999.

HERNANDEZ-ORTIZ, V.; GUILLÉN-AGUILAR, J.; LÓPEZ, L. Taxonomía e Identificación de Moscas de la Fruta de Importancia Económica en América. In: MONTOYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo**. México, DF: IICA, 2010. p. 49-80.

JOACHIM-BRAVO, I.S.; ANJOS, C.S.; COSTA, M.A. The role of protein in the sexual behavior of males of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): mating success, copula duration and number of copulations. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 26, n. 3, p. 407-412, 2009.

KASPI, R.; TAYLOR, W.T.; YUVAL, B. Diet and size influence sexual advertisement and copulatory success of males in Mediterranean fruit fly leks. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 25, p. 279-284, 2000.

KOIDSUMI, K. Quantitative studies on the lethal action of x-rays upon certain insects. **Journal of the Japanese Society for Tropical Agriculture**, Kanagawa, v. 2. p. 243–263, 1930.

KRAAIJEVELD, K.; KATSOYANNOS, B.; STAVRINIDES, M.; KOULOSSIS, N.A.; CHAPMAN, T. Remating in wild females of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*. **Animal Behaviour**, Amsterdam, v. 69, p. 771-776, 2004.

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, p. 583-590, 1987.

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.

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

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.

MATSUE, A.M.; WALDER, J.M.M.; WIENDL, F.M. Possibilidade de exportação de laranjas "in natura", desinfestadas de larvas de *Ceratitidis capitata* por meio da irradiação gama. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 35., 1983, Belém. **Resumos...** Belém: SBPC, 1983. p. 19.

McINNIS, D.O. Artificial oviposition sphere for Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in field cages. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, p. 1382-1385, 1989.

MORELLI, R.; PARANHOS, B.J.; COELHO, A.M.; CASTRO, R.; GARZIERA, L.; LOPES, F.; BENTO, J.M. Exposure of sterile Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) males to ginger root oil reduces female remating. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 137, p. 75-82. 2013.

NASCIMENTO, A.S.; MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; DUARTE, A.L. Hot water immersion treatment for mangoes infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua* and *C. capitata* in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 85, p. 456-460, 1992.

NORRBOM, A.L. **Fruit fly (Diptera: Tephritidae) classification and diversity**. Washington, DC: USDA, 2004. Disponível em: <<http://www.sel.barc.usda.gov/diptera/tephriti/Tephclas.htm>>. Acesso em: 04 jan. 2012.

OLIVEIRA FILHO, F.A. de. Produção, área colhida e efetivo de uva no nordeste. **Informe Rural ETENE**, Fortaleza, v. 5, n. 5, p. 1-6, 2011. Disponível em: <<http://www.docplayer.com.br/18544047-Producao-area-colhida-e-efetivo-de-uva-no-nordeste.html>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

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.

PAPAJ, D.R.; ROITBERG, B.D.; OPP, S.B.; ALUJA, M.; PROKOPY, R.J.; WONG, T.T.Y. Effect of marking pheromone on clutch size in the Mediterranean fruit fly. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 15, p. 463-468, 1990.

PAPAJ, D.R.; AVERILL, A.L.; PROKOPY, R.J.; WONG, T.T.Y. Host-marking pheromone and use of previously established oviposition sites by the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 5, p. 583-598, 1992.

PARANHOS, B.A.J.; GÓMEZ, M.P. **A mosca-das-frutas e a comercialização de frutas**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE VITICULTURA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO, 1., 2008, Petrolina. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. Disponível em: <[www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/133193/1/OPB2073.pdf](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/133193/1/OPB2073.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2016.

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

PROKOPY, R.; HENDRICH, J. Mating behavior of *Ceratitis capitata* on a field-caged host tree. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 72, p. 642-648, 1979.

PROKOPY, R.J.; ROITBERG, B.D. Foraging behavior of true fruit flies. **American Scientist**, New Haven, v. 72, p. 41-49, 1984.

PROKOPY R.J.; ZIEGLER, J.R.; WONG, T.T.Y. Deterrence of repeated oviposition by fruit marking pheromone in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 4, p. 55-63, 1978.

RAGA, A.; YASUOKA, S.T.; AMORIM, E.O.; SATO, M.E.; SUPPLY FILHO, N.; FARIA, J.T. Sensibilidade de ovos de *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) irradiados em dieta artificial e em frutos de manga (*Mangifera indica* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 114-118, 1996.

RORIZ, A.K.P.; JOACHIM-BRAVO, I.S. The relevance of age and nutritional status on the mating competitiveness of medfly males (Diptera: Tephritidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 30, n. 5, p. 506-512, 2013.

SANTANA, L.P.; JOACHIM-BRAVO, I.S. Machos virgens e acasalados de *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) apresentam o mesmo sucesso de cópula e a mesma capacidade de inibição de recópula das fêmeas? **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 7, n. 2, p. 110-115, 2014.

SHELLY, T.E.; MCINNIS, D.O. Influence of adult diet on the mating success and survival of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) from two mass-rearing strains on field-caged host trees. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 86, p. 340-344, 2003.

SILVA, P.C.G.; COELHO, R.C. Caracterização social e econômica da cultura da videira. In: SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SILVA-NETO, A.M.S.; DIAS, V.S.; JOACHIM-BRAVO, J.S. Escolha de parceiro para acasalamento em *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae): influência do envelhecimento dos machos no sucesso de cópula. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, p. 571-577, 2009.

SOUSA, J.S.I. de (Org.). **Uvas para o Brasil**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 791 p.

SOUZA LEÃO, P.C. de. Novas tecnologias para a produção de uvas de mesa. In: 9ª SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA - FRUTAL, 9., 2002, Fortaleza. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Instituto Frutal; SINDIFRUTA, 2002. p. 170.

SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

TAYLOR, P.W.; KASPI, R.; YUVAL, B. Copula duration and sperm storage in Mediterranean fruit flies from a wild population. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 25, p. 94–99, 2000.

TEXEIRA, A.H.C.; AZEVEDO, P.V. Zoneamento agroclimático para a videira europeia no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 139-145, 1996.

TORRES-RIVERA, Z.; HALLMAN, G.J. Low-dose irradiation phytosanitary treatment against Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, p. 343–346, 2007.

VARGAS, R.I.; STARK, J.D.; PROKOPY, J.R.; GREEN, T.A. Response of oriental fruit fly and associated parasitoids to different color spheres. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 84, p. 1503-1507, 1991.

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.

YUVAL, B.; KASPI, R.; SHLOUSH, S.; WARBURG, M. Nutritional reserves regulate male participation in Mediterranean fruit fly leks. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 23, p. 211-215, 1998.

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

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* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. (Ed.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. cap. 1, p. 15-22.

ZWOLFER, H. Life system and strategies or resource exploitation in tephritids. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE, 1982, Athens. **Proceedings...** Rotterdam: CEC, 1983. p. 16-30.

### 3 Preferência de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) por cultivares de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) produzidas na região do Vale do São Francisco: biologia e análise demográfica

#### Resumo

O Submédio do Vale do São Francisco (VSF), principal polo de produção de uvas de mesa (*Vitis vinifera* L.) para exportação do Brasil, tem sérios problemas nos parreirais com o ataque de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), principal espécie de mosca-das-frutas na região. O tratamento quarentenário a frio é obrigatório para determinados mercados, o que aumenta os custos de produção. Algumas cultivares são mais infestadas que outras e isso pode ser preferência ou uma questão de maior adequação ao desenvolvimento da praga. Nesse sentido, foi estudada a preferência de oviposição de *C. capitata* por quatro cultivares de uvas de mesa produzidas no VSF, duas vermelhas ('Benitaka' com semente e 'Crimson' sem semente) e duas brancas ('Itália' com semente e 'Festival' sem semente), em condições de escolha. Além disso, estudou-se o desenvolvimento e sobrevivência dos estágios imaturos de *C. capitata* bem como os parâmetros demográficos, nas diferentes cultivares. No estudo de preferência de oviposição foi constatada a presença de posturas e ovos de *C. capitata* nas quatro cultivares testadas. No entanto, as videiras vermelhas (Benitaka e Crimson) foram preferidas pelas fêmeas como substrato de oviposição. Observou-se que a prévia exposição das fêmeas às cultivares de uva estudadas, modificou a hierarquia de oviposição verificada no início do estudo. A duração do período embrionário de *C. capitata* oscilou entre 48 e 96h. A viabilidade de ovos não foi afetada pelo substrato de oviposição, com valores médios de  $76,77 \pm 3,90$ ;  $85,61 \pm 2,74$ ;  $84,29 \pm 3,25$ ;  $77,94 \pm 4,52$ , para as uvas Benitaka, Crimson, Festival e Itália, respectivamente. A maior duração do estágio larval foi observada em bagas de Itália ( $11,5 \pm 0,15$  dias). A viabilidade desse estágio não foi afetada pela cultivar de uva. Houve correlação positiva entre o peso do pupário e a duração do estágio larval. A taxa de emergência de adultos foi influenciada significativamente pelo peso da pupa em todas as cultivares. A viabilidade L<sub>1</sub>-adulto oscilou entre 22,40 e 29,40%. Nas quatro videiras, a razão sexual da progênie manteve-se, aproximadamente, na proporção de 1:1 (fêmea: macho). O menor período de pre-oviposição foi verificado em fêmeas oriundas de uvas Crimson ( $4,70 \pm 0,25$  dias). O período reprodutivo variou em média de 32,03 a 44,111 dias e diferenças foram constatadas entres as progênies de fêmeas estudadas. A fecundidade diária/fêmea variou entre 11,56 a 14,84 ovos/dia. A fecundidade total oscilou entre 378 e 542 ovos/fêmea e foi afetada pelo substrato larval. A longevidade dos machos foi significativamente maior que das fêmeas, nas quatro populações de *C. capitata* avaliadas. Os conhecimentos biológicos e demográficos obtidos possibilitarão uma melhor compreensão da estratégia de vida adotada por este inseto, contribuindo ao aperfeiçoamento das estratégias de manejo de *C. capitata* nessa cultura, nas condições do VSF.

Palavras-chave: Mosca-do-mediterrâneo. Sobrevivência. Demografia, *Vitis vinifera*.

### 3 Preference of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) for table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) grown in the São Francisco Valley: biology and demographic analysis

#### Abstract

The San Francisco Valley (VSF), which is the main table grape exporting area in Brazil (*Vitis vinifera* L.), facing serious problems with *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), the most important fruit fly for this region. The quarantine cold treatment is a major requirement for the trade with the United States, burdening production costs. Some varieties are more infested than others and this can be a matter of greater adaptation or preference. In this sense, we studied the oviposition preference of *C. capitata* in four table grapes varieties grown in the VSF, two red ('Benitaka' and 'Crimson) and two white ('Itália' and 'Festival'), in choice conditions. In addition to that, we studied the effect of the substrate in larval development and survival of immature stages of *C. capitata* as well as demographic parameters. In preference experiments, ovipositions and eggs of *C. capitata* were found in the four tested varieties. However, the red varieties (Benitaka and Crimson) were preferred as oviposition substrate by the females. It was also observed that previous exposure of the females to the studied table grape varieties, modified oviposition hierarchy found at baseline. The embryonic period duration of *C. capitata* ranged from 48 to 96h. The egg-L<sub>1</sub> viability reached average values of 76,77±3,90; 85,61±2,74; 84,29±3,25; 77,94±4,52 hours, for Benitaka, Crimson, Festival and Itália, respectively, not affecting this biological parameter by oviposition substrate. The largest larval period was observed in Itália variety (11,5±0,15 days) and the viability of this stage was not affected by grape variety. There was a positive correlation between the puparium weight and the duration of larval stage. The adult emergence rate was significantly influenced by the weight of pupa in all varieties. The L<sub>1</sub>-adult viability oscillated from 22,40 to 29,40%. In the four progenies, the sex ratio remained approximately the proportion of 1female: 1male. The shortest pre-oviposition period was observed in females reared on the variety Crimson (4,70±0,25 days). The reproductive period ranged from 32,03 to 44,11 days and differences were found between the progenies of females studied. The daily egg production/female ranged from 11,56 to 14,84 eggs/day. Lifetime egg production achieved mean values between 378-542 eggs/female and was affected by larval substrate. Male longevity was significantly higher than in females in the four populations of *C. capitata* evaluated. Biological and demographic knowledge obtained will enable a better comprehension of the life strategy adopted by this insect, besides contributing to the improvement of *C. capitata* management strategies in this culture in VSF conditions.

Keyword: Mediterranean fruit fly. Survival. Demographics. *Vitis vinifera*.

### 3.1 Introdução

A mosca-das-frutas, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), comumente conhecida como moscamed ou mosca-do-mediterrâneo (NASCIMENTO et al., 2001; PARANHOS et al., 2008) é considerada uma espécie de grande importância econômica e quarentenária para a fruticultura mundial. A importância desse inseto está relacionada à sua polifagia e plasticidade ecológica e evolutiva, características que tem propiciado sua adaptação aos mais diversos ambientes e à exploração de mais de 300 espécies fruteiras ao redor do mundo (LIQUIDO; SHINODA; CUNNINGHAM, 1991; MALAVASI, 2001). Por outro lado, a severidade com que *C. capitata* ataca as culturas implica no estabelecimento de medidas regulatórias para a comercialização de frutas *in natura*. Portanto, tratamentos quarentenários pós colheita são exigidos por determinados mercados importadores para evitar a introdução desta praga em áreas reconhecidas como livres e que apresentam potencialidades para seu estabelecimento, o que eleva os custos de produção (PARANHOS; GÓMEZ, 2008).

*C. capitata* é uma espécie nativa do continente Africano, mas encontra-se distribuída em todas as regiões biogeográficas do mundo (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000). No Brasil, *C. capitata* foi detectada no início do século XX (IHERING<sup>2</sup>, 1901 apud ZUCCHI, 2000). Após sua introdução no Brasil, sua distribuição esteve restrita às regiões Sul e Sudeste do país, por várias décadas (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980). Atualmente está distribuída desde o Rio Grande do Sul até alguns estados do Norte e do Nordeste (MARTINS; ALVES; ZUCCHI, 1993; BRITO et al., 2009), onde explora 58 espécies frutíferas pertencentes a 21 famílias botânicas (ZUCCHI, 2001), a maioria delas são fruteiras exóticas (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980).

Especificamente na região do Vale do São Francisco (VSF), principal polo de produção e comercialização de uvas finas mesa (*Vitis vinifera* L.) no Brasil (BRASIL, 2016a), os primeiros registros de *C. capitata* nessa cultura ocorreram entre 2003 e 2005 (CARVALHO; 2003; BOTTON et al., 2005; HABIBE et al., 2006). A viticultura reveste-se de especial importância econômica e social no VSF, na medida em que envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo, e se destaca entre as culturas irrigadas da região, que apresenta o maior

---

<sup>2</sup> IHERING, H.V. Laranjas bichadas. *Revista Agrícola*, São Paulo, v.70, p.179-181, 1901.

coeficiente de geração de empregos diretos e indiretos (SILVA; COELHO, 2004). No âmbito do comércio internacional de uvas de mesa, estatísticas mostram que durante anos o VSF tem sido responsável pela quase totalidade das exportações brasileiras de uvas finas de mesa (IBRAF, 2016). Em 2015, segundo dados oficiais da Secretaria de Comércio Exterior-Secex, essa região foi responsável por 99% de toda a exportação nacional de uvas de mesa, o que gerou aproximadamente 72 milhões de dólares (BRASIL, 2016b).

A primeira cultivar de *V. vinifera* introduzida na região foi cv. 'Itália'. Atualmente a viticultura no VSF continua concentrada nessa espécie botânica, destacando-se também as cultivares: 'Benitaka', 'Red Globe', 'Sugraone' ou 'Festival', 'Thompson Seedless' e 'Crimson Seedless', como as mais produzidas (GRANGEIRO; SOUZA LEÃO, SOARES, 2002; SOUZA LEÃO, 2004).

Apesar da diversidade de cultivares de uva na região do VSF, as primeiras detecções de *C. capitata* estiveram restritas à cv. Itália e o nível de infestação informado inicialmente foi baixo (0,05 pupas por fruto) (BOTTON et al., 2005; HABIBE et al., 2006). No entanto, dados do Programa de Monitoramento e Controle de Moscas-das-frutas, executado pela Organização Social, Biofábrica Moscamed Brasil (BMB) nessa região, revelaram o aumento populacional desse tefritídeo nas áreas de produção de uvas de mesa, com número médio de moscas capturadas/armadilha/dia (MAD) de 2,70, no período entre janeiro a dezembro de 2015 e um nível de infestação de 0,5 pupas por fruto (BMB, 2016), características que evidenciam a plasticidade do potencial biológico de *C. capitata* na exploração de novos hospedeiros. A possível adaptação e sucesso reprodutivo de *C. capitata* na cultura da uva, representa um sério problema para a viticultura do VSF, situação que poderá restringir as exportações de uvas finas de mesa aos Estados Unidos e Japão, países onde essa praga é considerada de importância quarentenária (DUARTE; MALAVASI, 2000).

O comportamento biológico e demográfico de populações de *C. capitata* oriundas de diversos hospedeiros tem sido um tema amplamente estudado. Busca-se com esses estudos, 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 et al., 2000; PAPADOUPOLUS; KATSOYANNOS; CAREY, 2002; PAPACHRISTOS; PAPADOPOULUS, 2009).

A demografia consiste no estudo das populações, e dos processos que determinam as particularidades das mesmas (CAREY, 1993), possibilitando dessa forma, conhecer importantes características como seu tamanho, estabilidade, estrutura e distribuição no tempo e espaço, dinâmica, crescimento e probabilidade de extinção (CAREY, 1989; JOACHIM-BRAVO et al., 2003), dentre outras. Em função dessas informações, estudos demográficos têm contribuído de forma significativa na definição e aperfeiçoamento das estratégias de manejo de espécies de moscas-das-frutas de importância econômica e quarentenária, como a mosca-do-mediterrâneo. Segundo Liedo, Oropeza e Carey (2010), o manejo contemporâneo de insetos-pragas é baseado no desenvolvimento e aplicação de ferramentas que interferem em parâmetros demográficos tais como: fecundidade, desenvolvimento e mortalidade da população alvo. Portanto, o conhecimento da demografia é crucial para o desenvolvimento de estratégias adequadas de manejo de pragas.

Levando em consideração a importância econômica da viticultura para o VSF e a expansão de *C. capitata* nos parreirais comerciais de uvas finas de mesa nessa região, torna-se necessário o estudo do potencial biológico e reprodutivo desse inseto na cultura da uva. Os objetivos do presente estudo foram: 1) determinar a preferência de oviposição de uma população selvagem de *C. capitata* oriunda do VSF sobre as cultivares: 'Benitaka', 'Crimson', 'Itália' e 'Festival' com escolha; 2) estudar o efeito do substrato larval no desenvolvimento e sobrevivência dos estágios imaturos; 3) avaliar a longevidade, fecundidade e fertilidade de populações de *C. capitata* desenvolvidas sobre as diferentes cultivares; 4) determinar o efeito das cultivares nos parâmetros demográficos de *C. capitata*.

## **3.2 Material e Métodos**

### **3.2.1 Local de estudo**

Os estudos foram desenvolvidos nos Laboratórios de Entomologia, da Biofábrica Moscamed Brasil (BMB), localizada no Município de Juazeiro, BA, em salas com condições ambientais controladas [temperatura (T):  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; umidade relativa (UR):  $65 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h].

### 3.2.2 Origem e criação dos insetos

Os insetos utilizados nos estudos foram oriundos de goiaba (*Psidium guajava* L.), manga (*Mangifera indica* L.) e uva, provenientes de áreas com históricos de altos índices de infestação por *C. capitata*, localizadas no perímetro irrigado Maria Teresa, em Petrolina, PE. Os frutos coletados foram levados aos laboratórios da Biofábrica Moscamed Brasil (BMB) e acondicionados em bandejas plásticas (38 x 27 x 10cm), contendo vermiculita como substrato para formação dos pupários. Sete e quatorze dias após a coleta, a vermiculita foi peneirada para recuperação das pupas, que foram acondicionadas em gaiolas de laboratório (28 x 12 x 12 cm), com armação de alumínio, laterais, teto, frente e fundo de acrílico, e com abertura na parte frontal de tecido voal para introdução das pupas e manuseio dos insetos após emergência. Os adultos emergidos foram alimentados com dieta artificial a base de açúcar refinado e proteína Biones® na proporção de 3:1 e água filtrada *ad libitum* (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; SILVA NETO et al., 2012), até o início dos experimentos. A reposição da dieta e água realizou-se a cada 48h até o 20º dia de idade dos insetos. As gaiolas foram mantidas em salas com condições controladas de temperatura ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), umidade relativa ( $65 \pm 10\%$ ) e fotofase de 14 h para estímulo da cópula.

### 3.2.3 Frutos

Para os estudos de biologia e de aceitação e preferência de oviposição de *C. capitata* em uvas de mesa, produzidas no VSF, foram selecionadas duas cultivares vermelhas (Benitaka com semente e Crimson sem semente) e duas brancas (Itália com semente e Festival sem semente), considerando a importância das mesmas na região. As uvas foram colhidas no ponto de maturação comercial e provenientes de parreirais localizados no perímetro irrigado Maria Teresa, sem prévia aplicação de inseticida e com registro de ausência da praga no pomar, segundo dados do monitoramento executado pela BMB.

Os cachos coletados foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados por cultivar e levados ao laboratório da BMB. No laboratório, os frutos foram individualizados e analisados sob estereoscópio binocular com aumento de

40x, para detectar possíveis sinais de posturas de *C. capitata*. Em caso positivo as bagas foram descartadas. Posteriormente, as bagas foram lavadas com água, colocadas em bandejas plásticas (38 x 27 x 10 cm) sobre papel toalha e cobertas com tecido voal. Estas bandejas foram mantidas por 24h à 5-7°C em geladeira, até o início do experimento.

### 3.2.4 Preferência de oviposição de *C. capitata* em cultivares de uva de mesa em condições de escolha

Para avaliar a preferência de oviposição de *C. capitata* em bagas de uva das cultivares Benitaka, Crimson, Itália e Festival (tratamentos) foram conduzidos dois bioensaios com chance de livre escolha do substrato de oviposição, em condições de laboratório. Para instalação do primeiro bioensaio quatro bagas de uva, uma de cada cultivar, foram expostas simultaneamente, como substrato de oviposição no interior de gaiolas de laboratório. As gaiolas utilizadas foram adaptadas a partir de frascos plásticos tipo “baleiro” com capacidade de 3,5L, possuindo uma abertura na parte frontal, coberta de tecido voal para manipulação dos insetos e das bagas. A parte superior da gaiola com área de ventilação com tecido voal (6 x 10cm), possibilitou pendurar as bagas de uva no interior da gaiola, com auxílio de cliques para papel e barbantes de algodão (Figura 3.1 a e b). Após o acondicionamento das bagas, cada gaiola recebeu 10 casais de *C. capitata* sexualmente maduros (10-12 dias de idade), geração parental, e sem prévia experiência de oviposição. As gaiolas foram acondicionadas em bancada sob lâmpadas fluorescentes. Passadas seis horas, as bagas foram retiradas e acondicionadas em bandejas (38 x 27 x 10cm) cobertas com tecido voal, sob condições ambientais controladas, para posterior avaliação do número de posturas e ovos por baga. Durante a exposição das bagas, os insetos tiveram acesso à água e alimento (mistura sólida de proteína hidrolisada e açúcar refinado, na proporção de 1:3) (SILVA NETO et al., 2012).

Com a finalidade de determinar o possível efeito da previa experiência de oviposição na hierarquia de preferência, 96 h depois de finalizado o experimento, as mesmas fêmeas foram liberadas novamente nas gaiolas, com as mesmas cultivares inicialmente testadas, para livre escolha de postura. Para tal avaliação seguiu-se a metodologia experimental descrita no primeiro bioensaio.

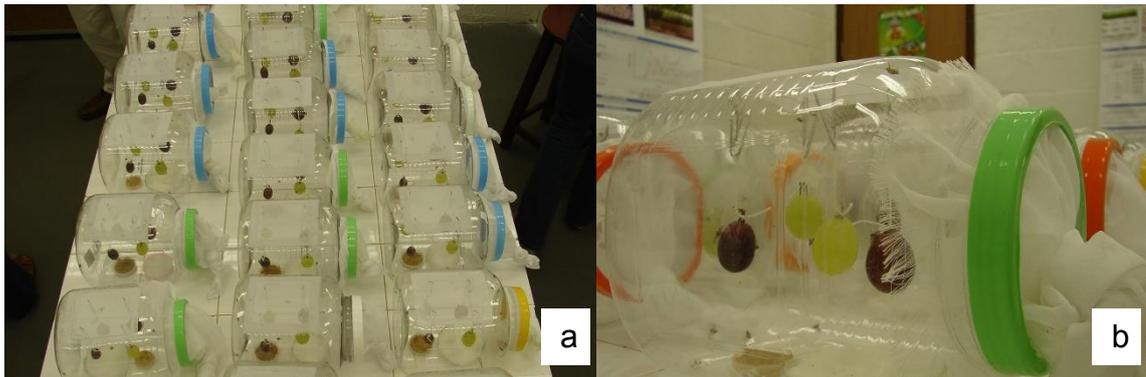


Figura 3.1 - Gaiolas adaptadas de baleiros (3,5L), para avaliação de preferência de oviposição de *Ceratitís capitata* (a); Detalhe da gaiola experimental, contendo bagas de uva de diferentes cultivares oferecidas como substrato de oviposição (b).

Para determinação da aceitação e preferência de oviposição de *C. capitata* nas cultivares supracitadas, foram avaliados sob microscópio estereoscópio binocular (aumento de 40x) os parâmetros: número de posturas/baga e número de ovos/baga para cada cultivar (Figura 3.2 a). Em seguida, foi avaliado o conteúdo de sólidos solúveis totais (SST) por baga mediante leitura em refratômetro (modelo RT-30ATC, Instrutherm) (Figura 3.2 b). O desenho experimental utilizado nos dois bioensaios foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (cultivares), 20 repetições (gaiolas) e 80 parcelas.

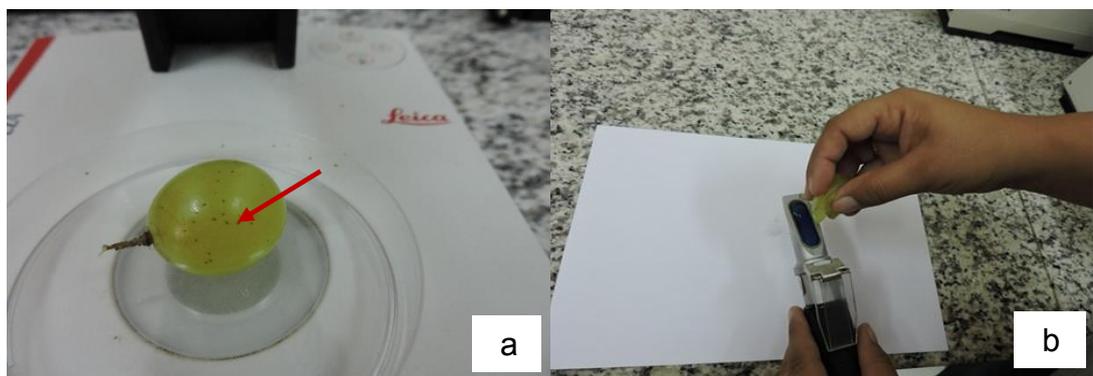


Figura 3.2 - Bagas de uva Itália contendo posturas de *Ceratitís capitata* (a) (seta vermelha mostrando detalhes das posturas); Avaliação do conteúdo de sólidos solúveis totais em bagas de uva através de leitura em refratômetro de campo (b).

### 3.2.5 Biologia de *C. capitata* em cultivares de uva de mesa

#### 3.2.5.1 Parâmetros físico-químicos de bagas de uvas de mesa

Para determinar a possível influência de características físico-químicas das cultivares de uvas no comportamento biológico de *C. capitata*, antes de iniciar o experimento de biologia, amostras de cachos de uva de cada variedade estudada foram enviadas ao laboratório de pós-colheita da Embrapa Semiárido para avaliação dos parâmetros: peso e firmeza da baga, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (AT). O peso da baga (gramas) foi determinado utilizando-se balança semianalítica de precisão. A determinação da firmeza realizou-se com ajuda de um texturômetro eletrônico (ponteira 2mm de diâmetro), em dois pontos opostos na região equatorial das bagas e os resultados foram expressos em Newton (N). A avaliação de AT foi realizada mediante titulação com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 M e expressa em gramas de ácido tartárico por 100 mL de suco. O teor de SST foi obtido através de leitura direta do extrato da polpa da baga em refratômetro digital, e os resultados expressos em °Brix (AOAC, 2002). Para cada parâmetro avaliado foram utilizadas três repetições de 20 bagas cada, sendo que cada grupo de bagas foi proveniente de um cacho de uva.

#### 3.2.5.2 Origem das fases imaturas de *C. capitata* utilizadas no estudo de biologia

As fases imaturas de *C. capitata* (ovos e larvas recém eclodidas (L<sub>1</sub>), geração F1) utilizadas no estudo de biologia foram provenientes da colônia selvagem de *C. capitata*, geração parental, estabelecida segundo a metodologia supracitada no item 3.2.2. Para isso, do quinto ao oitavo dia foram coletados os casais em cópula e transferidos para uma nova gaiola experimental (Figura 3.3 a). Nos primeiros três dias cachos de uvas foram oferecidos como substrato de oviposição para o aprendizado das fêmeas, que foram descartados por três dias consecutivos (Figura 3.3 b). A partir desse momento as posturas obtidas nos novos cachos oferecidos foram utilizadas nos experimentos de biologia.

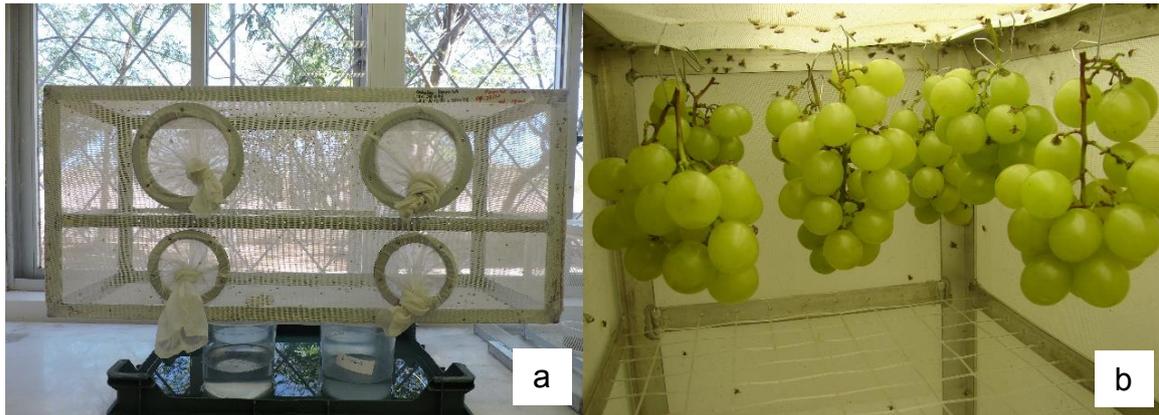


Figura 3.3 – Gaiola de laboratório utilizada no experimento de biologia de *Ceratitits capitata* em cultivares de uva (a); Detalhe da gaiola experimental, contendo cachos de uva Itália oferecidos como substrato de oviposição (b).

### 3.2.5.3 Desenvolvimento embrionário de *C. capitata*

Para estudar o desenvolvimento embrionário de *C. capitata*, 20 bagas de uva, das cultivares Benitaka, Crimson, Itália e Festival, foram expostas por 2 h à infestação forçada, em gaiola de laboratório contendo fêmeas selvagens sexualmente maduras (10-12 dias de idade), e com prévia experiência de oviposição (segundo referido no item 3.2.5). Utilizou-se a densidade de duas fêmeas/baga/hora. Após a infestação, as bagas foram acondicionadas em bandejas plásticas (38 x 27 x 10cm), cobertas com tecido voal e mantidas em sala climatizadas semelhantes às citadas no item 3.2.1. Após 36 h da infestação, sob estereoscópio binocular com aumento de 40x, iniciou-se a avaliação do número de larvas recém-eclodidas, bem como de ovos não eclodidos (fechados). Esse procedimento foi repetido a cada 12 h até completar 96 h após infestação.

Com esses registros calculou-se a taxa de eclosão de larvas (TE) mediante a fórmula:  $TE (\%) = [(\text{número de larvas eclodidas} / \text{total de ovos recuperados}) \times 100]$ . Com base nessas informações também foi estimada a duração do período embrionário para cada cultivar de uva estudada.

#### 3.2.5.4 Desenvolvimento pós-embrionário de *C. capitata* e sobrevivência de estágios imaturos em uva

Com a finalidade avaliar o tempo de desenvolvimento e a sobrevivência dos estágios imaturos de *C. capitata* em videiras, 100 bagas em fase de colheita, de cada cultivar foram inoculadas, artificialmente, com larvas recém-eclodidas (L<sub>1</sub>) (PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS; NANOS, 2008). Para isso, uma pequena incisão, de aproximadamente 3 mm foi realizada na parte equatorial da baga, com estilete esterilizado, sendo posteriormente colocadas cinco L<sub>1</sub>, com auxílio de um pincel macio (modelo condor 0.002) e sob estereoscópio binocular (aumento de 40x) (Figura 3.4 a e b). A escolha dessa densidade baseou-se em avaliações realizadas em bagas provenientes de parreirais infestados por *C. capitata*, onde o comportamento mais frequentemente observado foi de duas posturas/baga e três ovos/postura.

Para cada cultivar estudada, as L<sub>1</sub> utilizadas nos experimentos foram provenientes de bagas da mesma cultivar expostas à infestação forçada por 2 h, em gaiola de laboratório contendo fêmeas selvagens, sexualmente maduras (10-12 dias de idade) e com prévia experiência de oviposição (segundo a metodologia descrita no item 3.2.5). Após inoculação das cinco L<sub>1</sub>, as bagas foram individualizadas em frascos plásticos (250 mL), contendo um papel filtro no fundo, fechados com tecido voal preso por elásticos para notas (Figura 3.4 c), que foram mantidos em sala com condições ambientais controladas. A partir do sétimo dia após a infestação, realizaram-se observações a cada 12 h para registrar a saída das larvas de terceiro ínstar (L<sub>3</sub>) da baga e dessa forma, definir a duração do período larval (L<sub>1</sub>-L<sub>3</sub>), em cada cultivar de uva. As larvas recuperadas foram acondicionadas individualmente com o auxílio de pinça entomológica em frascos plásticos (10mL) contendo uma fina camada de vermiculita umedecida como substrato para formação do pupário (Figura 3.4 d). Os frascos foram cobertos com filme de PVC, com pequenos orifícios para possibilitar a troca gasosa. Cada frasco foi devidamente identificado, registrando-se a data de coleta, número da baga e a cultivar de uva utilizada como substrato larval. Para repor a umidade nos frascos, a cada 48 h a vermiculita foi umedecida com o auxílio de um frasco borrifador, contendo água filtrada.

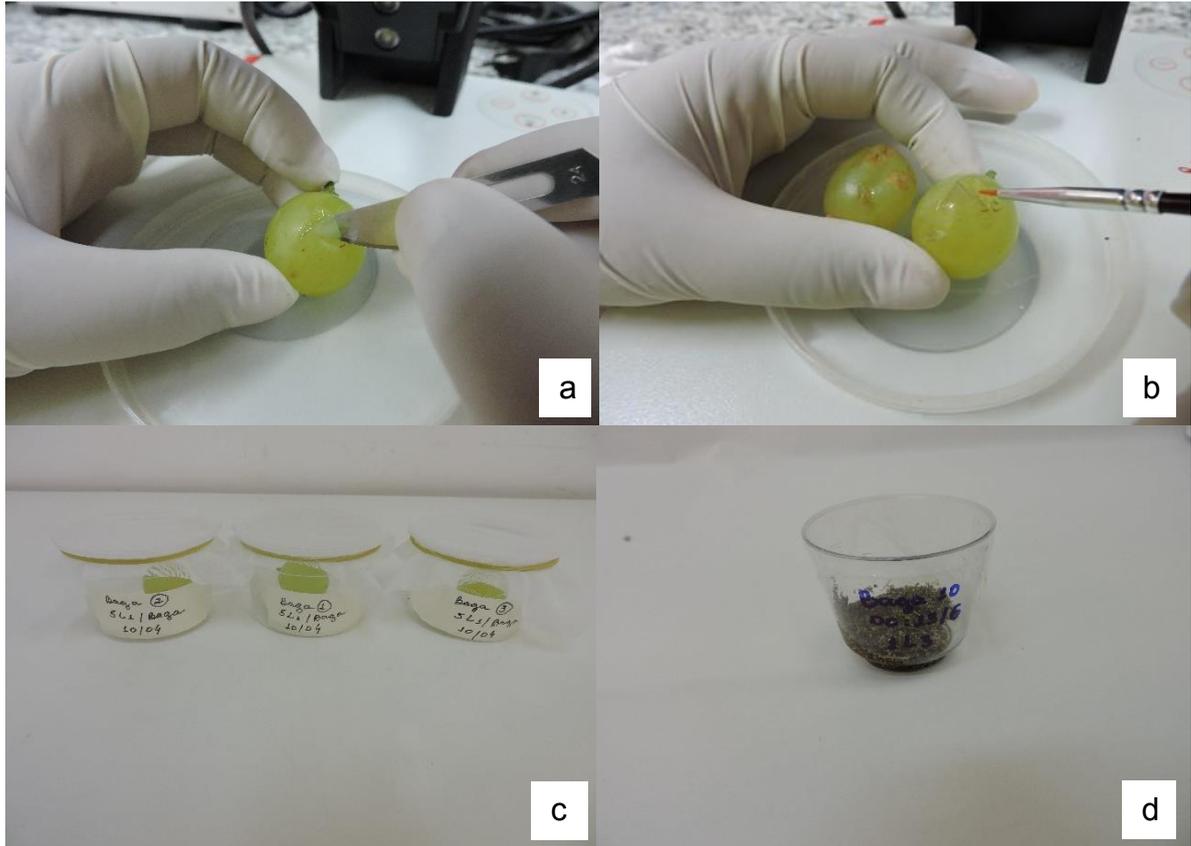


Figura 3.4 – Incisão realizada em baga de uva Itália (a). Infestação de baga de uva Itália com larvas recém-eclodidas de *Ceratitis capitata* (b). Baga de uva Itália acondicionada em frasco plástico após a infestação (c). Larvas de *Ceratitis capitata* acondicionadas em frascos contendo vermiculita (d).

As pupas foram pesadas no sétimo dia após a pupação, em balança analítica (Modelo AR3130, OHAUS Adventurer™, precisão de 0.0001 grama). A emergência dos adultos foi monitorada a partir do nono dia após a recuperação das larvas (L<sub>3</sub>), realizando-se avaliações a cada 12h. Os adultos emergidos foram sexados para posterior cálculo da razão sexual da progênie.

Para cada cultivar estudada os parâmetros biológicos avaliados foram: duração dos períodos larval (L<sub>1</sub> – L<sub>3</sub>), pupal (pupa-adulto), L<sub>1</sub>-adulto, peso da pupa (mg), viabilidade larval, pupal, L<sub>1</sub>-adulto (%), pupas recuperadas/baga e razão sexual da progênie. A viabilidade larval (VL) foi determinada mediante a fórmula: [(nº de L<sub>3</sub> recuperadas por baga/ densidade de larvas) X 100]. Para calcular a viabilidade do estágio de pupa (VP), utilizou-se a formula: [(nº de adultos emergidos/ nº de pupas recuperadas) X 100]. A razão sexual determinou-se como: [nº de fêmeas/ (nº de fêmeas + nº de machos)].

### 3.2.5.5 Fase adulta: períodos pré e oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de adultos de *C. capitata* criados nas diferentes cultivares de uvas de mesa

Para avaliar o padrão reprodutivo ao longo da vida (fecundidade e fertilidade) e a longevidade dos adultos de *C. capitata* oriundos das quatro cultivares testadas, 29 casais recém-emergidos foram escolhidos ao acaso por cultivar, e acondicionados individualmente em gaiolas adaptadas de frascos plásticos (1,5L) (Figura 3.5 a). Os adultos foram alimentados com dieta artificial à base de açúcar refinado e proteína na proporção de 3:1 e água filtrada *ad libitum* (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; SILVA NETO et al., 2012).

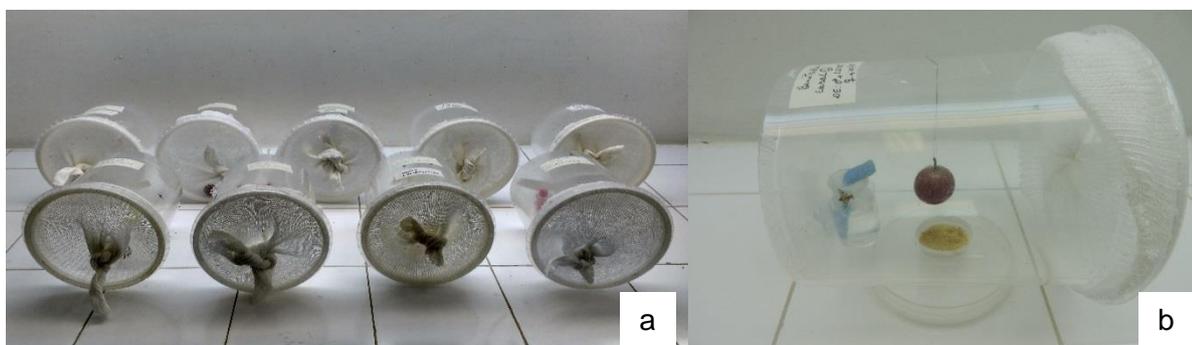


Figura 3.5 – Gaiolas de laboratório contendo casais de *Ceratitís capitata* (a). Baga de uva Benitaka exposta como substrato de oviposição para fêmea de *Ceratitís capitata* (b).

A partir do terceiro dia após a emergência e até o final do ciclo de vida das fêmeas, bagas de uva da mesma cultivar utilizada pelos insetos durante o desenvolvimento larval, foram oferecidas como substrato de oviposição por 24h (Figura 3.5 b). Transcorrido este período, as bagas foram retiradas e identificadas segundo a data e casal. Em seguida, as bagas foram dissecadas sob estereoscópio para recuperação dos ovos e determinação da fecundidade diária/fêmea. Os ovos recuperados foram acondicionados com auxílio de pincel macio em placas de Petri (90 x 15 mm), sobre uma esponja vegetal coberta com tecido preto, para posterior visualização da eclosão das larvas. Transcorridas 96 h, a eclosão foi avaliada sob microscópio estereoscópio binocular (40x). Os parâmetros biológicos estudados por cultivar foram: períodos pre-oviposição e oviposição, fecundidade diária e total/fêmea, fertilidade e longevidade dos adultos (machos e fêmeas). A mortalidade dos insetos foi registrada diariamente.

### 3.2.5.6 Parâmetros demográficos de populações de *C. capitata* provenientes de diferentes cultivares de uva

Com base nos dados biológicos obtidos foram elaboradas as tabelas de vida de fertilidade de coortes de *C. capitata* criadas nas quatro cultivares estudadas. Os parâmetros demográficos: duração média de uma geração ( $T$ ), taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), taxa infinitesimal de aumento ( $r_m$ ) e razão finita de aumento ( $\lambda$ ) foram estimados segundo Silveira Neto et al. (1976) e Carey (1993).

### 3.2.6 Análise estatística

Em todos os experimentos conduzidos seguiu-se o desenho experimental inteiramente casualizado. Nos bioensaios realizados para determinar a preferência de *C. capitata* por cultivares de uva com chance de escolha, os resultados das variáveis: número de posturas/baga e número de ovos/baga foram transformados em  $\sqrt{x+0,5}$  e posteriormente submetidos à análise de variância paramétrica simples (ANOVA com um fator) para verificação de significância através do teste F. As comparações entre as médias dos tratamentos foram realizadas através do teste de Tukey (HSD). A possível relação entre o número de ovos de *C. capitata* depositados por baga e o teor de SST determinou-se mediante análise de correlação de Pearson. Os resultados das avaliações físico-químicas, viabilidade ovo-L<sub>1</sub>, período de oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade dos adultos também foram analisados através de ANOVA e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey. A influência do sexo na longevidade dos insetos foi analisada através do teste paramétrico t de Student (Teste t).

Os dados referentes à duração dos períodos larval/pupal/L<sub>1</sub>-adulto, peso do pupário e período pré-oviposição de fêmeas de *C. capitata* foram analisados através do teste não paramétrico, Kruskal Wallis e, quando detectadas diferenças significativa as médias dos tratamentos foram comparadas par a par pelo teste de Mann-Whitney. A possível relação entre a duração do período larval e o peso do pupário foi determinada através de análise de correlação de Spearman. Já a relação entre o peso da pupa e a emergência dos adultos foi analisada mediante o teste não paramétrico do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ). Os valores de viabilidades (L<sub>1</sub>-L<sub>3</sub>; L<sub>3</sub>-adulto; L<sub>1</sub>-adulto), razão sexual da progênie e proporção de fêmeas inférteis também foram

analisados através do teste de  $\chi^2$ . Para maior consistência dos resultados estatísticos antes da análise de cada uma das variáveis biológicas estudadas, foram avaliadas as premissas básicas de uma ANOVA, normalidade e homocedasticidade, por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ) e Cochran C, Hartley, Bartlett ( $p > 0,05$ ), respectivamente. Quando essas premissas não foram cumpridas os resultados foram analisados através de testes não paramétricos. Todas as análises estatísticas foram feitas mediante a utilização do software estatístico Statistica (STASOFT), versão 13.0, com nível de significância de 0,05 ( $\alpha = 0,05$ ).

### 3.3 Resultados

#### 3.3.1 Preferência de oviposição de *C. capitata* em cultivares de uva de mesa em condições de livre escolha

No estudo de preferência de oviposição com chance de escolha foi constatada a presença de posturas e ovos de *C. capitata* nas quatro cultivares testadas, nos dois bioensaios conduzidos (Tabela 3.1). Quando as fêmeas de *C. capitata* não possuíam experiência de oviposição em bagas de uvas, o maior número de posturas e de ovos/baga foi verificado em bagas de uva Benitaka (posturas:  $F_{(3, 76)} = 60,70$ ;  $p < 0,001$ ; ovos:  $F_{(3, 76)} = 66,64$ ;  $p < 0,001$ ). A ordem de hierarquia de oviposição de *C. capitata* foi: Benitaka > Crimson > Festival = Itália, ou seja, as uvas vermelhas foram preferidas pelas fêmeas como substrato de oviposição.

No segundo bioensaio, fêmeas com experiência de oviposição, também foi verificada diferenças significativas entre as cultivares estudadas com relação ao número de posturas e de ovos de *C. capitata* por baga (posturas:  $F_{(3, 76)} = 11,42$ ;  $p < 0,001$ ; ovos:  $F_{(3, 76)} = 16,84$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabela 3.1). A experiência de oviposição das fêmeas nas cultivares testadas modificou a hierarquia de oviposição em relação às não experientes. Diferentemente do primeiro bioensaio, as uvas vermelhas, Benitaka e Crimson, foram igualmente preferidas pelas fêmeas como substrato de oviposição após o contato prévio com esses frutos (Tabela 3.1). Diferenças significativas também não foram detectadas entre as uvas Crimson e Itália, no que se refere a esses parâmetros biológicos. Apesar da prévia experiência

de oviposição das fêmeas, as uvas brancas (Itália e Festival) continuaram sendo menos preferidas como substrato de oviposição sob condições de livre escolha. Nos dois experimentos conduzidos não foi detectada correlação entre o número de ovos de *C. capitata* depositados por baga e o teor de SST (bioensaio 1:  $r = -0,1357$ ;  $p=0,2230$ ,  $N=80$ ; bioensaio 2:  $r = -0,1510$ ;  $p=0,1811$ ,  $N=80$ ).

Nas quatro cultivares avaliadas 2 ovos/postura foi a densidade mais frequentemente observada para fêmeas sem experiência de oviposição (Benitaka:  $37,1 \pm 0,12\%$ ; Crimson:  $37 \pm 0,17\%$ ; Festival:  $41,7 \pm 0,21\%$  e Itália:  $48,3 \pm 0,08\%$ ) (Figuras 3.6 a e c; 3.8 a e c). O contato prévio das fêmeas de *C. capitata* com as cultivares estudadas não alterou o padrão de ovos/postura observado no primeiro experimento (Figura 3.6 b, d e 3.7 b, d). Aproximadamente 40% das posturas realizadas por fêmeas experientes nas quatro cultivares apresentaram 2 ovos. Por outro lado, nas uvas Benitaka, Crimson e Festival, registraram-se posturas com altas densidades de ovos (acima de 7 ovos), independentemente da experiência prévia de oviposição das fêmeas. No entanto, esse comportamento não foi observado nas bagas de uva Itália, sendo 6 ovos por postura a maior densidade observada nessa cultivar quando as fêmeas não possuíam experiência prévia de oviposição (Figura 3.7 c).

Tabela 3.1 - Número médio ( $\pm$  erro padrão) de posturas e de ovos de *Ceratitis capitata* em bagas de uvas de mesa sob condição de livre escolha. T= 25  $\pm$  2°C, UR= 60  $\pm$  10%, fotofase 14 h

Cultivar de uva	Posturas / baga (n°)		Ovos / baga (n°)		Sólidos Solúveis (°Brix)	
	Fêmeas não experientes	Fêmeas experientes	Fêmeas não experientes	Fêmeas experientes	Bioensaio 1	Bioensaio 2
Benitaka	31,6 $\pm$ 1,56 a (28,33 - 34,87)	25,90 $\pm$ 2,04 a (21,62- 30,19)	121,15 $\pm$ 7,31 a (105,85 - 136,45)	77,95 $\pm$ 6,42 a (64,50 - 92,00)	18,01 $\pm$ 0,30 (15,90 - 20,60)	16,90 $\pm$ 0,53 (11,20 - 19,20)
Crimson	15,5 $\pm$ 1,47 b (12,42 - 18,58)	22,9 $\pm$ 2,08 ab (17,70 - 26,40)	54,85 $\pm$ 7,71 b (38,72 - 70,98)	69,90 $\pm$ 7,2 a (54,77- 85,03)	23,13 $\pm$ 0,35 (20,10 - 25,20)	23,75 $\pm$ 0,30 21,00 26,00)
Festival	7,6 $\pm$ 1,11 c (5,39 - 9,72)	12,75 $\pm$ 1,26 bc (10,11 - 15,39)	23,55 $\pm$ 3,13 c (17,00 30,10)	33,35 $\pm$ 3,59 b (25,82 - 44,88)	18,81 $\pm$ 0,31 (16,70 - 22,20)	17,83 $\pm$ 0,29 (16,00 - 21,40)
Itália	7,5 $\pm$ 1,03 c (5,13 - 9,77)	17,35 $\pm$ 1,46 c (14,30 - 20,40)	16,30 $\pm$ 2,87 c (10,30 22,30)	39,90 $\pm$ 3,60 b (32,81- 42,89)	19,82 $\pm$ 0,49 (16,00 - 23,40)	17,72 $\pm$ 0,30 (15,40 - 21,20)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de confiança do parâmetro avaliado.

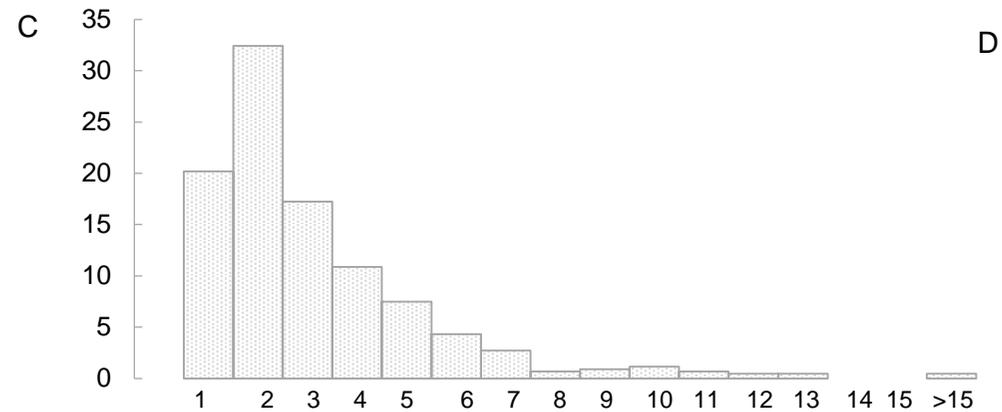
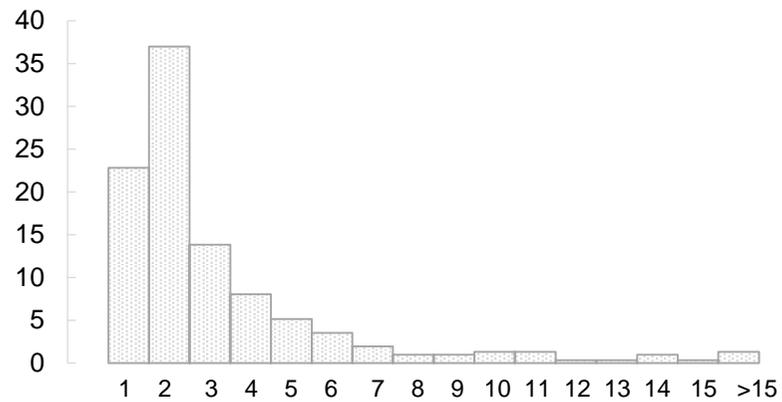
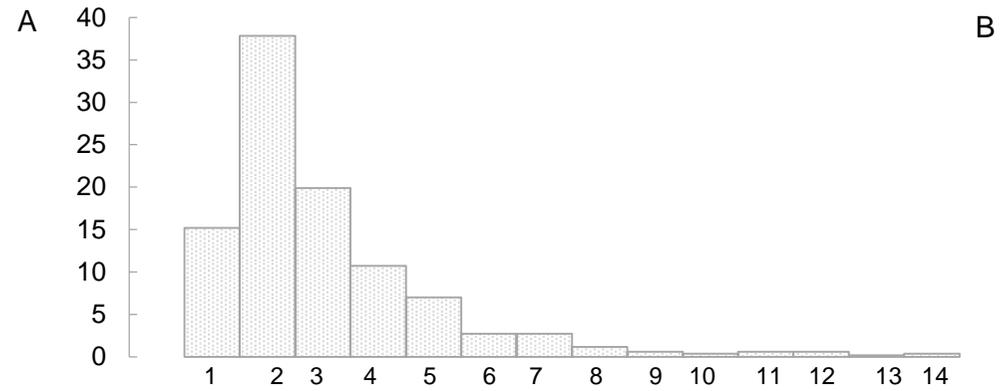
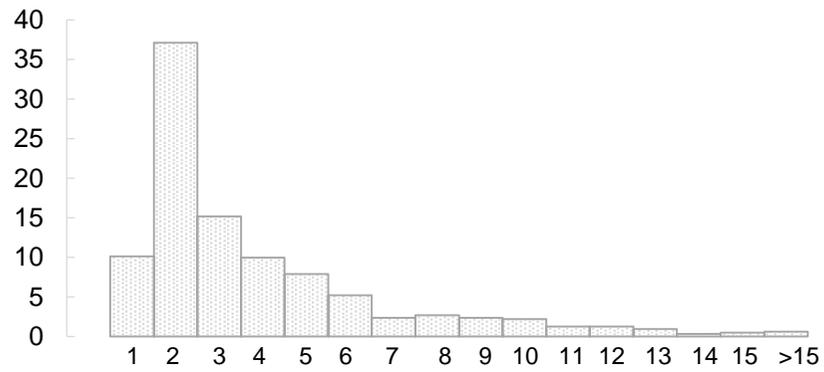


Figura 3.6 - Oviposição de fêmeas de *Ceratitís capitata* em uvas de mesa vermelha, Benitaka (A e B) e Crimson (C e D) sob condições de livre escolha (A e C sem previa experiência de oviposição; B e D fêmeas experientes).  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $UR = 60 \pm 10\%$ , fotofase 14h.

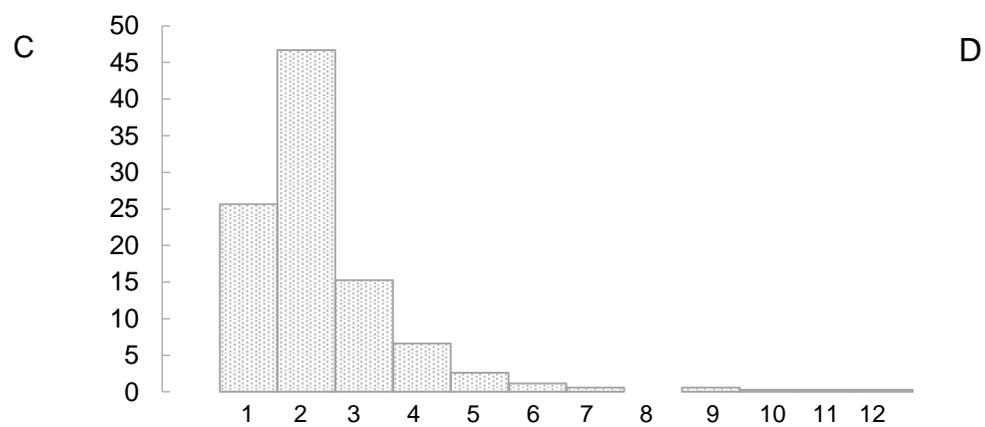
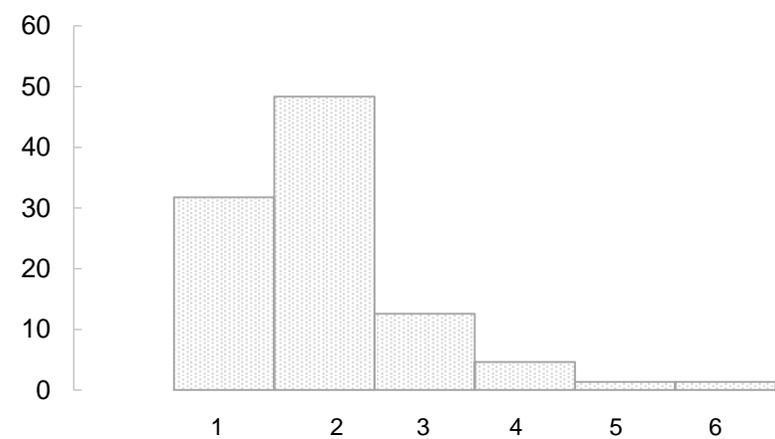
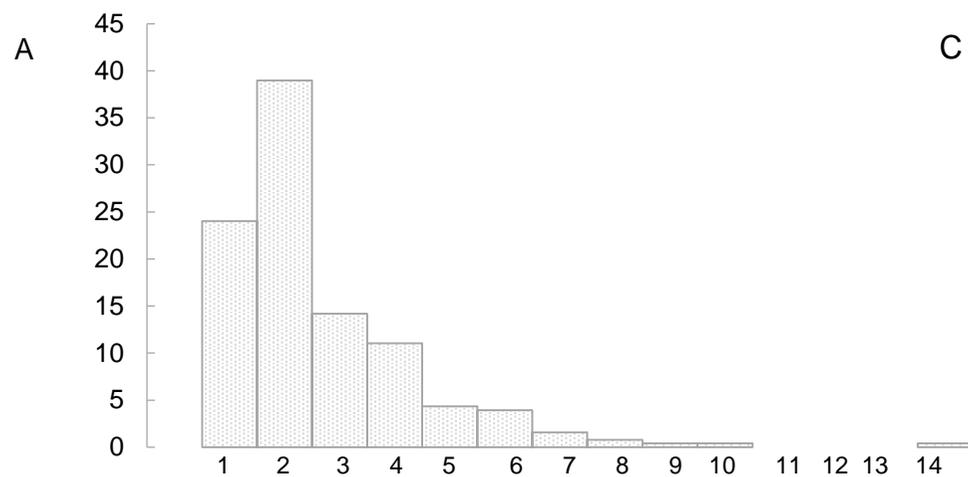
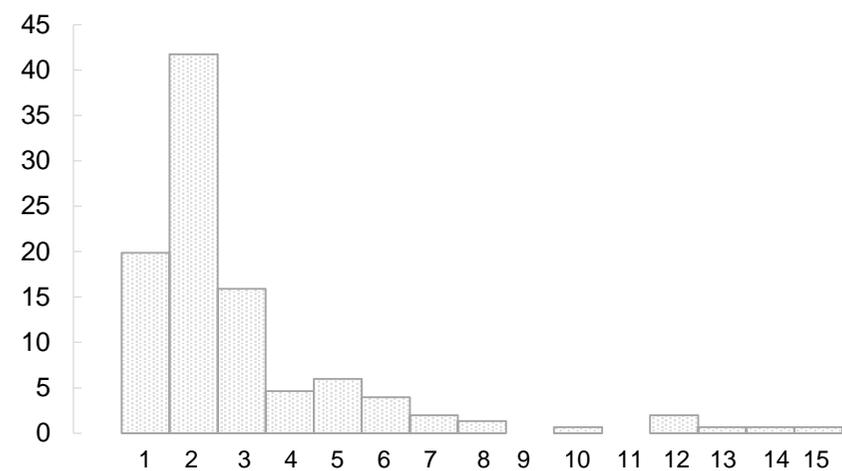


Figura 3.7 - Oviposição de fêmeas de *Ceratitits capitata* em uvas de mesa branca Festival (A e B) e Itália (C e D) sob condições de livre escolha (A e C sem previa experiência de oviposição; B e D fêmeas experientes). T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

### 3.3.2 Biologia de *C. capitata* em cultivares de uva de mesa

#### 3.3.2.1 Parâmetros físico-químicos de bagas de uvas de mesa

Os resultados da caracterização físico-químicas das uvas utilizadas no estudo de biologia de *C. capitata* estão descritos na Tabela 3.2. O peso da baga apresentou diferenças significativas entre as variedades ( $F_{(3, 12)} = 133,48$ ;  $p < 0,05$ ), sendo os maiores valores registrados em bagas de Benitaka e Itália. A firmeza foi significativamente menor em bagas de Itália ( $F_{(3, 12)} = 9,47$ ;  $p < 0,05$ ). O teor de Sólidos Solúveis apresentou valores superiores a 12% nas quatro cultivares testadas, não sendo constatada interação significativa entre as cultivares no que se refere a esse parâmetro ( $F_{(3, 12)} = 2,74$ ;  $p = 0,1130$ ). Quanto à acidez os maiores valores foram registrados nas bagas de Crimson e Itália, e diferenças significativas foram verificadas entre essas cultivares com relação às cultivares Benitaka e Festival ( $F_{(3, 12)} = 12,28$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Caracterização físico-química (média  $\pm$  erro padrão) de bagas de uvas de mesa produzidas no Vale do São Francisco. Juazeiro, Bahia

Parâmetros físico-químicos	Benitaka	Crimson	Festival	Itália
Peso da baga (g)	10,65 $\pm$ 0,38 a (9,10 – 13,07)	3,82 $\pm$ 0,13 c (2,70 – 4,70)	5,83 $\pm$ 0,15 b (4,90 – 7,30)	9,70 $\pm$ 0,28 a (5,70 – 12,01)
Firmeza (N)	4,70 $\pm$ 0,19 a (4,45 - 5,08)	5,08 $\pm$ 0,19 a (4,75 - 5,40)	4,72 $\pm$ 0,17 a (4,50 - 5,05)	3,69 $\pm$ 0,22 b (3,31 – 4,09)
Sólidos solúveis (%)	12,00 $\pm$ 0,26 a (11,60 – 12,60)	18,23 $\pm$ 0,83 a (17,00 – 19,12)	15,63 $\pm$ 2,80 a (17,20 – 19,50)	16,23 $\pm$ 1,13 a (14,00 – 17,70)
Acidez (g. de ácido tartárico/100 mL)	0,46 $\pm$ 0,02 b (0,43 – 0,49)	0,60 $\pm$ 0,03 a (0,54 – 0,65)	0,39 $\pm$ 0,05 b (0,33 – 0,48)	0,62 $\pm$ 0,02 a (0,54 – 0,64)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro avaliado.

### 3.3.2.2 Desenvolvimento embrionário de *C. capitata*

A duração do período embrionário de *C. capitata* oscilou entre 48 e 96 h nas cultivares estudadas. No entanto, as observações realizadas mostraram que aproximadamente 50% das larvas eclodiram entre 48 e 72 h após oviposição (Figura 3.8). Apenas 11 a 22% das larvas eclodiram após 72 h. O comportamento observado mostra uma sincronia no desenvolvimento embrionário de *C. capitata* nas quatro cultivares estudadas. A viabilidade ovo-L<sub>1</sub> atingiu valores médios de  $76,77 \pm 3,90$ ;  $85,61 \pm 2,74$ ;  $84,29 \pm 3,25$ ;  $77,94 \pm 4,52$ , para as variedades Benitaka, Crimson, Festival e Itália, respectivamente, não sendo afetado esse parâmetro biológico pelo substrato de oviposição ( $F_{(3, 76)} = 1,54$ ;  $p < 0,05$ ).

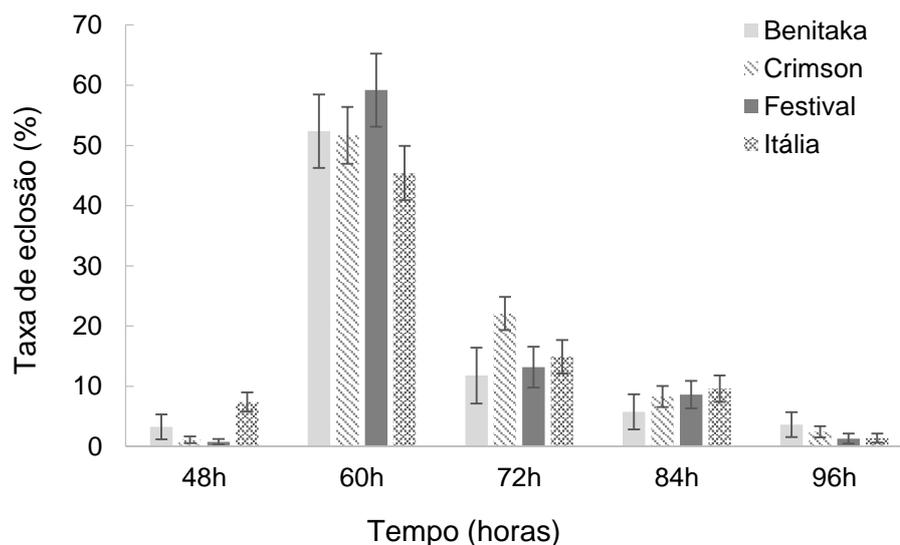


Figura 3.8 – Desenvolvimento embrionário de *Ceratitis capitata* em cultivares de uva de mesa, em condições de laboratório.  $T=25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{UR}=60 \pm 10\%$ , fotofase 14 h.

### 3.3.2.3 Desenvolvimento pós-embrionário de *C. capitata* e sobrevivência de estágios imaturos em uva

De um total de 100 bagas infestadas por cultivar, em 16 a 20% das mesmas não foram recuperadas larvas do terceiro ínstar. Segundo os resultados obtidos, aproximadamente 60% das larvas inoculadas (L<sub>1</sub>) não completaram o

desenvolvimento. A recuperação média de larvas/baga foi de:  $1,94 \pm 0,14$ ;  $1,98 \pm 0,15$ ;  $2,10 \pm 0,15$ ; e  $2,0 \pm 0,14$  para as uvas Benitaka, Crimson, Itália e Festival, respectivamente (Figura 3.9).

A duração da fase larval de *C. capitata* oscilou de 8 a 16 dias e diferenças significativas foram constatadas entre as cultivares [ $H_{(3, 804)} = 32,90$ ;  $p < 0,05$ , teste Kruskal Wallis]. A maior duração desse estágio verificou-se em bagas de uva Itália ( $11,5 \pm 0,15$ ;  $N=203$ ) (Tabela 3.3). Não houve diferenças entre as uvas vermelhas (Benitaka e Crimson) para esse parâmetro biológico. A amplitude do estágio larval foi menor em bagas de uva Festival, sendo que 90% das larvas recuperadas completaram seu desenvolvimento entre o sétimo e o décimo segundo dia após a inoculação.

O tempo de desenvolvimento larval das fêmeas, foi influenciado significativamente pelo substrato larval ( $H_{(3, 244)} = 16,06$ ;  $p < 0,05$ ). A maior duração do estágio larval para fêmeas observou-se em uva Itália ( $11,6 \pm 0,22$ ). Para os machos também foram constatadas diferenças significativas entre as cultivares ( $H_{(3, 282)} = 15,36$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 3.3).

Considerando o período larval dentro da mesma cultivar, não houve diferença entre o desenvolvimento de machos e fêmeas (Teste de Mann-Whitney, Benitaka  $p=0,6103$ ; Crimson  $p=0,4705$ ; Festival  $p=0,0803$ ; Itália  $p=0,060$ ) (Tabela 3.3). A cultivar de uva tampouco afetou a viabilidade larval ( $\chi^2 = 0,13$ ;  $gl=3$ ;  $p=0,9888$ ), com valores médios de 38,8 (Benitaka), 39,6 (Crimson), 42,2 (Festival) e 40,6% (Itália).

A duração do estágio de pupa também foi afetada pela cultivar de uva. A menor duração desse estágio verificou-se para insetos criados em bagas de uva Festival, tanto para fêmeas ( $H_{(3, 244)} = 28,81$ ;  $p < 0,001$ ), quanto para machos ( $H_{(3, 282)} = 34,23$ ;  $p < 0,001$ ). A duração do estágio de pupas machos e fêmeas oriundas da mesma cultivar, não foram diferentes (Teste de Mann-Whitney, Benitaka  $p=0,9363$ ; Crimson  $p=0,056$ ; Festival  $p=0,4240$ ; Itália  $p=0,1238$ ) (Tabela 3.3).

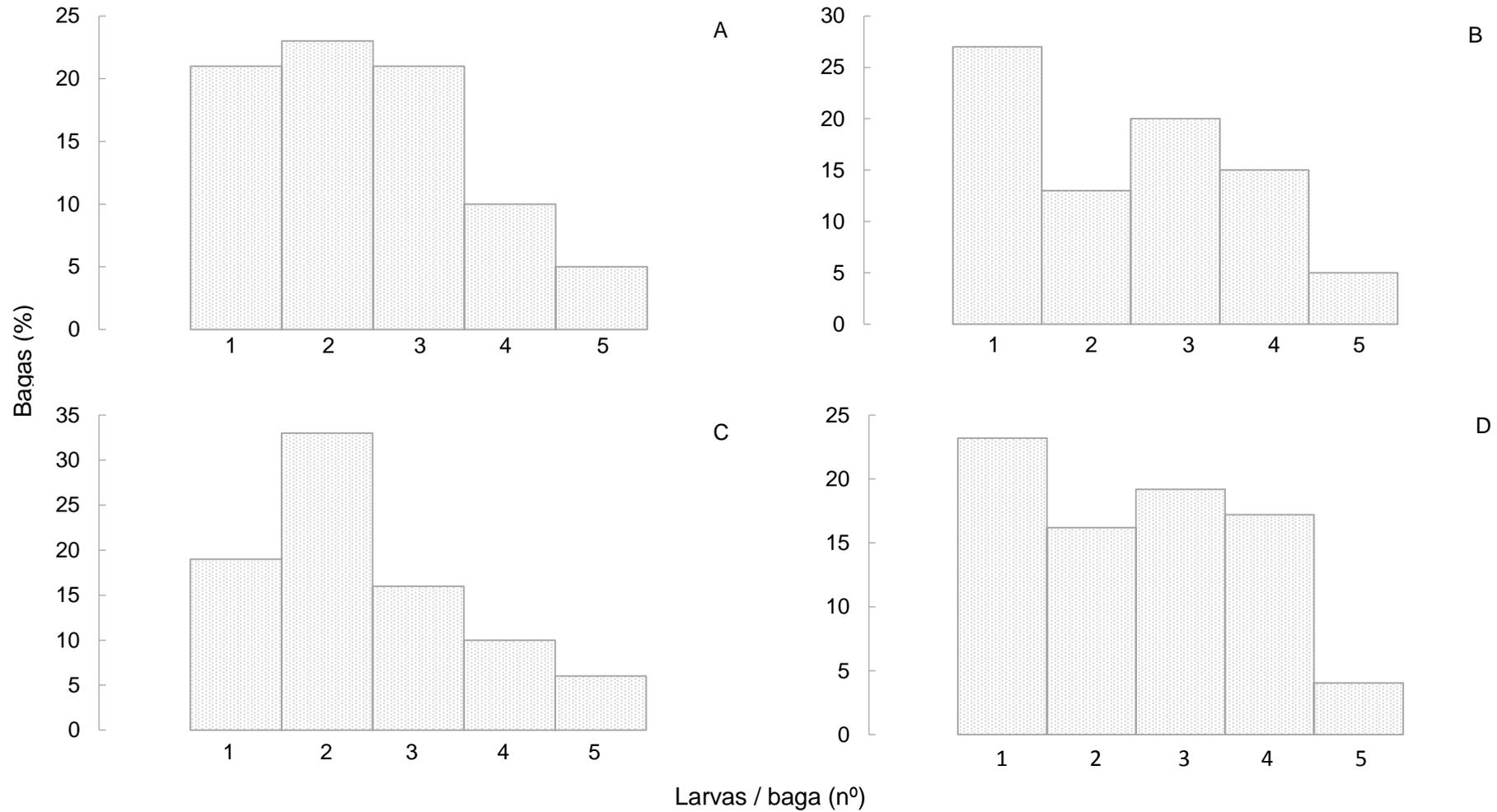


Figura 3.9 – Recuperação de larvas (L<sub>3</sub>) de *Ceratitis capitata* por baga, nas cultivares de uva de mesa Benitaka (A), Crimson (B), Festival (C) e Itália (D). T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

Tabela 3.3 – Duração das fases imaturas (média  $\pm$  erro padrão) de fêmeas e machos de *Ceratitis capitata* sobre quatro cultivares de uva de mesa. T= 25  $\pm$  2°C, UR= 60  $\pm$  10%, fotofase 14 h.

Parâmetros biológicos	Cultivar de Uva			
	Benitaka	Crimson	Festival	Itália
Fase larval	10,6 $\pm$ 0,13 b (7 - 17)	10,7 $\pm$ 0,13 b (7 - 16)	10,3 $\pm$ 0,22 c (7 - 14)	11,5 $\pm$ 0,22 a (9 - 18)
Fase larval (fêmea)	10,7 $\pm$ 0,23 Ab (9 - 15)	10,6 $\pm$ 0,18 Ab (8 - 16)	10,5 $\pm$ 0,22 Ab (8 - 14)	11,6 $\pm$ 0,22 Aa (9 - 16)
Fase larval (macho)	10,8 $\pm$ 0,23 Aa (7 - 17)	10,4 $\pm$ 0,20 Aab (7 - 18)	10,0 $\pm$ 0,18 Ab (7 - 14)	11,1 $\pm$ 0,10 Aa (9 - 18)
Fase de pupa (fêmea)	11,7 $\pm$ 0,13 Aa (10 - 13)	11,8 $\pm$ 0,09 Aa (10 - 13)	11,3 $\pm$ 0,08 Ab (11 - 13)	12,0 $\pm$ 0,10 Aa (10 - 14)
Fase de pupa (macho)	11,8 $\pm$ 0,11 Aa (10 - 15)	11,5 $\pm$ 0,08 Aa (10 - 13)	11,2 $\pm$ 0,06 Ab (12 - 13)	11,8 $\pm$ 0,10 Aa (10 - 14)
Ciclo L <sub>1</sub> - adulto (fêmea e macho)	22,6 $\pm$ 0,19 ab (18 - 30)	22,2 $\pm$ 0,16 b (19 - 31)	21,4 $\pm$ 0,15 c (18 - 25)	23,2 $\pm$ 0,20 a (19- 30)

(\*): abrange larvas que não atingiram a fase adulta. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si (Teste de Kruskal-Wallis; p < 0,05). Para uma mesma variável médias seguidas da mesma letra (maiúscula) na mesma coluna não diferem entre si (Teste de Mann-Whitney; p < 0,05). Valores entre parênteses representam a variação máxima e mínima do parâmetro avaliado.

Para o peso do pupário, verificou-se que a cultivar de uva não teve influência para as fêmeas ( $H_{(3, 244)} = 3,67$ ;  $p = 0,2985$ ). No entanto, diferenças significativas foram verificadas entre as cultivares com relação ao peso das pupas que originaram machos ( $H_{(3, 282)} = 18,87$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 3.10). Nas uvas Benitaka, Crimson, Festival e Itália, foi observado que 7,73; 9,60; 11,96 e 9,35% das pupas recuperadas, respectivamente, apresentaram um peso inferior a 5 mg. Ainda para o peso da pupa constatou-se que houve correlação positiva entre esse parâmetro e a duração do estágio larval ( $\rho = 0,9414$ ;  $p < 0,05$ ;  $N = 804$ ).

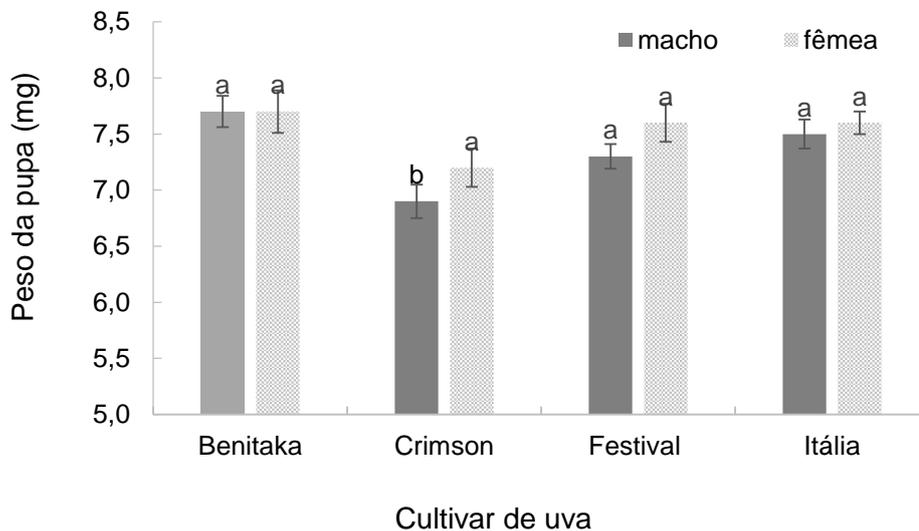


Figura 3.10 – Peso médio ( $\pm$  erro padrão) de pupas machos e fêmeas de *Ceratitits capitata* desenvolvidos sobre cultivares de uva de mesa em condições de laboratório.  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $UR = 60 \pm 10\%$ , fotofase 14 h. Colunas da mesma cor seguidas por letras diferentes diferem entre si (Teste Kruskal-Wallis;  $p < 0,05$ ).

A viabilidade do estágio de pupa não foi afetada pela cultivar de uva ( $\chi^2 = 3,78$ ;  $gl = 3$ ;  $p = 0,2859$ ). Aproximadamente 60-70% das pupas recuperadas atingiram a fase adulta (Benitaka = 57,73%; Crimson = 66,70%; Festival = 64,60%; Itália = 72,41%). A taxa de emergência de adultos foi influenciada significativamente pelo peso da pupa em todas as cultivares (Benitaka -  $\chi^2 = 31,93$ ; Crimson -  $\chi^2 = 32,32$ ; Festival -  $\chi^2 = 68,47$ ; Itália -  $\chi^2 = 59,16$ ;  $gl = 4$ ,  $p < 0,05$ ). Na medida em que aumentou o peso do pupário, a taxa de emergência foi maior (Figura 3.11). Não foi verificada

emergência de adultos em pupas com peso inferior a 4 mg, em nenhuma das uvas estudadas. A maior taxa de emergência de adultos para pupas com um peso corporal de 5 mg observou-se na uva Crimson (55,17%). Em pupários com um peso corporal acima de 7 mg, a taxa de emergência alcançou valores superiores a 75%, nas quatro cultivares estudadas (Figura 3.11).

No que se refere à duração do ciclo biológico L<sub>1</sub>-adulto, diferenças significativas foram constatadas entre as cultivares de uva ( $H_{(3, 526)} = 51,13$ ;  $p < 0,05$ ). O menor valor para esse parâmetro foi constatado em insetos oriundos da uva Festival (Tabela 3.3). A viabilidade L<sub>1</sub>-adulto oscilou entre 22,40 a 29,40%, ou seja, aproximadamente 70% das larvas inoculadas não atingiram a fase adulta, mas não foi afetado pelo substrato de desenvolvimento larval ( $\chi^2 = 0,80$ ;  $gl=3$ ;  $p=0,8491$ ). A razão sexual atingiu valores de 0,41; 0,51; 0,41; e 0,52 para as uvas Benitaka, Crimson, Festival e Itália, respectivamente e não foi influenciado pela cultivar de uva ( $\chi^2 = 3,63$ ;  $gl=3$ ;  $p=0,3042$ ). Ou seja, nas progênes das quatro cultivares avaliadas, a razão sexual se manteve aproximadamente na proporção de 1:1 (fêmea: macho).

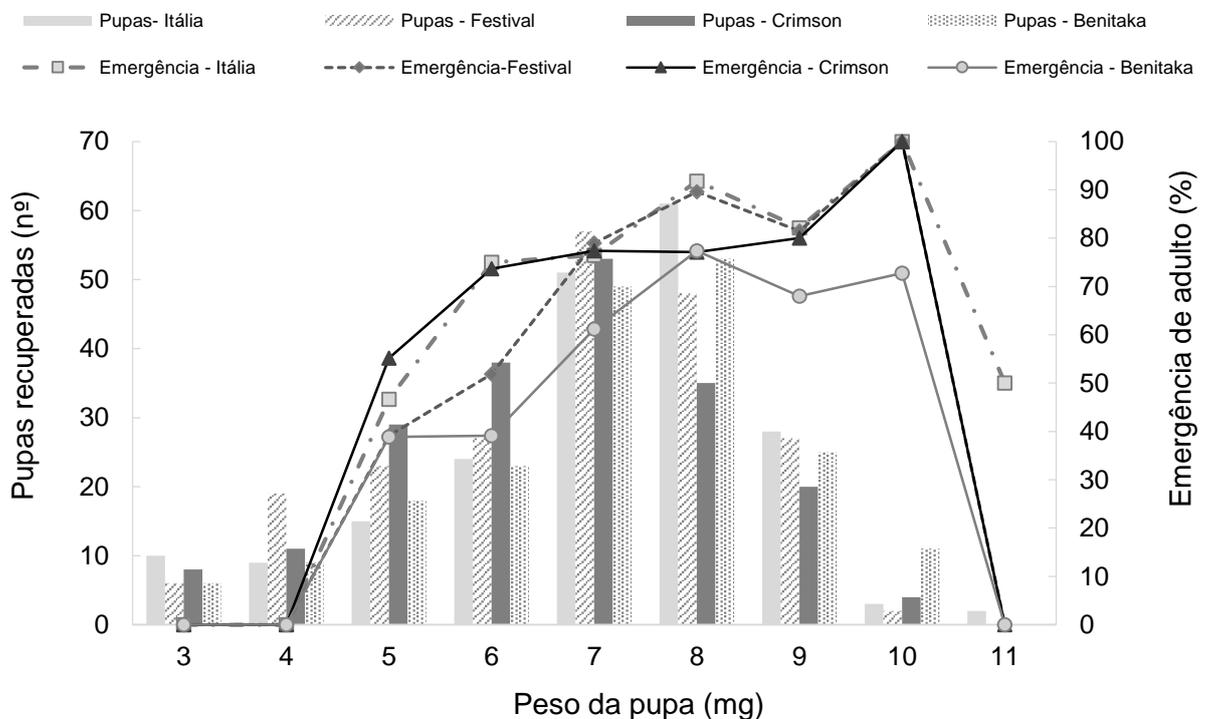


Figura 3.11 - Pupas de *Ceratitidis capitata* recuperadas de cultivares de uvas de mesa e emergência de adultos. T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

### 3.3.2.4 Fase adulta: períodos de pré-oviposição, oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de adultos de *C. capitata* criados nas diferentes cultivares de uva de mesa

O período de pré-oviposição para fêmeas de *C. capitata* desenvolvidas nas uvas de mesa estudadas oscilou entre 4 a 18 dias após emergência. O substrato utilizado durante o desenvolvimento larval influenciou significativamente sobre esse parâmetro biológico ( $H_{(3, 115)} = 20,02$ ;  $p < 0,05$ ). A maior ( $7,76 \pm 0,73$ ) e menor ( $4,70 \pm 0,25$ ) duração do período pré-oviposição constatou-se em fêmeas que utilizaram bagas vermelhas (Benitaka e Crimson) como alimento, durante a fase larval (Tabela 3.4).

O período reprodutivo (oviposição) variou em média de 32,03 a 44,11 dias e diferenças foram constatadas entre as fêmeas desenvolvidas nas uvas sem semente, Crimson e Festival ( $F_{(3,111)} = 3,21$ ;  $p < 0,05$ ). O tempo mínimo e máximo de oviposição para fêmeas oriundas das uvas estudadas foram de 2 e 80 dias, respectivamente (Tabela 3.4).

A fecundidade total (ovos/fêmea) também foi influenciada pela cultivar utilizada durante o desenvolvimento larval ( $F_{(3, 111)} = 2,75$ ;  $p < 0,05$ ). A maior fecundidade ao longo da vida foi verificada em fêmeas oriundas de uva Festival ( $542,61 \pm 34,91$ ). A máxima fecundidade foi de 1094 ovos, registrada em uma fêmea oriunda da uva Benitaka. A fecundidade diária/fêmea variou entre 11,56 a 14,84 ovos e diferenças estatísticas não foram detectadas entre as coortes de fêmeas estudadas ( $F_{(3, 111)} = 1,55$ ;  $p = 0,2052$ ). Todas as fêmeas avaliadas ovipositaram, com exceção de uma fêmea oriunda de uva Itália (Tabela 3.4).

A fertilidade atingiu valores médios inferiores a 50% e foram semelhantes nas quatro coortes de fêmeas avaliadas ( $F_{(3,111)} = 1,98$ ;  $p = 0,1218$ ) (Tabela 4.3). Em todas as coortes a proporção de fêmeas inférteis foi superior a 10% (Benitaka: 13,79%; Crimson: 34,48%, Festival: 14,29%; Itália: 24,14%;  $\chi^2 = 4,86$ ;  $gl=3$ ;  $p=0,6765$ ). Apenas 31,03 e 39,29% das fêmeas oriundas das uvas Crimson e Festival, atingiram valores de fertilidade acima de 50%. Já para fêmeas desenvolvidas nas uvas Itália e Benitaka, ambas com semente, valores de fertilidade superiores a 50% foram registrados em 55,17 e 51,7 % das fêmeas, respectivamente ( $\chi^2 = 1,60$ ;  $gl=3$ ;  $p=0,9785$ ).

Tabela 3.4 – Parâmetros reprodutivos (média  $\pm$  erro padrão) de progênies de *Ceratitis capitata* desenvolvidas sobre quatro cultivares de uva de mesa. T= 25  $\pm$  2°C, UR= 60  $\pm$  10%, fotofase 14 h.

Parâmetros biológicos	Cultivar de uva			
	Benitaka	Crimson	Festival	Itália
Período pré-oviposição (dias)	7,76 $\pm$ 0,73a (4 - 18)	4,70 $\pm$ 0,25c (4 - 9)	5,54 $\pm$ 0,30b (4 - 11)	5,72 $\pm$ 0,35ab (4 - 18)
Período de oviposição (dias)	41,00 $\pm$ 3,20ab (14 - 81)	32,03 $\pm$ 2,77b (14 - 66)	44,11 $\pm$ 3,01a (8 - 68)	33,66 $\pm$ 3,78ab (10 - 72)
Fecundidade (ovos/fêmea)	448,83 $\pm$ 45,98ab (42 - 1094)	437,62 $\pm$ 39,82ab (10 - 923)	542,61 $\pm$ 34,91a (121 - 863)	378,03 $\pm$ 41,18b (0 - 834)
Fecundidade diária (Ovos/fêmea/dia)	11,56 $\pm$ 0,99 (2 - 22)	14,84 $\pm$ 1,39 (3 - 37)	13,39 $\pm$ 1,15 (5 - 34)	12,02 $\pm$ 1,21 (0 - 31)
Fertilidade total (%)	44,76 $\pm$ 6,59 (0 - 91)	28,30 $\pm$ 6,38 (0 - 94)	33,73 $\pm$ 6,52 (0 - 88)	48,38 $\pm$ 7,20 (0 - 96)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma diferem entre si [Teste de Kruskal-Wallis (período de pré-oviposição); Teste de Tukey (período de oviposição; fecundidade total e diária); p< 0,05]. Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro.

A longevidade das fêmeas oscilou em média entre 45,00 e 55,05 dias (Tabela 3.5) e não foi influenciada pelo substrato utilizado durante o desenvolvimento larval do inseto ( $F_{(3, 111)} = 1,15$ ;  $p=0,3328$ ). Avaliando esse parâmetro biológico ao longo do tempo observou-se que 50% das fêmeas das quatro coortes estudadas sobreviveram até o 40º dia após a emergência (Figura 3.12). A partir daí e até o 60º dia de vida, houve uma redução significativa da sobrevivência, nas quatro coortes avaliadas (Benitaka: 34,48%, Crimson: 27,59%, Festival: 42,6%, Itália: 31,03%). As curvas de sobrevivência também mostraram que uma pequena proporção das fêmeas oriundas das uvas Benitaka (6,90%), Crimson (3,45%) e Itália (3,45%) sobreviveram por mais de 100 dias. Já a sobrevivência máxima para fêmeas criadas na uva Festival foi de 81 dias (Figura 3.12).

Tabela 3.5 – Longevidade (média  $\pm$  erro padrão) de fêmeas e machos de *Ceratitis capitata* desenvolvidos sobre quatro cultivares de uva de mesa. T= 25  $\pm$  2°C, UR= 60  $\pm$  10%, fotofase 14 h.

Cultivares de uva	Longevidade de adultos (dias)	
	Fêmea	Macho
Benitaka	55,03 $\pm$ 5,11aB (19 - 144)	111,52 $\pm$ 8,87 aA (37 - 196)
Crimson	45,00 $\pm$ 4,66 aB (13 - 134)	74,76 $\pm$ 9,31 bA (9 - 181)
Itália	48,21 $\pm$ 4,56 aB (13 - 114)	85,21 $\pm$ 11,86 abA (8 - 226)
Festival	54,07 $\pm$ 3,06 aB (15 - 82)	85,54 $\pm$ 8,70 abA (8 - 165)

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ). Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si (Teste t,  $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro.

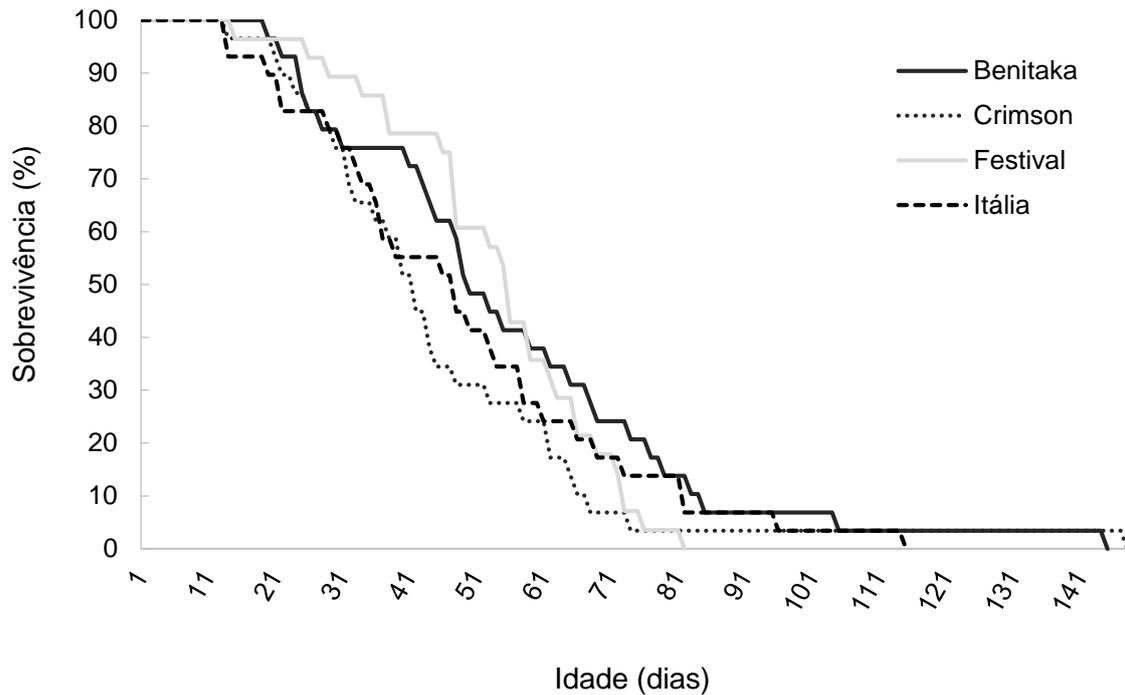


Figura 3.12 - Curva de sobrevivência de fêmeas de *Ceratitis capitata* desenvolvidas em uvas de mesa.  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $UR = 60 \pm 10\%$ , fotofase 14 h.

Quanto à longevidade dos machos, diferenças significativas foram detectadas entre as coortes estudadas ( $F_{(3, 111)} = 2,87$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 3.5). O maior valor médio desse parâmetro foi registrado na população oriunda da uva Benitaka ( $111,52 \pm 8,87$  dias). De acordo com as curvas de sobrevivência, nas quatro coortes estudadas a longevidade dos machos foi superior a 50%, após 60 dias da emergência dos insetos (Figura 3.13). O valor máximo desse parâmetro para machos registrou-se em insetos oriundos da uva Itália (226 dias). No entanto, em todas as coortes identificou-se a presença de insetos com longevidade maior que 150 dias (Benitaka: 24,14%, Crimson: 13,80%, Festival: 10,71%, Itália: 24,14%) (Figura 3.13). A longevidade dos machos foi significativamente maior que a das fêmeas, nas quatro coortes de *C. capitata* avaliadas (Teste t,  $p < 0,05$ ) (Tabela 3.4).

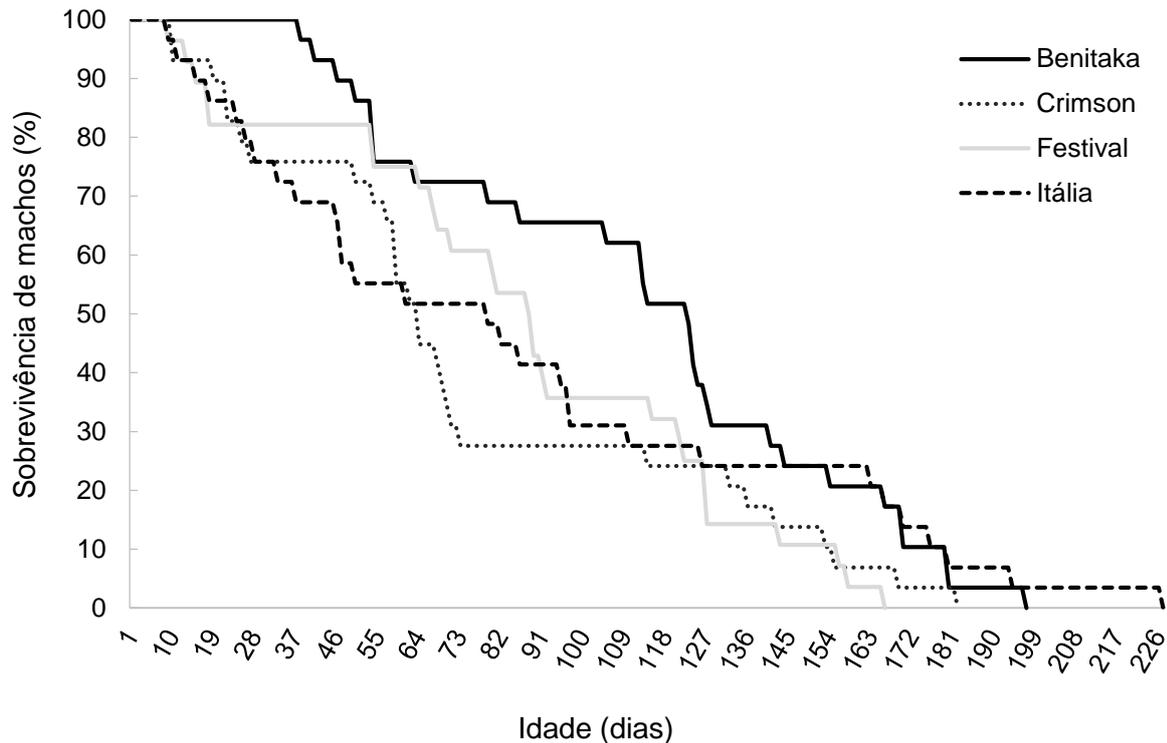


Figura 3.13 - Curva de sobrevivência de machos de *Ceratitis capitata* desenvolvidos em uvas de mesa. T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14h.

Quanto ao comportamento de oviposição das fêmeas ao longo da vida, semelhanças e diferenças foram observadas entre as coortes de *C. capitata* (Figuras 3.14 e 3.15). Em todas as populações, a oviposição iniciou-se no quinto dia após a emergência dos insetos. Para fêmeas desenvolvidas na uva Benitaka o padrão de oviposição se manteve estável desde o oitavo até o 46º dia, oscilando a fecundidade diária entre 10 a 14 ovos/fêmea/dia. Um pico de oviposição foi observado no 33º dia nas fêmeas dessa cultivar (16 ovos). A partir do 47º dia a fecundidade diminuiu gradativamente, sendo que a oviposição encerrou-se aos 81 dias após a emergência dos insetos (Figura 3.14 a).

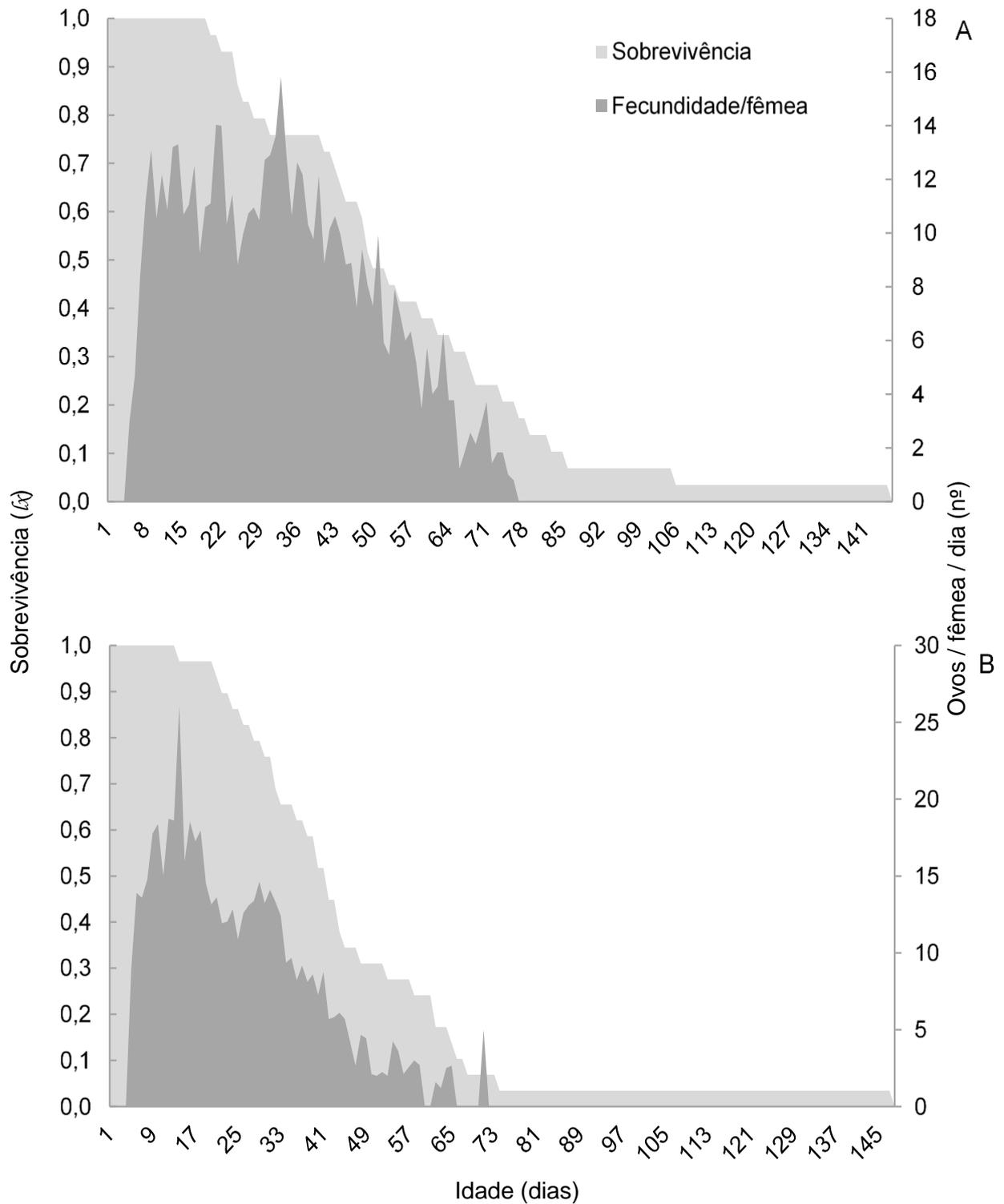


Figura 3.14 – Padrão de oviposição ao longo da vida e sobrevivência de fêmeas de *Ceratitidis capitata* oriundas de uvas de mesa vermelhas (A-Benitaka e B-Crimson). T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

O período reprodutivo das fêmeas oriundas de bagas de uva Crimson iniciou-se no quinto dia de vida, e apresentou dois picos de oviposição (Figura 3.14 b). O primeiro deles aconteceu entre o 12º e o 18º dia de vida das fêmeas, atingindo um valor máximo de 26 ovos/fêmea/dia. Já o segundo pico teve uma duração menor (7 dias) e ocorreu entre o 26º e o 32º dia. A fecundidade nesse período alcançou um valor médio de 13,4 ovos/fêmea/dia.

Na população criada sobre bagas de Festival, o pico de oviposição foi registrado no 15º dia de vida das fêmeas, alcançando a fecundidade diária o valor máximo de 19 ovos/fêmea (Figura 3.15 a). Um comportamento semelhante foi observado na coorte desenvolvida na uva Itália. As fêmeas dessa população também exibiram uma alta fecundidade diária no início do período reprodutivo (13º - 15º dia), com média de 17,5 ovos/fêmea/dia (Figura 3.15 b).

Avaliando de forma conjunta a fecundidade e a sobrevivência das fêmeas observou-se que no período máximo de oviposição (10-30 dias após emergência), nas quatro coortes estudadas, cerca de 50% das fêmeas estavam ovipositando (Figuras 3.14 e 3.15), enquanto que 60,71% das fêmeas oriundas da uva Festival ainda estavam ovipositando em média 10 ovos/dia aos 50 dias de vida (Figura 3.15 a). Nesse mesmo intervalo de tempo a proporção de fêmeas ovipositando foi menor nas progênies oriundas das variedades Benitaka (48,28%), Itália (41,38%) e Crimson (31,03%) (Figuras 3.14 a, b e 3.15 b). Períodos sem deposição de oviposição foram observados para fêmeas provenientes das quatro populações avaliadas, sendo que esse comportamento foi mais frequente no final da vida reprodutiva. O tempo máximo de oviposição foi de 81 dias, e constatou-se em fêmeas oriundas da uva Benitaka (Figura 3.14 a).

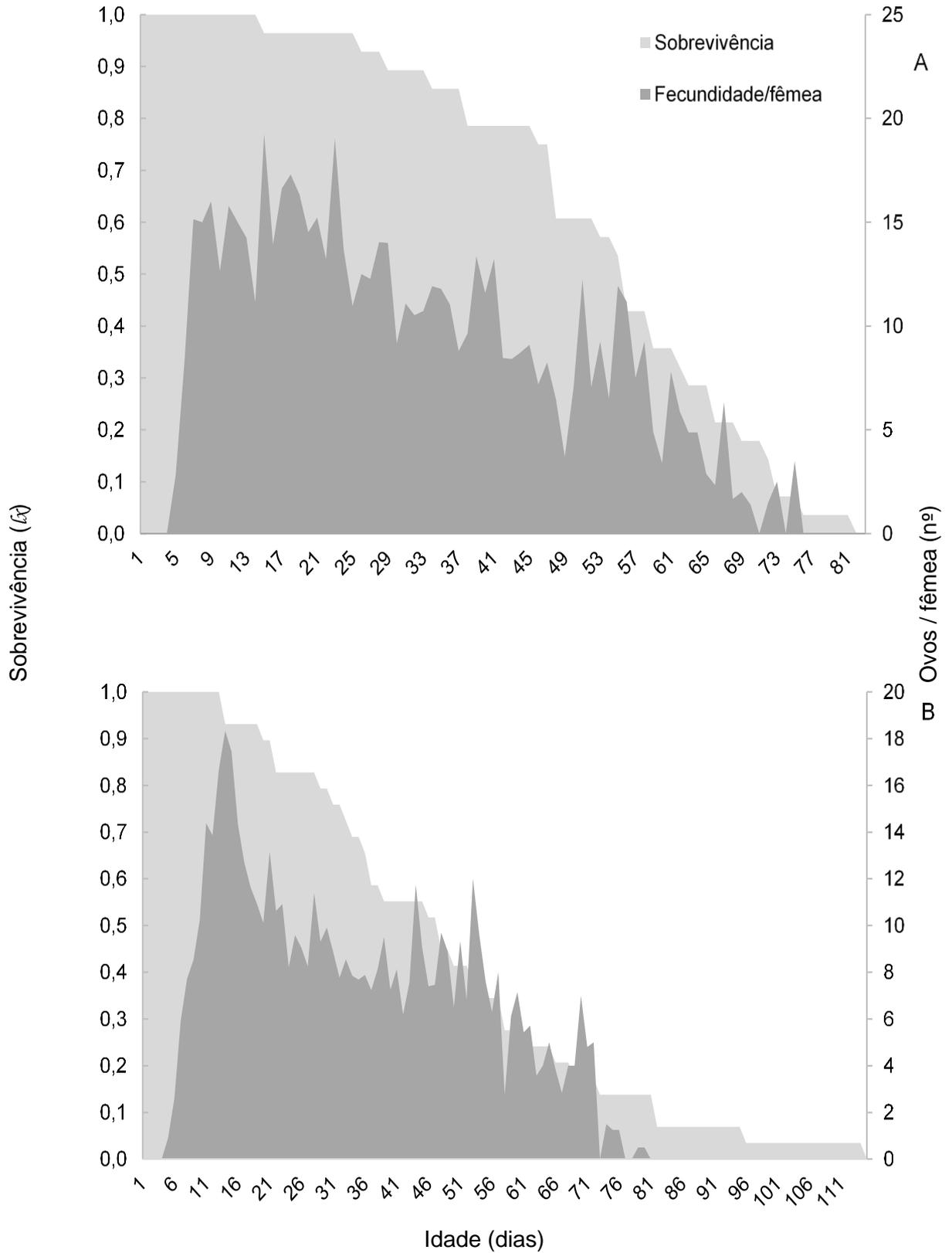


Figura 3.15 – Padrão de oviposição ao longo da vida e sobrevivência de fêmeas de *Ceratitís capitata* oriundas de uvas brancas de mesa (A-Festival e B-Itália). T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

### 3.3.2.5 Parâmetros demográficos de populações de *C. capitata* provenientes de diferentes cultivares de uva

As coortes de *C. capitata* oriundas das uvas: Benitaka, Festival e Itália mostraram altas taxas líquidas de reprodução ( $R_0$ ). A menor taxa de reprodução estimou-se na população oriunda da uva Crimson (65,08) (Tabela 3.6). As populações desenvolvidas nas uvas Festival e Itália, ambas uvas brancas, mostraram valores semelhantes de  $R_0$ . O maior valor para esse parâmetro, que representa o número de vezes que uma população aumenta a cada geração, foi estimado para a população desenvolvida na uva Benitaka (101,76) e ovipositando também sobre esta mesma cultivar de uva.

No que se refere a taxa infinitesimal de aumento ( $r_m$ ) observou-se que esse parâmetro demográfico atingiu valores semelhantes nas quatro coortes de *C. capitata*. Os valores estimados de  $r_m$  sugeriram um potencial máximo de incremento diário de aproximadamente 16,4 a 19,9% sob condições ótimas. A razão finita de aumento estima o número de fêmeas adicionadas à população por fêmea, que darão fêmeas numa unidade de tempo. Os valores estimados a partir das tabelas de vida de fertilidade das coortes de *C. capitata* desenvolvidas nas uvas estudadas mostraram que este parâmetro oscilou entre 1,178 a 1,220. A duração média de uma geração de *C. capitata* nas cultivares estudadas oscilou entre 20,98 a 28,23 dias (Tabela 3.6).

Tabela 3.6 – Parâmetros demográficos de populações de *Ceratitis capitata* desenvolvidas sobre quatro cultivares de uva de mesa.  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR =  $60 \pm 10\%$ , fotofase 14 h.

Parâmetros demográficos	Cultivares de uva			
	Benitaka	Crimson	Festival	Itália
Taxa líquida de reprodução ( $R_0$ )	101,76	65,08	93,29	93,56
Taxa infinitesimal de aumento ( $r_m$ )	0,164	0,199	0,166	0,168
Razão finita de aumento ( $\lambda$ )	1,178	1,220	1,181	1,183
Duração média de uma geração (T)	28,23	20,98	27,26	27,02

### 3.4 Discussão

Os resultados obtidos no estudo de aceitação e preferência de oviposição de *C. capitata* em cultivares de uva de mesa evidenciaram que as uvas Benitaka e Crimson, ambas vermelhas, foram preferidas pelas fêmeas como substrato de oviposição. A prévia exposição das fêmeas de *C. capitata* as uvas avaliadas não modificou a hierarquia de oviposição inicialmente observada. O maior número de ovos/baga foi observado nas bagas de Benitaka e Crimson após a prévia experiência de oviposição nesses frutos. Resultados divergentes foram observados por Joachim-Bravo et al. (2001) em estudos de preferência de oviposição conduzidos com duas populações de *C. capitata* em frutos de papaia (*Carica papaya* L.), laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), maçã (*Pyrus malus* L.) e banana (*Musa paradisiaca* L.). No início do período de oviposição Joachim-Bravo et al. (2001) constataram uma nítida preferência de oviposição das fêmeas por frutos de papaia. No entanto, 20 dias depois quando o mesmo grupo de fêmeas foi exposto novamente aos mesmos frutos, todos os frutos foram igualmente preferidos. Dessa forma, os autores sugeriram que a capacidade discriminatória das fêmeas de *C. capitata* durante a seleção do substrato de oviposição pode variar com o avanço da idade fisiológica dos insetos e com a prévia experiência de oviposição em frutos.

Diversas pesquisas também evidenciam que apesar das moscas-das-frutas não serem sensíveis a todos os comprimentos de onda, esses insetos são atraídos por substratos de diferentes cores (McINNIS, 1989; KATSOYANNOS; KOULOUSIS, 2001). Marchini e Wood (1983) estudaram a possível influência da cor do fruto no comportamento de oviposição de *C. capitata*. Os autores observaram que esferas com cores com uma refletância na região de 530-560 nm do espectro foram preferidas como substrato de oviposição por *C. capitata*, sendo a cor amarela a mais preferida pelas fêmeas. As esferas de cor vermelha se mostraram menos preferidas. No entanto, em estudos conduzidos com essa mesma espécie de mosca-das-frutas em condições de laboratório e gaiola de campo, onde também foi estudado o efeito da cor (azul, amarelo, vermelho e preto) na escolha do substrato de oviposição, constatou-se uma preferência das fêmeas por depositarem seus ovos em esferas das cores vermelhas e pretas (McINNIS, 1989).

A localização, escolha e discriminação do fruto hospedeiro pelas fêmeas de tefritídeos é um processo complexo, no qual sinais físicos e químicos da planta hospedeira desempenham um papel importante (VARGAS et al., 1991; ALUJA; PROKOPY, 1992; JOACHIM-BRAVO et al., 2001; ALUJA; MAGAN, 2008). A cor, tamanho, forma e aparência dos frutos são alguns dos estímulos visuais e táteis utilizados pelas fêmeas de moscas-das-frutas na busca e seleção substrato de oviposição (McINNIS, 1989; SUGAYAMA et al., 1997; LEVISONSON; LEVINSON; OSTERRIED, 2003). Levando-se em consideração que as cultivares de uva vermelhas foram preferidas pelas fêmeas de *C. capitata*, os resultados do presente estudo sugerem que a cor da baga (vermelha) conferida pelas antocianinas poderia ter norteado a escolha do substrato de oviposição no presente estudo.

No que se refere ao desenvolvimento biológico de *C. capitata*, os resultados obtidos mostraram que a cultivar de uva utilizada pelas larvas como alimento durante a fase larval teve um efeito sobre o tempo de desenvolvimento dos estágios imaturos (larvas e pupas) e o peso dos pupários. No entanto, não houve um efeito significativo na taxa de eclosão de larvas, viabilidade larval, pupal e L<sub>1</sub>-adulto.

O período embrionário variou aproximadamente de dois a três dias para ovos de *C. capitata* depositados nas quatro cultivares estudadas. Resultados que coincidem com os referidos por Papachristos, Papadopoulos e Nanos (2008), em estudos conduzidos em diferentes espécies de citros. As taxas de eclosão verificadas neste estudo foram próximas às detectadas em pêssego Maciel (*Prunus pérsica* L.) ( $72,8 \pm 2,43\%$ ), uva Itália ( $70,4 \pm 2,13\%$ ), caqui Fuyu (*Diospyros kaki* L.) ( $70,9 \pm 2,55\%$ ) e maçã Gala (*Malus domestica* L.) ( $69,45 \pm 2,13\%$ ), sob condições experimentais semelhantes (ZANARDI et al., 2011). Segundo Liedo e Carey (1996), a duração da fase embrionária e a sobrevivência desse estágio de desenvolvimento não são influenciadas pelo hospedeiro.

Com relação ao estágio larval, os resultados obtidos demonstraram que essa fase foi maior para larvas criadas sobre bagas de uva Itália, apesar de não existirem diferenças significativas entre o teor de açúcares nas variedades avaliadas. No entanto, as bagas de Itália apresentaram a menor firmeza ( $3,69 \pm 0,22$ ). O sexo do inseto também não teve influência na duração dessa fase de desenvolvimento. Resultados semelhantes foram verificados por Papachristos; Papadopoulos e Nanos (2008). Segundo os autores a duração do estágio larval na polpa de diferentes espécies cítricas oscilou de 10,7 a 16,4 dias ( $24 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 5\%$ ),

verificando-se tempos de desenvolvimento larval (machos e fêmeas) inferiores nas variedades de laranja doce (New hall-11,0 dias e Merlin-11,9 dias), em comparação aos valores observados para larvas criadas sobre laranja azeda (*Citrus aurantium* L.) (12,6 dias) e limão (*Citrus limon* L.) (16,0 dias). Em uva Itália, Zanardi et al. (2011) registraram um tempo de desenvolvimento larval maior ao observado no presente estudo ( $18,2 \pm 0,19$ ; 25°C). Em contraste, Krainacker, Carey e Vargas (1987), constaram uma duração média do estágio larval de 11,74 dias, valor semelhante ao observado neste estudo, no entanto, os autores não especificaram a cultivar de uva utilizada.

A sobrevivência média do estágio larval atingiu um valor médio de 40,3%, não sendo afetado pela cultivar de uva na presente pesquisa. Resultados similares foram constatados em maçã 'Golden Delicious' (43,5%) (PAPADOPOULOS; KATSOYANNUS; CAREY, 2002). Porém, Krainacker, Carey e Vargas (1987) registraram apenas 13% de sobrevivência para esse estágio de desenvolvimento em bagas de uva. Valores superiores de sobrevivência larval foram obtidos para larvas de *C. capitata* desenvolvidas na polpa de frutos de laranja doce (New hall-62,0%, Artas-72,0%, e Merlin-74,2), laranja azeda (84,2%) e limão (60,0%), sob condições ambientais semelhantes às do presente estudo (PAPACHRISTOS; PAPADOPOULUS; NANOS, 2008). Em frutos de papaia, Vargas et al. (2000) também constaram uma alta sobrevivência larval (84,0%). Analisando-se conjuntamente os resultados obtidos sobre duração e sobrevivência do estágio larval nas cultivares de uva estudadas, e comparando-os com os referidos para *C. capitata* em outras espécies de fruteiras (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; VARGAS et al., 2000; PAPACHRISTOS; PAPADOPOULUS; NANOS, 2008; ZANARDI et al., 2011), as variações apontadas podem estar relacionadas a diferenças nutricionais entre substratos larvais, variações interpopulacionais e as metodologias utilizadas nos experimentos.

Em frutos de papaia e laranja, avaliações químicas tem 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* tem a capacidade de explorar todo o fruto hospedeiro migrando para aquelas partes que possuem condições nutricionais mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Nesse sentido, as variações observadas no

presente estudo, com relação a recuperação de larvas/baga entre bagas da mesma variedade de uva, podem dever-se a diferenças físico-químicas entre frutos.

O peso das pupas que originaram adultos machos foi influenciado pela cultivar de uva, contrário ao observado para os pupários de fêmeas, resultados que diferenciam dos relatados por Papachristos, Papadopoulos e Nanos (2008). Esses autores constataram influência da espécie cítrica e do sexo do inseto no peso das pupas de *C. capitata* recuperadas. Por outro lado, o peso médio da pupa verificado na atual pesquisa foi consideravelmente menor aos valores obtidos por Zanardi et al. (2011) para pupas de *C. capitata* oriundas de frutos de pessegueiro ( $9,80 \pm 0,10$ ), caquizeiro ( $8,94 \pm 0,10$ ), macieira ( $7,98 \pm 0,10$ ), e videira ( $8,4 \pm 0,16$ ), respectivamente. Levando-se em consideração o peso da baga de uva, a densidade de larvas utilizadas no presente estudo ( $5L_1$ /baga) pode ter induzido uma competição por alimento e, conseqüentemente, a recuperação de pupários com menor peso corporal. No caso específico da uva Crimson, as bagas da mesma apresentaram o menor peso ( $3,82 \pm 0,13$ ) e deram origem aos pupários mais leves, tanto para machos quanto para fêmeas ( $6,63 \pm 0,13$ , em média).

A duração da fase de pupa também não foi afetada pelo sexo do inseto, resultados que se assemelham aos observados por Papachristos, Papadopoulos e Nanos (2008) em adultos de *C. capitata* desenvolvidos sobre diferentes espécies cítricas. No entanto, a cultivar influenciou na duração do estágio de pupa oscilando entre 11,2 e 12 dias. Resultados similares foram verificados por Gómez et al. (2008) em estudo de biologia de *C. capitata* conduzido nas uvas Festival e Benitaka. De maneira semelhante, os autores constaram que os insetos desenvolvidos em bagas de Festival apresentaram um desenvolvimento mais rápido durante esse estágio biológico ( $10,5 \pm 0,87$  dias). Em uva Itália, Zanardi et al. (2011) registraram uma duração média desse parâmetro biológico de  $11,0 \pm 0,58$  dias, valor inferior ao observado nesta pesquisa.

Os valores de viabilidade do estágio de pupa verificados coincidem com o observado por Habibe et al. (2006). O sucesso do desenvolvimento do estágio de pupa em moscas-das-frutas depende em grande parte de um adequado desenvolvimento larval, pois a fase de pupa constitui um sistema semi-fechado, onde a interação com o ambiente está restrita apenas a troca de gases e conteúdo hídrico. E justamente durante a fase larval que o inseto obtém e armazena as

reservas nutritivas necessárias, principalmente lipídeos, para enfrentar a metamorfoses e iniciar a vida adulta (CRUZ et al., 2000).

Conforme verificado por Papachristos e Papadopoulus (2009) e Krainacker, Carey e Vargas (1987), os resultados obtidos nesta pesquisa também confirmaram que o substrato de desenvolvimento larval (cultivar de uva) influenciou no comportamento reprodutivo, longevidade e parâmetros demográficos dos adultos recuperados. Com relação ao período de pré-oviposição, a maior e menor duração desse parâmetro foram observadas para fêmeas criadas sobre bagas de uvas vermelhas (Benitaka e Crimson). De maneira geral, os valores registrados nas cultivares de uva estudadas foram inferiores aos constatados por Zanardi et al. (2011) em fêmeas de *C. capitata* oriundas de uva Itália ( $10,43 \pm 0,49$  dias;  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $75 \pm 10\%$ ). Papachristos e Papadopoulus (2009), também verificaram períodos de pré-oviposição superiores (16,0 - 18,8 dias) em coortes de *C. capitata* oriundas de variedades de citros. Já Fernandez-da-Silva e Zucoloto (1997), comprovaram que adultos de *C. capitata* oriundos de substratos larvais mais nutritivos apresentaram um período de pré-oviposição curto (5 dias), valor semelhante aos registrados neste estudo.

As taxas de fecundidade ao longo da vida foram afetadas pela cultivar de uva. Esses resultados coincidem com os observados em coortes de *C. capitata* desenvolvidas sobre diferentes espécies cítricas (PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS, 2009). As diferenças encontradas entre as coortes de fêmeas oriundas de uvas pode ser resultado de variações nutricionais no substrato utilizado durante o desenvolvimento larval, embora, também podem estar relacionadas com o substrato de oviposição oferecido para as fêmeas ao longo da fase adulta (PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS, 2009).

A fecundidade ao longo da vida de fêmeas desenvolvidas em uvas de mesa atingiu valores superiores aos verificados para populações de *C. capitata* criadas sobre frutos de caqui ( $363,87 \pm 49,40$ ), macieira ( $192,22 \pm 20,70$ ) e uva Itália ( $206,78 \pm 31,52$ ) (ZANARDI et al., 2011). No entanto, a fecundidade diária das coortes avaliadas, foi menor que a verificada em populações desse mesma espécie de mosca-das-frutas que utilizaram frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.), graviola (*Annona muricata* L.), caju (*Anacardium occidentale* L.) e carambola (*Averrhoa carambola* L.), como substrato de desenvolvimento larval (COSTA et al., 2011).

Papadopoulos, Katsoyannos e Carey (2002) constataram valores de fecundidade diária (11 ovos) bem próximos aos referidos na atual pesquisa para uma população de *C. capitata* oriunda de maçã 'Golden Delicious'.

Quanto à fertilidade, esse parâmetro biológico atingiu valores inferiores aos observados em insetos desenvolvidos sobre frutos de goiaba, caju, carambola, graviola e maçã (COSTA et al., 2011; PAPADOPOULOS; KATSOYANNOS; CAREY, 2002). Na presente pesquisa o menor valor de fertilidade foi verificado em fêmeas criadas sobre bagas de uva Crimson. Além disso, as fêmeas dessa coorte apresentaram o menor período reprodutivo e a maior taxa de fecundidade diária, atingindo um valor máximo de 26 ovos/fêmea/dia entre o 12<sup>o</sup> e o 18<sup>o</sup> dia de vida. É interessante também ressaltar que foram verificadas variações expressivas nesse parâmetro entre fêmeas que utilizaram a mesma cultivar de uva como alimento durante o estágio larval e receberam a mesma dieta artificial durante a fase adulta. As diferenças observadas podem ser atribuídas a variações intra-populacionais.

Os valores de sobrevivência de machos e fêmeas de *C. capitata* registrados neste estudo foram bem próximos aos registrados por Zanardi et al. (2011) em uva Itália. Porém, diferiram dos observados para populações dessa mesma espécie provenientes de frutos hospedeiros, tais como: citros (PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS, 2009), maçã (PAPADOPOULOS; KATSOYANNOS; CAREY, 2002), pera asiática (*Pirus* sp), figo (*Ficus carica* L.), ameixa (*Prunus doméstica* L.) (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987), entre outros. Essas diferenças podem estar relacionadas com variações nutricionais proporcionadas pelo alimento utilizado durante a fase larval. No entanto, as discrepâncias observadas também podem ser o resultado de variações interpopulacionais levando em consideração a origem geográfica das populações de *C. capitata* utilizadas nas diferentes pesquisas (DIAMANTIDIS; CAREY; PAPADOPOULOS, 2008).

A sobrevivência dos machos foi superior à das fêmeas nas quatro coortes de *C. capitata* avaliadas, comportamento que pode estar relacionado com o alto esforço reprodutivo realizado pelas fêmeas, levando-se em consideração as altas taxas de fecundidade diária observadas na pesquisa. Resultados semelhantes foram relatados por diversos autores em estudos conduzidos com diferentes populações da mosca-do-mediterrâneo ao redor do mundo e sob diferentes condições ambientais (ZANARDI et al., 2011; PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS, 2009; PAPADOPOULOS; KATSOYANNOS; CAREY, 2002; VARGAS et al., 2000).

O padrão de sobrevivência de machos de *C. capitata* oriundos das uvas estudadas apresentou diferenças apesar dos insetos terem recebido o mesmo regime de alimentação e estarem expostos a condições experimentais semelhantes durante a fase adulta. Essas diferenças podem estar associadas às variações qualitativas e quantitativas proporcionadas pelo alimento utilizado durante a fase larval.

A longevidade e fertilidade dos insetos são parâmetros determinados pelas características genéticas das espécies bem como pelas condições ambientais a que os insetos estão expostos. Analisando-se conjuntamente, a fecundidade e sobrevivência ao longo da vida das fêmeas criadas sobre uvas Benitaka, Crimson, Itália e Festival, observou-se que aproximadamente 70% da população inicial sobreviveu o período compreendido entre o 11<sup>o</sup> e o 30<sup>o</sup> dia de vida, correspondente ao pico de oviposição. Esses resultados evidenciam que *C. capitata* é uma espécie que não exibe uma elevada taxa de sobrevivência no tempo quando comparada com espécies de moscas-das-frutas tais como: *Anastrepha ludens* Loew e *Bactrocera dorsalis* (Hendel). No entanto, manifesta um grande esforço reprodutivo, com uma elevada taxa de fecundidade diária (LIEDO; CAREY, 1996; VARGAS; CAREY, 1990).

Os parâmetros demográficos:  $R_0$ ,  $r_m$  e  $\lambda$ , estimados no presente estudo atingiram valores superiores aos relatados por Papadopoulus et al. (2002) e Papachristos e Papadopoulos (2009), para populações selvagens de *C. capitata* criadas sobre maçã e diferentes espécies cítricas, sob condições de laboratório semelhantes. No entanto, Vargas et al. (2000) estimaram para *C. capitata* valores de  $R_0$  e  $r_m$  superiores aos verificados nesta pesquisa. Os valores dos parâmetros demográficos evidenciam as estratégias de história de vida adotadas pelas diferentes espécies de moscas-das-frutas (LIEDO; OROPEZA; CAREY, 2010). Nesse sentido, os valores estimados de  $R_0$ ,  $r_m$  e  $\lambda$  para coortes de *C. capitata* oriundas de uvas Benitaka, Crimson, Itália e Festival, reafirmam que *C. capitata* se caracteriza por ser uma espécie com um alto potencial de crescimento.

Finalmente os resultados apresentados evidenciam a existência de variações no comportamento biológico, reprodutivo e sobrevivência de adultos de *C. capitata* alimentados durante a fase larval sobre diferentes cultivares de uva produzidas na região do VSF, apesar de serem espécies pertencentes ao mesmo gênero botânico. A preferência de oviposição de *C. capitata* pelas variedades vermelhas observadas na atual pesquisa não esteve relacionada com a melhor escolha do substrato para o

desenvolvimento larval, pois foi verificada uma elevada mortalidade larval (60%), independentemente da variedade de uva. No entanto, as taxas reprodutivas e de sobrevivência das fêmeas das quatro coortes estudadas permitiram a estimativa de um aumento populacional diário de 16,4 a 19,9% e um crescimento mínimo a cada geração de até 65 vezes, mostrando, portanto, que este hospedeiro é favorável para a multiplicação de *C. capitata*.

Na região do Vale do São Francisco as características edafoclimáticas assim como as técnicas de irrigação empregadas na cultura da videira permitem o escalonamento da produção, havendo frutos disponíveis durante todo o ano. Além disso, é comum o cultivo de diversas cultivares em uma mesma propriedade, a poucos metros de distância uma das outras. Portanto, considerando a elevada capacidade de dispersão de *C. capitata* (DIAZ et al., 2008; THOMAS, 2010) e a flexibilidade dessa espécie de se multiplicar sobre as diferentes cultivares de uva estudadas, esse inseto encontraria um ambiente favorável ao seu desenvolvimento, podendo-se dispersar de um parreiral a outro em função da disponibilidade de frutos. Os conhecimentos biológicos e demográficos obtidos possibilitam uma melhor compreensão da dinâmica populacional, sobrevivência e taxa de crescimento de *C. capitata* em diferentes cultivares de uva, informações de grande utilidade prática para a formulação de estratégias de manejo integrado de *C. capitata* nessa cultura nas condições do VSF.

### 3.5 Conclusões

Em condições de livre escolha, *C. capitata* manifesta preferência de oviposição por bagas de uvas de mesa das cultivares vermelhas, Benitaka e Crimson, em relação às brancas, Festival e Itália.

A mosca-das-frutas, *C. capitata*, completa seu ciclo biológico em uvas finas de mesa das cultivares: Benitaka, Crimson, Festival e Itália.

Bagas de uva Festival são mais adequadas ao desenvolvimento de *C. capitata* levando-se em consideração a duração do ciclo biológico L<sub>1</sub>-adulto.

Os valores das taxas reprodutivas ( $R_0$  e  $r_m$ ) e de sobrevivência das fêmeas, das quatro coortes avaliadas, evidenciaram que as cultivares de uvas: Benitaka, Crimson, Festival e Itália constituem hospedeiros favoráveis para a multiplicação de *C. capitata*.

A taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) é maior em coortes de *C. capitata* desenvolvidas em bagas de uva Benitaka, durante a fase larval.

## Referências

ALUJA, M.; PROKOPY, J.R. Host search behavior of *Rhagoletis pomonella* flies: inter-tree movement patterns in response to wind-borne fruit volatiles under field conditions. **Physiological Entomology**, Oxford, v.17, p.1-8, 1992.

ALUJA, M.; MANGAN, R.L. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) Host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 53, p. 24.6-24.7, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 17. ed. Washington, DC, 2002.

BIOFABRICA MOSCAMED BRASIL - BMB. **Banco de dados em Monitor XYZtemas**. Juazeiro, 2016. Disponível em: <[http://xxxconn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao\\_usuario.jsp](http://xxxconn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao_usuario.jsp)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BOTTON, M.; HAJI, F.N.P.; HICKEL, E.R.; SORIA, S.J. Cachos arruinados. A ação de pragas-insetos nos frutos da videira comprometem a produção in natura e de vinho. Conheça as estratégias de controle. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 6, n. 34, p. 1-6, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA. **Uva**. Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/uva/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Secretaria de Comercio Exterior - SECEX. **Estatísticas brasileiras de exportações e importações**. Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <<http://alicesweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.

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 (*Ceratitidis capitata*) **Tecnologia & Ciências Agropecuária**. João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 29-36, 2009.

CAREY, J.R. Demographic analysis of fruit flies, In ROBINSON, A.S.; HOOPER, G. (Ed.). **Fruit flies: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 253-265. (World Crops Pest, 3B).

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

CARVALHO, R.S. **Estudo de laboratório e de campo com o parasitoide exótico *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) no Brasil**. 2003. 183 p. Tese (Doutorado em Biologia Genética) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

COSTA, A.M.; AMORIN, F.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**, Curitiba, v. 55, n. 3, p. 355–360, 2011.

CRUZ, I.B.M.; CRUZ, J.N.; TAUFER, M.; KALISZ, A.O. Morfologia do aparelho reprodutor e biologia do desenvolvimento. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 55-66.

DIAMANTIDIS, A.D.; CAREY, J.R.; PAPADOPOULOS, N.T. Life history evolution of an invasive tephritid. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 132, p. 695–705, 2008.

DIAZ, L.M.; MURÚA, F.A.; ACOSTA, J.C.; ESCOBAR, J.M. Capacidad dispersiva de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) entre valles agrícolas en San Juan, Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Mendoza, v. 67, n. 1-2, p. 155-161, 2008.

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

FERNANDES-DA-SILVA, P.G.; ZUCOLOTO, F.S. The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 39, n. 10, p. 883-887, 1993.

FERNANDES-DA-SILVA, P.G.; ZUCOLOTO, F.S. Effect of host nutritive value on egg production by *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 43, p. 939-943, 1997.

GÓMEZ, M.; PARANHOS, B.J.; DAMASCENO, I.; CASTRO, R.; CAMPO, D.; ANDRADE, K.; SILVA, M.; NASCIMENTO, A.S.; MALAVASI, Y.A. Biología de la mosca del mediterráneo, *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) en dos variedades de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) en el Nordeste brasileño. **CitriFrut**, Havana, v. 25, p. 18-23, 2008.

GRANGEIRO, L.C.; SOUZA LEÃO, P.C.S.; SOARES, J.M. Caracterização fenológica e produtiva da variedade de uva Superior Seedless cultivada no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 552-554, 2002.

HABIBE, T.C.; VIANA, R.E.; NASCIMENTO, A.S.; PARANHOS, B.A.J.; HAJI, F.N.P.; CARVALHO, R.S., DAMASCENO, I.C.; MALAVASI, A. Infestação de uva, *Vitis vinifera* pela mosca-do-Mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) no Sub-Médio do Vale do São Francisco. In: INTERNATIONAL FRUIT FLY SYMPOSIUM, 7., 2006, Salvador. **Proceedings...** Salvador, 2006. p. 183-185.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS - IBRAF. **Estatísticas - Frutas frescas - Exportação**. São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est\\_frutas.asp](http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

JOACHIM-BRAVO, I.S.; FERNANDES, O.A.; BORTOLI, S.A. de; ZUCOLOTO, F.S. Oviposition preference hierarchy in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae): influence of female age and experience. **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 91, p. 93-100, 2001.

JOACHIM-BRAVO, I.S.; MAGALHÃES, T.C.; SILVA NETO, A.M.; GUIMARÃES, A.N.; NASCIMENTO, A.S. Longevity and Fecundity of Four Species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 543-549, 2003.

KATSOYANNOS, B.I.; KOULOSSIS, N.A. Captures of the olive fruit fly *Bactrocera oleae* on spheres of different colours. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 100, p. 165-172, 2001.

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

LEVINSON, H.; LEVINSON, A.; OSTERRIED, E. Orange-derived stimuli regulating oviposition in the Mediterranean fruit fly. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 269-275, 2003.

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.; CAREY, 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.

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

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae*, (Diptera:Tephritidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTORE F. (Ed.). **Histórico e impacto de pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 39-41.

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.

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.

MARCHINI, L.; WOOD, R.J. Laboratory studies on oviposition and the structure of the ovipositor in the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wied.). In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FRUIT FLIES OF ECONOMIC IMPORTANCE, 1982, Athens. **Proceedings...** Rotterdam: CEC, 1983. p. 113.

MARTINS, D.S.; ALVES, F.L.; ZUCCHI, R.A. Levantamento de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no norte do Estado do Espírito Santo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 373-379, 1993.

McINNIS, D.O. Artificial oviposition sphere for Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in field cages. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, p. 1382-1385, 1989.

NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, R.S.; ALVERANGA, C.D.; ARAUJO, E.L.; HAJI, F.N.P. Status of the *Ceratitidis capitata* (Tephritidae) as a pest in the irrigated fruit crop project of northeast of Brazil. In: WORKING GROUP ON FRUIT FLIES OF THE WESTERN HEMISPHERE, 4., Mendoza, Argentina. **Abstracts...** Vienna: IAEA, 2001. p. 56.

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.

PARANHOS, B.A.J.; GÓMEZ, M.P. A mosca-das-frutas e a comercialização de frutas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE VITICULTURA DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO, 1., 2008, Petrolina. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2008. Disponível em: <[www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/133193/1/OPB2073.pdf](http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/133193/1/OPB2073.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2016.

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

SILVA, P.C.G.; COELHO, R.C. Caracterização social e econômica da cultura da videira. In: SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

SILVA NETO, A.M.; SANTOS, T.R.O.; DIAS, V.S.; JOAQUIM-BRAVO, I.S.; BENEVIDES, L.J.; BENEVIDES, C.M.J.; SILVA, M.V.L.; SANTOS, D.C.C.; VIRGINIO, J.; OLIVEIRA, G.B.; WALDER, J.M.M.; PARANHOS, B.A.J.; NASCIMENTO, A.S. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, p. 364-369, 2012.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419 p.

SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

STATSOFT INC. 2001. **Statistica** (Data analysis software system), versão 13. São Caetano do Sul, 2015. Disponível em: [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

SUGAYAMA, R.; BRANCO, E.; MALAVASI, A.; KOVALESKI, A. Oviposition behavior of *Anastrepha fraterculus* in apple and diel pattern of activities in apple orchard in Brasil. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 83, p. 239-245, 1997.

THOMAS, D. Dispersión y dinámica poblacional. In: MONTROYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta**: fundamentos y procedimientos para su manejo. México, DF: IICA, 2010. p. 107-112.

VARGAS, R.I.; CAREY, J.R. Comparative survival and demographic statistics for wild Oriental fruit fly, Mediterranean fruit fly, and melon fly (Diptera: Tephritidae) on papaya. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 83, p. 1344-1349, 1990.

VARGAS, R.I.; STARK, J.D.; PROKOPY, J.R.; GREEN, T.A. Response of Oriental fruit fly and associated parasitoids to different color spheres. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 84, p. 1503-1507, 1991.

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.

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

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

#### 4 Preferência de oviposição de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera:Tephritidae) em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uva 'Itália'

##### Resumo

Estudos sobre a preferência de oviposição de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) em cultivares de uva de mesa cultivadas no Vale do São Francisco, em diferentes fases de desenvolvimento, podem auxiliar na orientação de medidas de controle, minimizando os danos ocasionados por essa espécie na região. O objetivo deste trabalho foi estudar a preferência de oviposição de fêmeas de *C. capitata* por bagas de uva (*Vitis vinifera* L.), cv. 'Itália', em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico (60, 70, 80, 90 e 100 dias após poda de produção), bem como a adequabilidade desse hospedeiro ao seu desenvolvimento. Para cada fase de desenvolvimento das uvas Itália as variáveis biológicas avaliadas foram: número de posturas por baga e por cacho, porcentagem de bagas infestadas por cacho, pupas recuperadas/cacho, nível de infestação (pupas recuperadas/baga), peso do pupário, viabilidade do estágio de pupa, razão sexual da progênie. Em relação à composição físico-química da baga foram avaliados os parâmetros: sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT e firmeza da baga. Com o avanço da maturação fisiológica, o número de médio de posturas/ baga aumentou, chegando a  $5,2 \pm 0,52$  em bagas com 100 dias. A porcentagem de bagas infestadas manteve-se acima de 85% em média, para as cinco fases de desenvolvimento. Houve correlação positiva entre o número de pupas recuperadas e o número de posturas detectadas por cacho para uvas com 100 dias. O nível de infestação teve relação com a fase de maturação dos frutos, com menor número de pupas recuperadas/cacho obtido de uvas com 60 dias ( $0,44 \pm 0,08$ ). O peso da pupa variou conforme o amadurecimento das bagas, com valores médios entre 4,04 e 10,12 mg/pupa. A viabilidade das pupas variou de 50,98 a 64,68 %, e não houve influência da fase de desenvolvimento das bagas nesse parâmetro biológico. A fase de desenvolvimento das bagas também não alterou a razão sexual da progênie, sendo que esse parâmetro oscilou entre 0,53 e 0,70. Nas cinco fases de desenvolvimento de uva Itália avaliadas, pupas de *C. capitata* foram recuperadas 14, 21 e 28 dias após infestação. Os resultados obtidos sugerem que apesar das fêmeas preferirem ovipositar em bagas mais maduras, elas iniciam a postura em frutos desta cultivar com 60 dias após a poda, quando as características físico-químicas das bagas podem não ser adequadas para a oviposição e desenvolvimento das larvas de *C. capitata*.

Palavras-chave: Mosca-do-mediterrâneo. Desenvolvimento. *Vitis vinifera*. Amadurecimento.

## Oviposition preference of *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) on 'Itália' table grape at different physiology development stages.

### Abstract

Studies about the oviposition preference of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in table grape varieties cultivated in the San Francisco Valley, at different stages of physiological development, can help to guide control measures, minimizing the damage caused by this species in the mentioned region. The aim of this study was to evaluate the oviposition preference of *C. capitata* females by table grapes berries (*Vitis vinifera* L.), cv. 'Itália', at different physiological development stages (60, 70, 80, 90 and 100 days after pruning) as well as the feasibility of this host for its development. For each development phase of Itália grapes were evaluated the biological variables: number of eggs/berry and bunch, infected berries/bunch (%), pupae recovered/bunch, infestation level (pupae/berry), puparium weight, pupae viability, and offspring sex ratio. Regarding physicochemical composition of the berry the following variables were evaluated: total soluble solids (TSS), acidity (TTA), TSS / TTA and berry firmness. Ovipositions of *C. capitata* were observed in berries of the five phases of physiological development of Itália grape. With the advance of physiological maturity, the average number of punctures/berry increased reaching  $5,2 \pm 0,52$  in 100 days berries. The percentage of infested berries remained above 85% on average for the five stages of development. There was a positive correlation between the number of pupae recovered and the number of eggs detected per 100 days bunches. The infestation level showed relation with different maturation stages. Fewer pupae had been recovered on bunches with 60 days ( $0,44 \pm 0,08$ ). The weight of pupa varied according to the maturation stages of the berries, with values ranging between 4,04 and 10,12 mg / pupa. The pupae viability achieved mean values between 50,98 to 64,68%, and no influence on physiological maturity of berries had been noticed in this biological parameter. The physiological maturity of the fruit did not affect offspring sex ratio, and this parameter fluctuated between 0,53 and 0,70. In the five developmental stages studied, pupae were recovered at 14, 21 and 28 days after infestation. Results obtained suggest that independently of the female preference to lay eggs on grape berries in a more advanced maturation stage (90 and 100 days), they can initiate the attack to bunches of this variety at 60 days after pruning, even if the berries present unfavorable physic-chemical characteristics for oviposition and development of the larvae of *C. capitata*.

Keywords: Mediterranean fruit fly. Development. *Vitis vinifera*. Ripening.

## 4.1 Introdução

Entre os principais problemas fitossanitários enfrentados pela fruticultura mundial destaca-se a mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera:Tephritidae) (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000; LIQUIDO; SHINODA, CUNNINGHAM; 1991), comumente conhecida como moscamed ou mosca-do-mediterrâneo (PARANHOS et al., 2008). *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 (FLETCHER, 1989; BATEMAN, 1976). 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 tem uma distribuição restrita e baixa capacidade de adaptação (MALAVASI, 2001).

O provável centro de origem de *C. capitata* é a África Equatorial. No entanto, um processo global de invasão ocorreu ao longo do século passado (SILVA, 2000), e hoje esse inseto já se encontra presente em todas as regiões biogeográficas do mundo (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000). No Brasil, *C. capitata* foi citada pela primeira vez no início do século XX (IHERING<sup>3</sup>, 1901 apud ZUCCHI, 2000) e atualmente, encontra-se distribuída desde o Rio Grande do Sul até alguns estados do Norte e do Nordeste (MARTINS; ALVES; ZUCCHI, 1993; BRITO et al., 2009), onde tem explorado uma grande diversidade de espécies hospedeiras, tanto nativas como exóticas (MALAVASI; MORGANTE; ZUCCHI, 1980), como são as uvas finas de mesa (HABIBE et al., 2006).

No Brasil, o Submédio do Vale do São Francisco (VSF), compreendendo os estados da Bahia e Pernambuco, é considerado o principal polo de produção de uvas finas de mesa (*Vitis vinifera* L.) para exportação do Brasil. A uva é a cultura de maior importância econômica para essa região, com aproximadamente 8.500 hectares plantados (BRASIL, 2016). A primeira cultivar de *V. vinifera* introduzida na região foi a cv. 'Itália', destacando-se como uma das mais cultivadas, dadas suas características agrônômicas. A planta dessa cultivar é vigorosa e apresenta uma produtividade média de 30 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, podendo atingir até 50 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> com um adequado manejo (SOUZA LEÃO, 2004).

---

<sup>3</sup> IHERING, H. V. Laranjas bichadas. **Revista Agrícola**, São Paulo, v.70, p.179-181, 1901.

Na última década, estudos verificaram a presença de *C. capitata* em parreirais de uvas finas de mesa no VSF, porém o nível de infestação informado foi baixo, de 0,05 pupa/baga (BOTTON et al., 2005). Dados recentes de monitoramento tem mostrado uma mudança na ocorrência dessa espécie de mosca-das-frutas, revelando um incremento populacional nas áreas de produção de uvas de mesa, com número médio de moscas capturadas/ armadilha/dia (MAD) de 2,70, no período entre janeiro a dezembro de 2015 (BMB, 2016). No entanto, esse índice MAD para *C. capitata* é significativamente inferior ao detectado em pomares de manga (6,30), acerola (8,20) e goiaba (5,22) nessa região (BMB, 2016).

Diversas razões podem ocasionar as diferenças observadas na exploração e utilização dos recursos alimentares por *C. capitata*. A aceitação e preferência para oviposição de diferentes populações de *C. capitata* ao redor do mundo e sobre diversas espécies de fruteiras tem sido um dos temas mais estudados. Buscando uma melhor compreensão das possíveis estratégias de vida adotadas por essa espécie de tefritídeo sob diferentes condições biogeográficas (JOACHIM-BRAVO et al., 2001; JOACHIM-BRAVO; SILVA-NETO, 2004; DIAMANTIDIS; CAREY; PAPADOPOULOS, 2008; PAPACHRISTOS; PAPADOPOULOS, 2009; ZANARDI et al., 2011). Considerando que *C. capitata* é um inseto polífono holometábolo, a escolha do substrato de oviposição por parte da fêmea é um evento crucial, pois as espécies frutíferas podem variar quanto a sua adequação como alimento. Uma escolha adequada garante a sobrevivência dos estágios imaturos e, portanto, o sucesso reprodutivo da espécie num determinado hospedeiro, sob condições biogeográficas específicas (SUGAYAMA et al., 1998).

O estudo da relação inseto-hospedeiro permite identificar critérios de aceitação e preferência de plantas hospedeiras, que auxiliam nas estratégias de controle de insetos-pragas (JOACHIM-BRAVO; SILVA-NETO, 2004). Neste contexto, para prevenir o ataque de *C. capitata* em parreirais de uva Itália, é de extrema importância identificar em que fase de desenvolvimento fisiológico da baga, *C. capitata* começa a infestação. O presente estudo teve como objetivo determinar a preferência de oviposição de *C. capitata* por diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de cachos de uva Itália, bem como a adequabilidade desse hospedeiro ao seu desenvolvimento, e assim, aperfeiçoar estratégias de controle nos pomares de uva no VSF.

## 4.2 Material e Métodos

### 4.2.1 Local de estudo

Os estudos foram realizados na Biofábrica Moscame Brasil (BMB), localizada no Município de Juazeiro, BA, sob condições controladas [temperatura (T):  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ; umidade relativa (UR):  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h].

### 4.2.2 Cultivar de uva

Para estudar a preferência de oviposição de fêmeas de *C. capitata* por diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uvas, foi selecionada a cv. Itália, considerando a sua importância na região e o nível de infestação de *C. capitata* na cultura, segundo dados do programa de monitoramento executado pela BMB no VSF. As uvas utilizadas na pesquisa foram provenientes de um parreiral comercial localizado no perímetro irrigado Nilo Coelho, sem prévia aplicação de inseticida e com ausência da praga no pomar, de acordo com o registro de monitoramento da semana anterior. Os cachos foram coletados com 60, 70, 80, 90 e 100 dias após poda de produção (Figura 4.1 a), correspondendo às fases de grão ervilha (cachos com 60 dias), compactação do cacho (70-80 dias) e início da maturação (90 – 100 dias) conforme escala proposta por Eichhorn e Lorenz (1977). Os cachos de uva foram acondicionados em sacos de papel, devidamente identificados por fase de desenvolvimento fisiológico e levados ao laboratório de Entomologia da BMB. O estudo iniciou-se com bagas de 60 dias, baseado em observações preliminares realizadas por técnicos da BMB, que detectaram a presença de *C. capitata* nas armadilhas Jackson, nos pomares, assim como sintomas de infestação em cachos com 80 dias após a poda.

No laboratório, os cachos de uva foram analisados sob microscópio estereoscópio binocular para detectar possíveis sinais de posturas de *C. capitata* e descartar as respectivas bagas, antes de serem expostas à infestação em laboratório (Figura 4.1 b). Em seguida, os cachos foram padronizados quanto ao número de bagas (em média, 21 baga/cacho) (Figura 4.1c), lavados com

água e acondicionados em bandejas plásticas (38 x 27 x 10cm) com papel toalha no fundo fechadas com tecido voal. Posteriormente, esse material foi mantido em salas com condições climáticas controladas até o início do experimento.

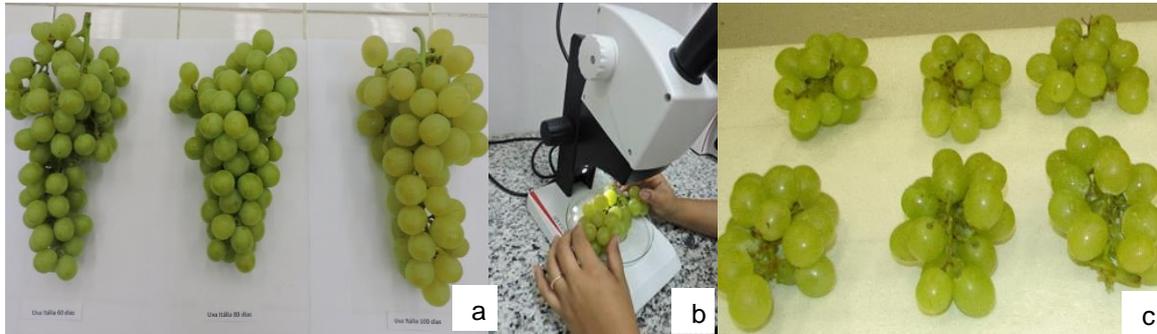


Figura 4.1 – Cachos de uvas Itália em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico (a). Inspeção de cachos sob microscópio estereoscópio, para detecção de sinais de infestação de *Ceratitis capitata*. Padronização de número de bagas por cacho (c).

#### 4.2.3 Origem e criação dos insetos

Os insetos utilizados foram provenientes de goiabas (*Psidium guajava* L.) coletadas num pomar localizado no perímetro irrigado Maria Teresa, Petrolina, PE, com histórico de infestação por *C. capitata*. Os frutos foram levados aos laboratórios da BMB, onde foram acondicionados em bandejas plásticas (38 x 27 x 10cm) contendo vermiculita como substrato para formação dos pupários (Figura 4.2 a). Transcorridos sete e quatorze dias após a coleta dos frutos, foi realizado o peneiramento da vermiculita para recuperação das pupas. As pupas recuperadas foram acondicionadas em gaiola de laboratório (28 x 12 x 12cm), com armação de alumínio, laterais, teto, frente e fundo de acrílico, e com abertura na parte frontal, com uma “manga” de tecido voal para introdução das pupas e posterior manuseio dos insetos após emergência (Figura 4.2 b). Os adultos emergidos foram alimentados com dieta artificial a base de açúcar refinado e proteína Biones® na proporção de 3:1 e água filtrada *ad libitum* (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; SILVA NETO et al., 2012), até o início do experimento.



Figura 4.2 – Frutos de goiaba acondicionados em bandejas contendo vermiculita para recuperação de pupas de *Ceratitidis capitata* (a). Gaiola de laboratório para criação e manutenção de adultos de *Ceratitidis capitata* (b).

#### 4.2.4 Experimento de livre escolha para estudos de preferência de oviposição por *C. capitata* em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uva Itália

Antes da instalação do experimento uma amostra de aproximadamente dois kg de uvas, nas diferentes fases de desenvolvimento mencionadas, foi levada ao laboratório de pós-colheita de Embrapa Semiárido para avaliação da composição físico-química dos frutos. As análises realizadas foram: acidez total titulável (AT), teor de sólidos solúveis totais (SST), e firmeza (resistência da polpa a pressão). A firmeza foi avaliada com ajuda de um texturômetro eletrônico (ponteira 2mm de diâmetro), em dois pontos opostos na região equatorial das bagas e os resultados foram expressos em Newton (N), sendo utilizadas para cada fase de desenvolvimento cinco repetições de 20 bagas cada. Os SST foram determinados por leitura direta do extrato da polpa da baga em refratômetro digital e expressos em °Brix (AOAC, 2002). A avaliação de acidez titulável foi realizada por titulometria com solução de hidróxido de sódio 0,1N e expressa em gramas de ácido tartárico por 100 mL de suco (AOAC, 2002). Para as avaliações de SST e AT foram utilizadas cinco repetições de suco obtidas de 20 bagas de uvas cada.

O experimento de preferência de oviposição foi conduzido em gaiolas de campo (2,80m de largura x 2,90m comprimento x 2,0m de altura), as quais continham duas plantas de *Ficus* sp. para sombreamento, superfície de cúpula para os insetos e suporte para os cachos de uva (Figura 4.3 a e b). Cada gaiola recebeu 100 casais de *C. capitata* sexualmente maduros (10-12 dias de idade) e sem prévia

experiência de oviposição. Vinte quatro horas após a liberação dos insetos, um cacho de uva de cada uma das fases de desenvolvimento fisiológico avaliadas (60, 70, 80, 90 e 100 dias) foram pendurados aleatoriamente com auxílio de barbante de algodão nas plantas de *Ficus* sp., para livre escolha do substrato de oviposição (Figura 4.3 c). Em cada gaiola foi colocado um frasco de vidro (10 ml) contendo um pedaço de algodão embebido em água e fitas de papel filtro com açúcar para alimentação dos insetos.



Figura 4.3 – Experimento de preferência de oviposição de *Ceratitidis capitata* em gaiolas de campo. (a) Gaiola de campo utilizada no experimento, contendo plantas de *Ficus* sp. (b) Casais de *Ceratitidis capitata* em cópula no interior da gaiola (seta vermelha). (c) Cachos de uva Itália em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico para oviposição, potes com água e fitas com açúcar para alimentação (seta vermelha).

Os cachos ficaram expostos à infestação por 24 h. Transcorrido esse tempo, foram retirados e levados ao laboratório de Entomologia da BMB, onde foram avaliados, para cada fase de desenvolvimento, os parâmetros: número de posturas/baga e por cacho, e porcentagem de bagas infestadas/cacho. Foram usadas três gaiolas, concomitantemente, e o experimento foi repetido quatro vezes.

#### 4.2.5 Desenvolvimento de *C. capitata* em bagas de uva Itália em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico

Para avaliar o efeito da fase fisiológica da baga no desenvolvimento de *C. capitata*, uma vez avaliadas as posturas (segundo item 4.2.4), os cachos foram pesados, acondicionados em frascos plásticos (500 mL) contendo uma camada de vermiculita, cobertos com tecido voal e mantidos em salas sob condições controladas ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $65 \pm 10\%$ ) (Figura 4.4 a e b). Transcorridos 14, 21 e 28 dias após o acondicionamento dos cachos, realizou-se o peneiramento da vermiculita para a recuperação de pupas, as quais foram contabilizadas e mantidas em frascos plásticos (20 mL), com uma fina camada de vermiculita úmida até a emergência dos adultos (Figura 4.4 c).

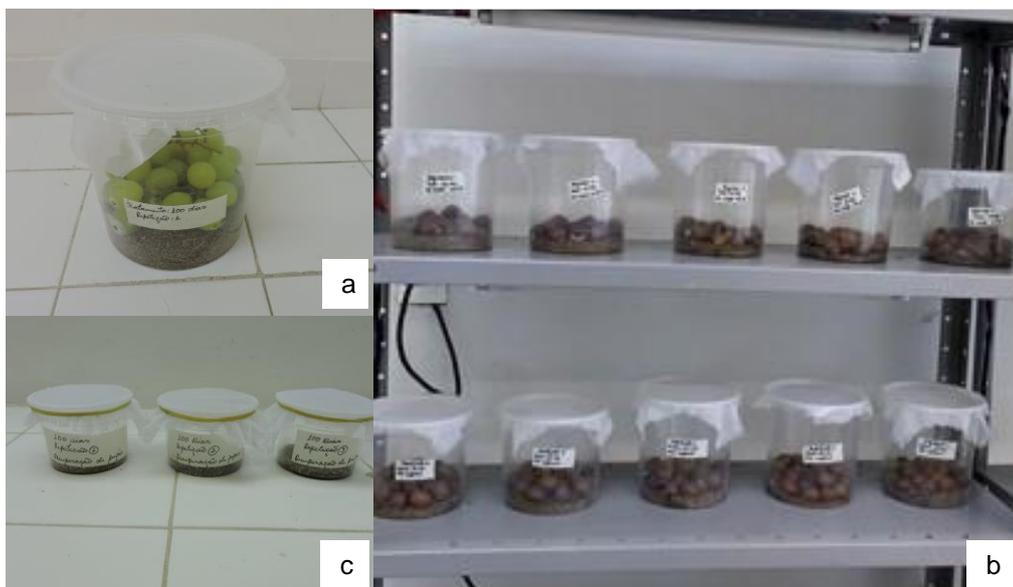


Figura 4.4 – Bagas de uva Itália acondicionadas em frascos plásticos contendo vermiculita para recuperação de pupas de *Ceratitiss capitata* (a e b). Potes plásticos contendo pupas de *Ceratitiss capitata* (c).

As pupas foram pesadas em balança analítica (Modelo AR3130, *OHAUS Adventurer™*, precisão de 0.0001 g). A emergência dos adultos foi monitorada a partir do terceiro dia após o peneiramento da vermiculita realizando-se avaliações a cada 12 h. Os adultos emergidos foram sexados para posterior cálculo da razão sexual da progênie.

Os parâmetros avaliados nesse estudo foram: total de pupas recuperadas/cacho, nível de infestação expresso em número de pupas/baga, viabilidade do estágio pupal (%), peso médio da pupa (mg) e razão sexual da progênie. A viabilidade foi determinada mediante a fórmula:  $[(n^{\circ} \text{ de adultos emergidos} / \text{total de pupas}) \times 100]$ . A razão sexual determinou-se como:  $[n^{\circ} \text{ de fêmeas} / (n^{\circ} \text{ de fêmeas} + n^{\circ} \text{ de machos})]$ . Todos os parâmetros foram avaliados para cada fase de desenvolvimento fisiológico das uvas.

#### 4.2.6 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado no experimento de preferência de oviposição foi blocos casualizados, com três blocos (gaiolas de campo), quatro repetições, cinco tratamentos (fases de desenvolvimento fisiológico das bagas) e 60 parcelas ao todo. Os dados referentes ao número de posturas/baga e por cacho, e bagas infestadas por cacho (%) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação de significância através do teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey (HSD).

Para os parâmetros número de pupas recuperadas por cacho, nível de infestação (pupas/baga), viabilidade do estágio de pupa, peso da pupa e razão sexual da progênie por fase de maturação, seguiu-se o desenho experimental inteiramente casualizado com 12 repetições (cachos) por tratamento (fases de desenvolvimento fisiológico das bagas), totalizando 60 parcelas. Para o peso do pupário foram pesadas 50 pupas por tratamento (250 parcelas ao todo). Os dados foram submetidos à análise de variância paramétrica simples (com um fator). Para comparar as médias dos tratamentos utilizou-se o teste de Tukey. Foi feita análise de correlação de Person entre o número de posturas por cacho e pupas recuperadas. As diferenças quanto a recuperação de machos e fêmeas de *C. capitata* oriundos das cinco fases de desenvolvimento de uvas Itália foram analisadas através do teste t de Student (Teste t). Quanto às avaliações

físico-químicas os resultados também foram analisados através de ANOVA e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey.

Antes de todas as análises estatísticas, foram avaliadas as premissas básicas de uma ANOVA, normalidade e homocedasticidade, por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ) e Cochran C, Hartley, Bartlett ( $p > 0,05$ ), respectivamente. Quando essas premissas não foram cumpridas se utilizaram as transformações matemáticas  $\sqrt{x+1}$  e arco seno  $x/100$ , esta última para os dados expressos em porcentagem. As análises foram feitas mediante a utilização do programa estatístico Statistica (STASOFT) versão 13.0.

### 4.3 Resultados

#### 4.3.1. Experimento de livre escolha para estudos de preferência de oviposição por *C. capitata* em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico de uva Itália

Os resultados da caracterização físico-químicas das uvas estão descritos na tabela 4.1. A firmeza e a acidez foram significativamente menores em bagas com um desenvolvimento fisiológico mais avançado (100 e 90 dias após poda) ( $F_{(4, 25)} = 165,48$ ;  $p < 0,05$ ; ( $F_{(4, 25)} = 216,17$ ;  $p < 0,05$ ), respectivamente), do que nas bagas com menos de 80 dias após a poda (Tabela 4.1). Tanto a firmeza como a acidez das bagas com 60 a 80 dias após a poda foram semelhantes. O mesmo foi observado para o teor de SST, já que o encontrado nas bagas com 60,70 e 80 dias foi inferior ao observado nas uvas com 90 e 100 dias, evidenciando-se um aumento expressivo desse parâmetro com o amadurecimento das uvas ( $F_{(4, 25)} = 277,69$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Caracterização físico-química (média  $\pm$  erro padrão) de bagas de uvas Itália, provenientes de plantas com 60,70, 80, 90 e 100 dias após a poda de formação. Juazeiro, Bahia.

Fase de desenvolvimento fisiológico (dias)	Firmeza (N)	Acidez titulável (gr. ácido tartárico/100 mL)	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)
60 dias	11,21 $\pm$ 0,11 b (10,86 - 11,48)	1,93 $\pm$ 0,02 a (2,01 - 1,86)	3,30 $\pm$ 0,08 d (4,00 - 4,40)
70 dias	12,28 $\pm$ 0,44 ab (10,89 - 13,36)	1,65 $\pm$ 0,03 b (1,59 - 1,73)	4,10 $\pm$ 0,07 d (4,00 - 4,40)
80 dias	12,45 $\pm$ 0,13 a (12,14 - 12,87)	1,33 $\pm$ 0,03 c (1,26 - 1,40)	5,80 $\pm$ 0,11 c (4,60 - 5,20)
90 dias	5,13 $\pm$ 0,27 c (4,27 - 5,78)	1,39 $\pm$ 0,06 c (1,20 - 1,53)	10,00 $\pm$ 0,18 b (7,30 - 8,20)
100 dias	5,21 $\pm$ 0,37 c (4,76 - 5,04)	0,49 $\pm$ 0,01 d (0,45 - 0,53)	12,00 $\pm$ 0,40 a (11,00- 13,40)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro avaliado.

No estudo de preferência de oviposição foram observadas posturas de *C. capitata* em bagas das cinco fases de desenvolvimento fisiológico de uva Itália (Tabela 4.2). No entanto, com o avanço da maturação fisiológica, o número médio de posturas/ baga ( $F_{(4, 55)} = 17,94$ ;  $p < 0,05$ ) e posturas/cacho aumentaram ( $F_{(4, 55)} = 15,38$ ;  $p < 0,05$ ), chegando a  $5,2 \pm 0,52$  e  $105,25 \pm 9,81$ , respectivamente, em bagas com 100 dias após poda de produção. As bagas com 60, 70 e 80 dias foram menos preferidas pelas fêmeas como substrato de oviposição. O número máximo de posturas/baga verificado nessas uvas oscilou entre 6 a 10. Já em bagas mais maduras (100 dias) foram observadas até 18 posturas/baga. A porcentagem de bagas infestadas manteve-se em média acima de 85%, para as cinco fases de desenvolvimento, não havendo diferenças estatísticas entre os cinco tratamentos avaliados ( $F_{(4, 55)} = 0,34$ ;  $p = 0,8504$ , Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Número médio ( $\pm$  erro padrão) de bagas/cacho, posturas/baga e bagas infestadas/cacho por *Ceratitis capitata* em uva Itália, em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico. Juazeiro, Bahia.

Fase de desenvolvimento fisiológico (dias)	Bagas/cacho (n°)	Posturas/baga (n°)	Bagas infestadas/cacho (%)
60 dias	21,83 $\pm$ 0,49 (20 - 23)	1,82 $\pm$ 0,18c (1 - 6)	84,65 $\pm$ 3,76 a (61 - 100)
70 dias	22,00 $\pm$ 0,55 (20 - 24)	2,35 $\pm$ 0,3 bc (1 - 10)	89,90 $\pm$ 3,20 a (70 - 100)
80 dias	21,50 $\pm$ 0,60 (20 - 23)	2,33 $\pm$ 0,22 bc (1 - 8)	90,64 $\pm$ 3,97 a (50 - 100)
90 dias	20,42 $\pm$ 0,48 (18 - 23)	3,52 $\pm$ 0,26 b (1 - 11)	93,87 $\pm$ 3,41a (61 - 100)
100 dias	20,20 $\pm$ 0,46 (18 - 21)	5,24 $\pm$ 0,52 a (1 - 18)	95,74 $\pm$ 1,6 a (84 - 100)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro avaliado.

A Figura 4.5 mostra de forma detalha a distribuição de posturas/baga nas diferentes fases de desenvolvimento de uva Itália avaliadas. O comportamento de oviposição das fêmeas de *C. capitata* em frutos de até 80 dias após a poda mostrou semelhanças. Em aproximadamente 70% dessas bagas foi detectado de uma a três posturas (Figura 4.5 a, b e c). O percentual de bagas não infestadas oscilou entre 9,85 e 15,38% para frutos com 60, 70, e 80 dias após poda. Em 43% das bagas com 90 dias verificou-se de três a quatro posturas. Já para bagas com 100 dias o padrão de posturas/baga foi heterogêneo. Em 60% dessas bagas registrou-se de duas a seis posturas/baga. Apenas 5,69 e 4,15% das bagas com 90 e 100 dias, respectivamente, não foram infestadas (Figura 4.5 d e d).

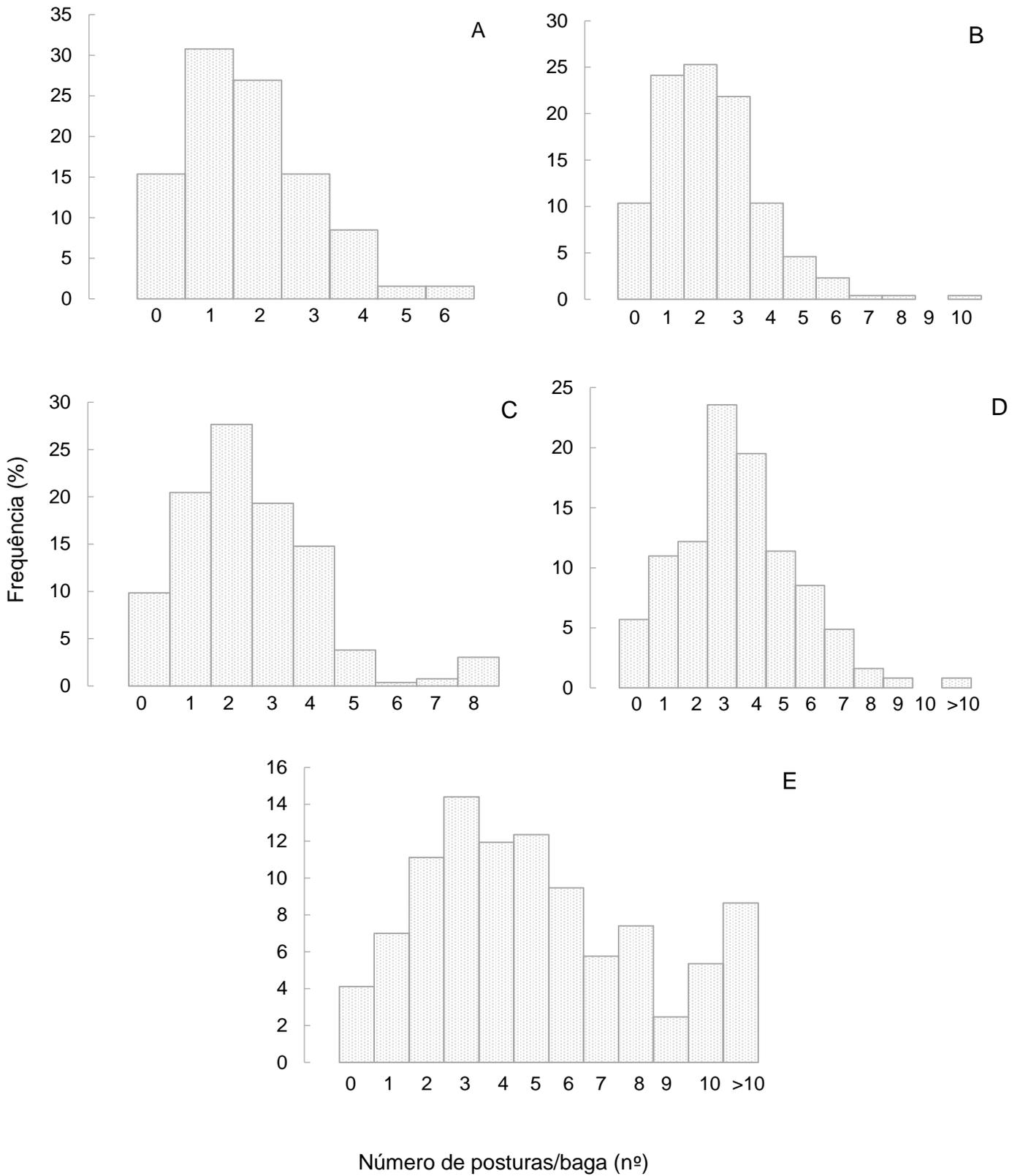


Figura 4.5 – Frequência de posturas de *Ceratitis capitata*/baga de uva Itália em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico (A: 60 dias, B: 70 dias, C: 80 dias, D: 90 dias e E: 100 dias após a poda). Juazeiro-Bahia.

#### 4.3.2 Desenvolvimento de *C. capitata* em bagas de uva Itália com diferentes fases de desenvolvimento fisiológico

Em relação à qualidade da uva Itália como substrato para o desenvolvimento das larvas de *C. capitata*, o menor número de pupas recuperadas/cacho foi verificado nos cachos provenientes de plantas com 60 dias após a poda (Tabela 4.3). O número médio de pupas recuperadas/cacho aumentou com o avanço da maturação fisiológica dos frutos e diferenças significativas foram verificadas entre as fases de desenvolvimento fisiológico ( $F_{(4,55)} = 6,62$ ;  $p < 0,05$ ). Não foi verificada correlação entre o número de pupas recuperadas e o número de posturas detectadas por cacho para uvas com 60 ( $r = -0,1348$ ;  $p=0,6762$ ), 70 ( $r = -0,3426$ ;  $p=0,2756$ ), 80 ( $r = 0,1091$ ;  $p=0,7358$ ) e 90 dias ( $r = -0,3190$ ,  $p=0,3122$ ) após poda de produção. No entanto, para uvas com 100 dias observou-se correlação positiva entre esses dois parâmetros ( $r = 0,6812$ ;  $p < 0,05$ ).

Tabela 4.3 - Número médio ( $\pm$  erro padrão) de posturas/cacho, pupas recuperadas/cacho, nível de infestação (%) de *Ceratitis capitata* em bagas de uva Itália com 60, 70, 80, 90 e 100 dias após poda de produção,  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR =  $65 \pm 10\%$ , fotofase 14 h. Juazeiro, Bahia.

Fase de desenvolvimento fisiológico (dias)	Posturas / cacho (nº)	Pupas / cacho (nº)	Nível de infestação (nº)
60 dias	39,50 $\pm$ 3,80 c (23 - 64)	9,58 $\pm$ 1,53 b (1 - 17)	0,44 $\pm$ 0,08 b (0,04 - 0,85)
70 dias	51,08 $\pm$ 6,72 bc (25 - 80)	14,00 $\pm$ 2,57 b (2 - 33)	0,63 $\pm$ 0,12 b (0,08 - 1,57)
80 dias	49,67 $\pm$ 4,24 bc (24 - 79)	10,83 $\pm$ 2,22 b (1 - 21)	0,50 $\pm$ 0,10 b (0,04 - 1,00)
90 dias	72,25 $\pm$ 5,99 b (24 - 102)	15,75 $\pm$ 2,83 b (7 - 39)	0,76 $\pm$ 0,13 b (0,32 - 1,86)
100 dias	105,25 $\pm$ 9,81 a (44 - 163)	30,55 $\pm$ 5,38 a (8 - 69)	1,54 $\pm$ 0,30 a (0,38 - 3,83)

<sup>1</sup>: refere-se ao nível de infestação expresso em nº de pupas/baga. Média seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro avaliado.

O nível de infestação também teve relação com a fase de maturação dos frutos ( $F_{(4, 55)} = 7,19$ ;  $p < 0,05$ ), sendo detectadas diferenças entre as fases de desenvolvimento mais avançadas (90 e 100 dias após a poda) e as iniciais (60, 70 e 80 dias). A maior recuperação de pupas/baga foi verificada em cachos com 90 e 100 dias após poda de produção (Tabela 4.3).

Na Figura 4.6 está descrita a recuperação de pupas aos 14, 21 e 28 dias após a infestação dos cachos. Observou-se diferenças significativas, no que se refere a esse parâmetro, nas diferentes fases de desenvolvimento fisiológico dos cachos (60 dias:  $F_{(2, 33)} = 8,93$ ; 70 dias  $F_{(2, 33)} = 8,71$ ; 80 dias  $F_{(2,33)} = 10,18$ ; 90 dias:  $F_{(2,33)} = 9,62$ ; 100 dias:  $F_{(2, 33)} = 6,23$ ;  $p < 0,05$ ). Para uvas com 60, 70 e 100 dias, não foram constatadas diferenças significativas na recuperação de pupas por cacho aos 14 e 21 dias. Já em uvas com 80 e 90 dias, o maior número de pupas foi recuperado aos 21 dias após infestação (superior a 50 %). Nas cinco fases de desenvolvimento de uva Itália avaliadas, as pupas de *C. capitata* foram recuperadas aos 14, 21 e 28 dias após infestação, resultado que evidencia uma variação intrapopulacional na velocidade de desenvolvimento larval.

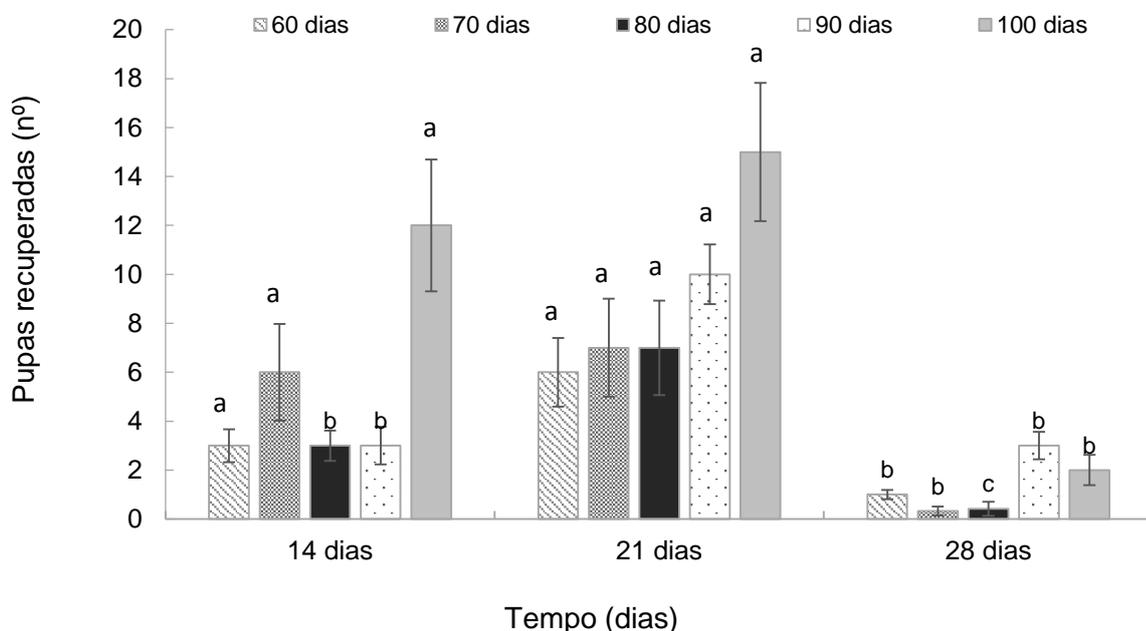


Figura 4.6 - Pupas de *Ceratitidis capitata* recuperadas por cacho de uva Itália em diferentes fases de desenvolvimento fisiológico, 14, 21 e 28 dias após infestação.  $T=25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $UR= 60 \pm 10\%$ , fotofase 14 h. As colunas representam a média  $\pm$  (erro padrão) do parâmetro avaliado. Colunas seguidas de letras diferentes diferem entre si (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

O peso da pupa variou conforme o amadurecimento das bagas ( $F_{(4, 245)} = 87,34$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 4.4), sendo menor nos frutos com 60, 70 e 80 dias após poda. O maior peso das pupas foi observado em larvas desenvolvidas em bagas com 100 dias ( $10,12 \pm 0,27\text{mg}$ ).

A viabilidade do estágio de pupa atingiu valores médios de  $51,31 \pm 9,41$ ;  $50,98 \pm 5,82$ ;  $53,42 \pm 9,36$ ;  $64,68 \pm 3,86$  e  $52,82 \pm 3,62$ , para uvas com 60, 70, 80, 90 e 100 dias, respectivamente. Não houve influência das fases de desenvolvimento fisiológico na viabilidade do estágio pupal ( $F_{(4, 55)} = 0,68$ ;  $p = 0,6072$ ).

Tabela 4.4 – Peso da pupa (mg) (média  $\pm$  erro padrão), adultos recuperados/cacho ( $n^\circ$ ) e razão sexual da progênie de *Ceratitis capitata* em bagas de uva Itália com 60, 70, 80, 90 e 100 dias após poda de produção,  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ , UR =  $65 \pm 10\%$ , fotofase 14 h. Juazeiro, Bahia.

Fase de desenvolvimento fisiológico (dias)	Peso da pupa (mg)	Adultos recuperados / cacho ( $n^\circ$ )		Razão sexual da progênie
		Fêmeas	Machos	
60 dias	$4,04 \pm 0,28$ d (1 - 7)	$2,45 \pm 0,53$ (0 - 6)	$2,55 \pm 0,64$ (0 - 7)	$0,53 \pm 0,09$ (0 - 1)
70 dias	$4,10 \pm 0,23$ d (1 - 8)	$4,75 \pm 1,46$ (0 - 15)	$3,25 \pm 0,78$ (0 - 9)	$0,53 \pm 0,08$ (0 - 1)
80 dias	$5,68 \pm 0,24$ c (1 - 9)	$4,42 \pm 0,99$ (0 - 11)	$2,17 \pm 0,68$ (0 - 7)	$0,70 \pm 0,05$ (0 - 1)
90 dias	$7,54 \pm 0,23$ b (3 - 11)	$5,67 \pm 1,48$ (0 - 19)	$5,25 \pm 1,27$ (0 - 14)	$0,56 \pm 0,08$ (0 - 1)
100 dias	$10,12 \pm 0,27$ a (6 - 14)	$8,67 \pm 1,56$ (2 - 17)	$6,67 \pm 1,66$ (0 - 21)	$0,63 \pm 0,05$ (0,38 - 1)

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro avaliado.

Não houve diferenças significativas no que se refere à emergência de fêmeas e machos em cada fase de desenvolvimento avaliada [(60 dias:  $t = 0,01$ ;  $gl = 22$ ;  $p = 0,6610$ ) (70 dias:  $t = 0,66$ ;  $gl = 22$ ;  $p = 0,1589$ ) (80 dias:  $t = 1,78$ ;  $gl = 22$ ;  $p = 0,4992$ ) (90 dias:  $t = 0,35$ ;  $gl = 22$ ;  $p = 0,7199$ ) (100 dias:  $t = 1,09$ ;  $gl = 22$ ;  $p = 0,4842$ ). A fase de maturação fisiológica dos frutos também não alterou a razão sexual das progênies obtidas no experimento ( $F_{4,52} = 1,08$ ;  $p = 0,3767$ ), oscilando de 0,53 a 0,70 (Tabela 4.4).

#### 4.4 Discussão

Os resultados apresentados revelaram que a fase de desenvolvimento fisiológico dos frutos influenciou a preferência de oviposição das fêmeas de *C. capitata*, sendo preferidas como substrato de oviposição bagas de uva Itália com um desenvolvimento fisiológico mais avançado (90 e 100 dias após poda de produção). No entanto, posturas de *C. capitata* foram detectadas em bagas com 60,70 e 80 dias após poda de produção.

Joachim-Bravo et al. (2001), ao avaliar a preferência de oviposição de fêmeas de *C. capitata*, sobre frutos de mamão papaia (*Carica papaya* L.), em diferentes fases de amadurecimento, detectaram intensa atividade de oviposição das fêmeas nas porções mais maduras, fato comprovado pelos autores através do número de ovos depositados. Santana (2012) também verificou um gradiente crescente de preferência de oviposição, dessa mesma espécie de mosca-das-frutas, em frutos de acerola (*Malpighia glabra* L.) nas fases de maturação: “verde”, “de vez” e “maduro”, sendo os frutos maduros preferidos pelas fêmeas. Em geral, vários autores já detectaram que as fêmeas de moscas-das-frutas manifestam uma preferência por ovipositar em frutos maduros (OI; MAU, 1989; JANG; LIGHT, 1991; HERNANDEZ et al., 1996; RATTANAPUN; AMORNSAK; CLARKE, 2009).

A preferência das fêmeas de *C. capitata* pelos frutos de 90 e 100 dias após a poda pode decorrer da composição físico-química das bagas (Tabela 4.4). As análises físico-químicas indicaram que os frutos provenientes de plantas com 60, 70 e 80 dias após a poda de formação, encontravam-se bem firmes, com elevada acidez e baixo teor de sólidos solúveis totais. Além disso, verificou-se menor número de posturas/baga nesses frutos, evidenciando que foram menos preferidos pelas fêmeas de *C. capitata* como substrato de oviposição.

O comportamento de oviposição de moscas-das-frutas tem sido um tema estudado e discutido ao longo do tempo. Diversas pesquisas sustentam que a localização e a aceitação do fruto hospedeiro, pelas fêmeas de tefritídeos, é um processo complexo, no qual estão envolvidos sinais físicos e químicos da planta hospedeira (VARGAS et al., 1991; ALUJA; PROKOPY, 1992; ALUJA; MAGAN, 2008). Estímulos visuais e táteis como cor, tamanho, forma e aparência dos frutos (McINNIS, 1989; LEVISON; LEVINSON; OSTERRIED, 2003) e estímulos químicos, tais como semioquímicos produzidos e liberados pela planta, marcação com feromônios,

entre outros (HERNANDEZ et al., 1999; RATTANAPUN; AMORNSAK; CLARKE, 2009) constituem sinais que determinam a seleção do substrato de oviposição pelas fêmeas de tefritídeos.

Prokopy, Moericke e Bush (1973) e Reissing (1974) sugeriram que o mecanismo pelo qual as fêmeas de moscas-das-frutas são atraídas para ovipositar está relacionado com uma resposta olfatória a compostos voláteis liberados pelos frutos hospedeiros em amadurecimento. É conhecido que a concentração e composição dos voláteis liberados pelos frutos variam com a maturação (JANG; LIGHT, 1991; HERNANDEZ et al., 1996; 1999; GREGORIO et al., 2012). Em pêssego (*Prunus pérsica* L.), por exemplo, o acetaldeído foi detectado em frutos verdes, o 3-etil-5-metil-benzil álcool em frutos “de vez” e 4-etil-acetofenona foi constatado em todas as fases de maturação avaliadas pelos autores, além do aumento na concentração de ésteres liberados pelos frutos com o avanço da maturação (HERNANDEZ et al., 1999). Além disso, os mesmos autores testaram as respostas eletrofisiológicas de fêmeas de *C. capitata* frente a extratos de pêssego procedentes de frutos em diferentes fases de maturação (verdes, “de vez” e maduros), e constataram que as respostas geradas variaram com o grau de maturação dos frutos, sendo as maiores depolarizações observadas em resposta a voláteis extraídos de frutos na fase “de vez”. Já em bioensaios eletroantegráficos conduzidos com *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), frente a extratos oriundos de frutos verdes e maduros de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.), pitanga (*Eugenia uniflora* L.), pêssego e araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine), a influência do grau de maturação dos frutos nas respostas eletrofisiológicas das fêmeas foi constatada somente para araçá e pitanga (GREGORIO et al., 2012).

Em bioensaios conduzidos em túnel-de-vento com *Bactrocera dorsalis* (Hendel, 1912), foi observada uma preferência das fêmeas por frutos de papaia maduros (JANG; LIGHT, 1991). Utilizando esferas de polietileno como substratos artificiais para oviposição, esses autores também constataram que as fêmeas foram mais atraídas e depositaram mais ovos naquelas que emanavam aromas oriundos de frutos de papaia mais maduros.

Os resultados citados evidenciam que as fêmeas de moscas-das-frutas respondem a estímulos olfativos procedentes de frutos hospedeiros em diferentes fases de maturação, sendo que estas respostas podem estar envolvidas na localização e seleção do substrato de oviposição.

Por outro lado, também existem evidências que indicam preferência de oviposição das fêmeas de tefritídeos por frutos com pericarpo mais macio. Rattanapun, Amornsak e Clarke (2009) em estudos conduzidos com *B. dorsalis* em frutos de manga (*Mangifera indica* L), detectaram uma preferência de oviposição das fêmeas pelas porções menos firmes do fruto e com elevado teor de SST. Resultados similares foram observados no presente estudo, pois bagas com 90 e 100 dias foram preferidas por fêmeas de *C. capitata* como substrato de oviposição.

A preferência de oviposição exibida pelas fêmeas neste estudo pode ter sido o resultado da combinação de voláteis liberados pelas bagas em amadurecimento, e provas realizadas com seu ovipositor. Segundo Aluja e Mangan (2008), uma vez localizado o fruto hospedeiro utilizando sinais químicos, a fêmea avalia a textura bem como as características químicas do mesmo através dos tarsos. Quando a decisão é de ovipositar, a fêmea perfura a casca do fruto e os sensores localizados no ápice do ovipositor enviam os últimos sinais, permitindo a fêmea rejeitar ou aceitar o fruto como substrato de oviposição. Entre as características químicas identificadas pelas fêmeas que estimulam a oviposição, tem sido evidenciado o conteúdo de açúcares, como glicose e frutose. No caso da uva Itália, estes são os principais açúcares. Portanto, a preferência por oviposição em bagas, provenientes de plantas com 90 e 100 dias após a poda de formação, observada neste estudo pode também ser decorrente do conteúdo de SST identificado pelas fêmeas, por meio de provas de oviposição realizadas nas bagas, previamente à decisão de ovipositar.

O desenvolvimento fisiológico da baga influenciou significativamente no número de pupas recuperadas por cacho, aumentando esse parâmetro conforme o avanço da maturação fisiológica da baga, o que demonstra a influência das características químicas do substrato no desenvolvimento das larvas que se tornaram pupas. Durante a maturação fisiológica as bagas de uva sofrem diversas alterações estruturais, tais como: diminuição da espessura da parede celular das células do mesocarpo, expansão do volume celular, mudanças na epiderme e tecidos vasculares, entre outros. Estas mudanças tornam a baga menos firme (KELLER, 2010), o que poderia facilitar o movimento e desenvolvimento das larvas de *C. capitata* no interior das bagas. A acidez e os SST também mudam conforme o amadurecimento da baga. Entre os fatores envolvidos na diminuição da acidez encontram-se: diluição dos ácidos orgânicos devido ao aumento do volume da baga

(RIZZON; MIELE; MENEGUZZO, 2000). Já o incremento do teor de SST está relacionado com o aumento das sínteses de sacarose (MULLINS; BOUQUET; WILLIAMS, 2007), açúcar importante para o desenvolvimento de *C. capitata* (ZUCOLOTO, 1993).

Durante o período de maturação fisiológica os frutos também passam por uma série de modificações bioquímicas (KELLER, 2010). No início da maturação fisiológica o teor de polissacáridos é alto, é somente após a biossíntese dessas moléculas ocorre a conversão em açúcares. Segundo Fernandes-da-Silva e Zucoloto (1993), o alto conteúdo de polissacáridos também pode dificultar a alimentação da larva de *C. capitata* nesses frutos, comprometendo seu desenvolvimento. No entanto, na atual pesquisa, pupas de *C. capitata* foram recuperadas de cachos das cinco fases de desenvolvimento de uva Itália estudadas. Resultados que diferem dos observados por Zart (2008) para *A. fraterculus* em uvas para produção de vinho. O autor não registrou a presença de larvas desenvolvidas em bagas da cultivar 'Moscato Embrapa' quando cachos foram expostos à infestação por *A. fraterculus* durante os estádios fenológicos de grão ervilha e compactação do cacho. Na cultivar 'Niagara Rosada', o mesmo autor constatou a presença de posturas em cachos em início de maturação e maturação plena, contudo, as larvas não conseguiram atingir o estágio de pupa, em condições de laboratório.

A viabilidade do estágio de pupa atingiu valores médios (51 - 65%) no presente estudo, não sendo influenciado pela fase de desenvolvimento da baga. Resultados opostos a estes foram constatados por Joachim-Bravo et al. (2001) para *C. capitata* em frutos de mamão, onde a taxa de emergência foi significativamente maior para insetos desenvolvidos nas porções mais maduras dos frutos (81,7%;  $T = 29 \pm 1^\circ\text{C}$ , UR= 70-80%). Fernandes-da-Silva e Zucoloto (1993) estudaram o possível efeito de diferenças no conteúdo de solutos e açúcares existentes entre porções de um mesmo fruto de papaia 'Solo' e laranja 'Pera' (*Citrus sinensis* L.) sobre o desenvolvimento de *C. capitata*. Os autores também verificaram maiores taxas de emergência para insetos desenvolvidos nas porções mais maduras.

O peso do pupário de *C. capitata* foi influenciado pela fase de desenvolvimento fisiológica da baga de uva. O peso da pupa é um fator que influencia diretamente a sobrevivência dos adultos de *C. capitata* (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1989; LIEDO; CAREY, 1996). O sucesso da

metamorfose pupa-adulto depende majoritariamente de um adequado desenvolvimento larval, que é resultado da qualidade do substrato larval, pois é precisamente durante a fase trófica que o inseto obtém e armazena as reservas energéticas necessárias para esta transformação, que é o início da vida adulta (CRUZ et al., 2000). No entanto, na presente pesquisa, aproximadamente 50% das pupas recuperadas não alcançaram a fase adulta, independentemente da fase de desenvolvimento fisiológico da baga. Além disso, observou-se uma diminuição na velocidade de desenvolvimento larval neste hospedeiro, pois pupas foram recuperadas aos 21 e 28 dias após infestação em bagas com 60, 70, 80, 90 e 100 dias após a poda de produção. Resultados que diferem dos observados para essa mesma espécie de mosca-das-frutas em outros hospedeiros (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; FERNANDES-DA-SILVA; ZUCOLOTO, 1993; COSTA et al., 2011). Os resultados obtidos em uva Itália sugerem que outros fatores, além da composição físico-química da baga, influenciam a adequação desse substrato larval ao desenvolvimento de *C. capitata*. Papachristos, Papadopoulus e Nanos (2008), também não observaram correlação entre o conteúdo de SST, pH, acidez e a sobrevivência dos estágios de larva e pupa de *C. capitata* em diferentes espécies cítricas (*Citrus* spp). Segundo esses autores, a variação de outros compostos na polpa dos frutos (ácidos graxos, aminoácidos, monoterpenóides, flavonoides glicosilados), poderia ter uma função determinante no desenvolvimento e sobrevivência dos estágios imaturos de *C. capitata* em espécies cítricas.

No que se refere à razão sexual, observou-se que esse parâmetro não foi influenciado pela fase de maturação das bagas. Em geral, foi equitativo o número de fêmeas e machos nas progênes recuperadas de cachos de uvas Itália das cinco fases de desenvolvimento fisiológico avaliadas. Resultados semelhantes foram relatados por Habibe et al. (2006) e Zanardi et al. (2011), para essa espécie de mosca-das-frutas, nessa mesma cultivar de uva.

Para insetos holometábolos, como são as moscas-das-frutas, a seleção do substrato de oviposição é de extrema importância, considerando a pouca mobilidade das larvas (FLECHER; PROKOPY, 1991). A seleção deste substrato tem sido relacionada com a qualidade do hospedeiro para sustentar o desenvolvimento da progênie. Assim, o tempo de desenvolvimento dos estágios imaturos de larva e pupa, a sobrevivência e fecundidade dos adultos, são parâmetros biológicos fortemente influenciados pelos recursos nutritivos do hospedeiro selecionado

para oviposição (KRAINACKER; CAREY; VARGAS, 1987; LIEDO; CASEY, 1996). Portanto, o sucesso reprodutivo nesses insetos está estreitamente relacionado com a habilidade das fêmeas em localizar e ovipositar em um hospedeiro apropriado, que permita o desenvolvimento da prole.

Levando-se em consideração que as fêmeas de *C. capitata* utilizam estímulos químicos, visuais e táteis para detectar e aceitar o hospedeiro potencial, os dados apresentados mostraram que esta espécie manifestou preferência por depositar seus ovos em frutos de uva 'Itália' em fase de maturação fisiológica mais avançada (90 a 100 dias após a poda), próximo da colheita. Visando garantir, dessa forma, o melhor substrato, mais doce e menos ácido, para o desenvolvimento dos estágios imaturos. No entanto, apesar das bagas com 60, 70 e 80 dias se mostrarem como substratos menos favoráveis ao desenvolvimento das larvas, posturas foram detectadas nesses frutos.

Segundo Prokopy, Zeigler e Wong (1978), a presença do feromônio deterrente à oviposição depositado pelas fêmeas de *C. capitata* em frutos altamente infestados, poderia explicar a presença de posturas em substratos hospedeiros menos preferidos por esse tefritídeo sob condições de livre escolha em laboratório. Por outro lado, Krainacker, Carey e Vargas (1987) sugerem que esse tipo de comportamento pode estar relacionado à ausência de mecanismos apurados nessa espécie de mosca-das-frutas para a discriminação entre hospedeiros. Fato que poderia explicar a natureza polífaga de *C. capitata*.

Em insetos polípagos e multivoltinos, como *C. capitata*, a discriminação e seleção do hospedeiro adequado é um comportamento imprevisível. De fato, é conhecido que estes insetos infestam outras plantas quando seus hospedeiros primários não se encontram disponíveis (FLETCHER; PROKOPY, 1991; ALUJA; MANGAN, 2008). Nas condições do VSF, a *C. capitata* utiliza como hospedeiros primários, principalmente, a acerola e a goiaba. No entanto, também se dispersa para pomares comerciais de uva e manga, uma vez que essas frutíferas são cultivadas próximas umas das outras (BMB, 2016). As características edafoclimáticas, assim como as técnicas de irrigação utilizadas no VSF, permitem uma sucessão de hospedeiros para essa praga ao longo de todo o ano.

Os resultados apresentados mostraram que *C. capitata* manifesta preferência de oviposição em cachos de uva Itália com maturação fisiológica mais avançada, em condições de escolha. Porém, as fêmeas podem iniciar o ataque nas bagas, em

parreirais desta cultivar aos 60 dias após a poda das plantas, quando os frutos ainda apresentam características físico-químicas desfavoráveis, com elevada firmeza e acidez e baixo teor de SST, para a oviposição e desenvolvimento das fases imaturas. O comportamento observado de ovipositar em hospedeiro desfavorável pode representar vantagens ao facilitar a estratégia de vida de *C. capitata* em situações de escassez de hospedeiros preferenciais.

Os resultados apresentados nesta pesquisa contribuem a uma melhor compreensão da dinâmica populacional dessa espécie de mosca-das-frutas na cultivar de uva Itália, nas condições do VSF, sugerindo-se iniciar as atividades de monitoramento deste tefritídeo em parreirais desta cultivar antes dos 60 dias após poda, para orientar as medidas de controle necessárias, a fim de minimizar os danos ocasionados por esta espécie no VSF.

#### 4.5 Conclusões

*C. capitata* manifesta preferência de oviposição em bagas da cultivar de uva Itália no final da maturação fisiológica.

*C. capitata* demonstra uma variação intrapopulacional na velocidade de desenvolvimento larval em uva Itália, independentemente da fase de desenvolvimento fisiológico da baga.

A viabilidade do estágio de pupa de *C. capitata* em uva Itália atingiu valores médios de 50% em todas as fases de desenvolvimento fisiológico, indicando que a uva, de certa forma, é um substrato desfavorável ao desenvolvimento das fases imaturas desse inseto.

#### Referências

ALUJA, M.; PROKOPY, J.R. Host search behaviour of *Rhagoletis pomonella* flies: inter-tree movement patterns in response to wind-borne fruit volatiles under field conditions. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 17, p. 1-8, 1992.

ALUJA, M.; MANGAN R. L. Fruit fly (Díptera: Tephritidae) Host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 53, p. 24.6- 24.7, 2008.

ASSOCIATION ON OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 17. ed. Washington, DC, 2002.

BATEMAN, M.A. Fruit Flies. In: DeLUCI, V.L. (Ed.). **Studies in biological control**. London: Cambridge University Press, 1976. p. 11-49.

BIOFABRICA MOSCAMED BRASIL - BMB. **Banco de dados em Monitor XYZtemas**. Juazeiro, 2016. Disponível em: <[http://xxxcnn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao\\_usuario.jsp](http://xxxcnn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao_usuario.jsp)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BOTTON, M.; HAJI, F.N.P.; HICKEL, E.R.; SORIA, S.J. Cachos arruinados. A ação de pragas-insetos nos frutos da videira comprometem a produção in natura e de vinho. Conheça as estratégias de controle. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 6, n. 34, p. 1-6, 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Secretaria de Comercio Exterior - SECEX. **Estatísticas brasileiras de exportações e importações**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.

BRITO, C.H.; LOPES, E.B.; 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, p. 29-36, 2009.

COSTA, A.M.; AMORIN, F.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**, Curitiba, v. 55, n. 3, p. 355–360, 2011.

CRUZ, I.B.M.; CRUZ, J.N.; TAUFER, M.; KALISZ, A.O. Morfologia do aparelho reprodutor e biologia do desenvolvimento. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 55-66.

DIAMANTIDIS, A.D.; CAREY, J.R.; PAPADOPOULOS, N.T. Life history evolution of an invasive tephritid. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 132, p. 695–705, 2008.

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

EICHHORN, K.W.; LORENZ D.H. Phänologische Entwicklungsstadien der Rebe. **Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes**, Stuttgart, v. 29, p. 119-120, 1977.

FERNANDES-DA-SILVA, P.G.; ZUCOLOTO, F.S. The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). **Journal of Insect Physiology**, London, v. 39, n. 10, p. 883-887, 1993.

FLETCHER, B.S. Life history strategies of tephritid fruit flies. In: ROBINSON, A.S.; HOOPER, G. (Ed.). **Fruit flies, their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1989. (World Crops Pest, 3B).

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 and Hall, 1991. p. 139-171.

GREGORIO, P.; SANTANA, J.; REDAELLI, R.L.; IDALGO, D.N.T. The influence of prior experience with artificial fruits on the ovipositioning behavior of *Anastrepha fraterculus* (Diptera, Tephritidae). **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 102, p. 138-141, 2012.

HABIBE, T.C.; VIANA, R.E.; NASCIMENTO, A.S.; PARANHOS, B.A.J.; HAJI, F.N.P.; CARVALHO, R.S.; DAMASCENO, I.C.; MALAVASI, A. Infestação de uva, *Vitis vinifera* pela mosca-do-Mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) no Sub-Médio do Vale do São Francisco. In: INTERNATIONAL FRUIT FLY SYMPOSIUM, 7., 2006, Salvador. **Proceedings...** Salvador, 2006. p. 183-185.

HERNANDEZ, M.M.; SANZ, I.; ADELANTADO, M.; BALLACH, S.; PRIMO-YUFERA, E. Electroantennogram activity from antennae of *Ceratitis capitata* (Wied.) to fresh orange airborne volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 22, p.1607-1619, 1996.

HERNANDEZ, M.M.; VARGAS-ARISPURO, I.; SANZ, I.; ADELANTADO, M.; PRIMO-YUFERA, E. Electroantennogram activity and attraction assay of *Ceratitis capitata* (Wied.) to airborne volatiles from peach at three ripeness stages. **Southwestern Entomologist**, Weslaco, v. 24, p. 133-142, 1999.

JANG, E.B.; LIGHT, D.M. Behavioral responses of female Oriental fruit flies to the odor of papayas at three ripeness stages in a laboratory flight tunnel (Diptera: Tephritidae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 4, p. 751-762, 1991.

JOACHIM-BRAVO, I.S.; FERNANDEZ, O.A.; BORTOLI, S.A.; ZUCOLOTO, F.S. Oviposition behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae): Association between oviposition preference and larval performance in individual females. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, p. 559-564, 2001.

JOACHIM- BRAVO, I.S.; SILVA-NETO, A.M. Aceitação e preferência de frutos para oviposição em duas populações de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Iheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 94, n. 2, p. 171-176, 2004.

KELLER, M. **The science of grapevines – Anatomy and physiology**. Burlington: Academic Press, 2010. 522 p.

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, p. 583-590, 1987.

KRAINACKER, D.A.; CAREY, J.R.; VARGAS, R.I. Size-specific survival and fecundity for laboratory strains of two Tephritid (Diptera: Tephritidae) species: Implications for mass rearing. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, p. 104-108, 1989.

LEVINSON, H.; LEVINSON, A.; OSTERRIED, E. Orange-derived stimuli regulating oviposition in the Mediterranean fruit fly. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 269-275, 2003.

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.

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

MALAVASI, A. Mosca-da-carambola, *Bactrocera carambolae*, (Diptera:Tephritidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTORE F. (Ed.). **Histórico e impacto de pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 39-41.

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.

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.

MARTINS, D.S.; ALVES, F.L.; ZUCCHI, R.A. Levantamento de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no norte do Estado do Espírito Santo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 373-379, 1993.

McINNIS, D.O. Artificial oviposition sphere for Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in field cages. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, p. 1382-1385, 1989.

MULLINS, M.G.; BOUQUET, A.; WILLIAMS, L.E. **Biology of grapevine**. Cambridge: University of Cambridge, 2007. 239 p. (The Biology of Horticultural Crops).

OI, D.H.; MAU, R.F.L. Relationship of fruit ripeness to infestation in "Sharwil" avocados by the Mediterranean fruit fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, p. 556-560, 1989.

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.

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

PROKOPY, R.J.; MOERICKE, V.; BUSH, G.L. Attraction of apple maggot flies to odor of apples. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, p. 743-749, 1973.

PROKOPY, R.J.; ZEIGLER, J.R.; WONG, T. Deterrence of repeated oviposition by fruit marking pheromone in *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 4, p. 55-63, 1978.

RATTANAPUN, W.; AMORNSAK, W.; CLARKE, A.R. *Bactrocera dorsalis*: preference and performance on two mango varieties at three stages of ripeness. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 131, p. 243-253, 2009.

REISSING, W.H. Field tests of the response of *Rhagoletis pomonella* to apples. **Environmental Entomology**, College Park, v. 3, p. 733-736, 1974.

RIZZON L.A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da uva cv. Isabel para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, p. 115-121, 2000.

SANTANA, M.R.S.P. **Relação moscas-das-frutas e acerola**: clima, fenologia e nível de infestação no Vale do Submédio São Francisco. 2012. 92 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual da Bahia, Juazeiro, 2012.

SILVA, G.S. Estudos moleculares. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 29-39.

SILVA NETO, A.M.; SANTOS, T.R.O.; DIAS, V.S.; JOAQUIM-BRAVO, I.S.; BENEVIDES, L.J.; BENEVIDES, C.M.J.; SILVA, M.V.L.; SANTOS, D.C.C.; VIRGINIO, J.; OLIVEIRA, G.B.; WALDER, J.M.M.; PARANHOS, B.A.J.; NASCIMENTO, A.S. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, p. 364-369, 2012.

SOUZA LEÃO, P.C. de. (Ed.). **Cultivo da videira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/112196/1/Cultivo-da-videira-32070.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

STATSOFT INC. 2001. **Statistica** (Data analysis software system), versão 13. São Caetano do Sul, 2015. Disponível em: [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

SUGAYAMA, R.L.; KOVALESKI, A.; LIEDO, P.; MALAVASI, A. Colonization of a new fruit crop by *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Brazil: a demography analysis. **Environmental Entomology**, College Park, v. 27, p. 642-648, 1998.

VARGAS, R.I.; STARK, J.D.; PROKOPY, J.R.; GREEN, T.A. Response of oriental fruit fly and associated parasitoids to different color spheres. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 84, p. 1503-1507, 1991.

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

ZART, M. **Bioecologia de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (DIPTERA: TEPHRITIDAE) em videira**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

ZUCCHI, R.A. Taxonomía. 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.

ZUCOLOTO, F.S. Acceptability of different Brazilian fruits to *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and fly performance on each species. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 26, p. 291-298, 1993.

## 5 Irradiação de uvas pós-colheita para o controle da mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera:Tephritidae)

### Resumo

A mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata*, está entre os principais problemas fitossanitários detectados nos pomares de uva (*Vitis vinifera* L.), cv. 'Itália' do Vale do São Francisco (VSF). Como tratamento quarentenário foi avaliada a irradiação de uvas Itália para eliminar ovos, larvas e ou a prevenção da emergência de adultos. Inicialmente, cachos sadios foram expostos à infestação forçada, por 4 horas, dentro de gaiolas contendo fêmeas selvagens de *C. capitata*, geração parental, com 10 a 15 dias de idade. As doses de raios X testadas foram: 0 (testemunha); 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100 e 150 Gy. Utilizou-se uma máquina de raios X, modelo Rad Source RS 2400, operado com voltagem de 125 Kv e corrente de 18 mA, apresentando uma taxa de dose de 0,0207Gy/Kw.s. Dosímetros de alanina foram inseridos dentro dos cachos para confirmação das doses utilizadas. Cachos com ovos de 24 e 48 h após a infestação e com larvas do primeiro instar (L<sub>1</sub>) foram irradiados, verificando-se a eclosão, mortalidade e viabilidade das diferentes fases imaturas do inseto em todas as doses testadas. Foram determinadas as doses quarentenárias necessárias para matar o embrião e para inibir o desenvolvimento larval e/ou a emergência de adultos de *C. capitata*. Em seguida, foi realizado um teste confirmatório com as doses de 50, 100 e 150 Gy sobre L<sub>1</sub>. Foram avaliados também parâmetros químicos e sensoriais de bagas irradiadas com essas doses. Verificou-se um aumento da radiosensibilidade dos ovos de 24 h de idade com o incremento da dose de radiação. As doses de 100 e 150 Gy promoveram 97,74 ± 0,8 e 99,41 ± 0,3% de mortalidade nesse estágio de desenvolvimento, respectivamente. Com base na análise do Probit, para ovos de 24 h foram estimadas as doses letais DL<sub>95</sub> e DL<sub>99,9968</sub>, em 72,34 e 101,35 Gy, respectivamente. Para ovos de 48 h, a exposição às diferentes doses de radiação causou mortalidade de apenas 6 a 10%. Houve similaridade no efeito da irradiação sobre o desenvolvimento de *C. capitata* quando ovos de 48 h e L<sub>1</sub> foram expostas às doses de raios X testadas. O menor número de pupas recuperadas, em ambos os tratamentos, foi contatado nas doses de 100 e 150 Gy. A emergência de adultos normais diminuiu com o aumento da dose de irradiação X, tanto para ovos como para larvas recém eclodidas. A menor dose que impediu totalmente a emergência de adultos, quando aplicada sobre ovos de 48 h e em L<sub>1</sub> de *C. capitata* foi 20 Gy. As doses letais DL 99,9968, para inibir a emergência de adultos a partir de ovos irradiados com 48 h e L<sub>1</sub> foram estimadas em 12,08 e 20,44 Gy, respectivamente. As qualidades químicas e sensoriais não foram afetadas com a irradiação das bagas, após 72 h de armazenamento. Estudos posteriores devem ser realizados visando a avaliação do estágio mais radiotolerante desse inseto (L<sub>3</sub>) em uvas irradiadas, assim como os possíveis efeitos desse tipo de radiação sobre outros parâmetros físico-químicos e sensoriais após intervalos de armazenamento.

**Palavras-chave:** Raios X. Tratamento quarentenário. Moscamed. *Vitis vinifera*.

## Irradiation of table grapes as a quarantine treatment aiming the control of medfly *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)

### Abstract

Among the main phytosanitary problems faced in recent years in the production of 'Italia' table grapes (*Vitis vinifera* L.) in the conditions of the São Francisco Valley (SFV), *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) is considered the most important fruit fly. Irradiation studies were started in order to define X-rays doses for the control of *C. capitata*. Grapes berries were placed in cages containing wild females, parental generation, between 10 and 15 days of age and previous oviposition experience. Tests of doses responses were carried out with the immature stages: eggs (24 and 48 h) and first instar larvae. The following doses were tested: 0 (control); 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100 and 150 Gy. We used a source of X-ray source RS Rad Model 2400. The irradiator was operated with a voltage of 125 Kv and 18 mA, with a 0,0207Gy / Kw.s dose rate. Alanine dosimeters were inserted between the berries to confirm the doses absorbed. After X-ray irradiation treatments, data were obtained about: eggs mortality, larvae and pupae recovered, and adult emergence for each dose and treatment. A confirmatory test was conducted with the doses 50, 100 and 150 Gy, and only larvae of the first instar was evaluated. In addition, we evaluated the effect of irradiation in berries considering both chemical and sensorial parameters. There was an increased radiosensitivity of 24 h old eggs with increasing radiation dose. Doses of 100 and 150 Gy caused  $97,74 \pm 0,8$  and  $99,41 \pm 0,3\%$  mortality at this stage of development, respectively. Based on Probit analysis for eggs of 24 hour old the lethal doses  $DL_{95}$  and  $DL_{99,9968}$ , were estimated at 72,34 and 101,35 Gy respectively. On eggs of 48 hours old exposed to different radiation doses a mortality rate between 6-10% was observed. There were similarities in the effect of irradiation on the development of *C. capitata* when eggs of 48 hours and  $L_1$  were exposed to the X-ray doses tested. A smaller number of pupae recovered in both treatments was observed in doses of 100 and 150 Gy. The emergence of normal adults decreased with the increase of X-rays doses in the treatments (eggs and  $L_1$ ). The lowest dose caused 100% pupa-adult mortality for both treatments, eggs of 48 h and  $L_1$ , was 20 Gy. The lethal dose  $DL_{99,9968}$ , to inhibit the emergence of adults from eggs of 48 h and  $L_1$  irradiated was estimated at 12,08 e 20,44 Gy, respectively. Chemical and sensory parameters were not affected by exposure of grapes at different doses of X-ray after storage of 72 h. Further studies should be conducted to better evaluate the more radiotolerant stage of this insect ( $L_3$ ), as well as the possible effects of such radiation on other physical and chemical parameters and sensory aspects after storage intervals.

**Keywords:** X-rays. Quarantine Treatment. Medfly. *Vitis vinifera*.

## 5.1 Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás apenas da Índia e da China sendo, portanto a fruticultura considerada um dos setores de maior destaque do agronegócio brasileiro. Entre as principais commodities de frutas exportadas encontram-se as uvas finas de mesa (*Vitis vinifera* L.) produzidas no Súbmedio do Vale do São Francisco (VSF), região localizada no nordeste do país (FERREIRA; LIRIO; MENDOZA, 2009). No cenário nacional a mais de uma década o VSF responde por mais de 99% das exportações de uvas de mesa. Em 2015, a área plantada com essa cultura foi de 8.523 há (IBGE, 2016), com aproximadamente 34.385 toneladas de uvas produzidas, o que representou US\$ 72.212.951,00 na pauta de exportações do país (BRASIL, 2016).

Dentre os maiores obstáculos para a produção e a livre comercialização das uvas *in natura* produzidas no VSF, está a presença da mosca-das-frutas *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae). As primeiras detecções de *C. capitata* em uva foram feitas na cv. 'Itália' e o nível de infestação informado foi baixo, de 0,05 pupa por baga (BOTTON et al., 2005). No entanto, esse cenário tem sofrido mudanças significativas. Dados do Programa de Monitoramento e Controle de moscas-das-frutas, executado pela Organização Social, Biofábrica Moscamed Brasil (BMB) nessa região, constataram um aumento populacional de *C. capitata* nos parreirais comerciais, com número médio de moscas capturadas/ armadilha/dia (MAD) de 2,70, no período entre janeiro a dezembro de 2015 e um nível de infestação de 0,5 pupas por baga (BMB, 2016). Para a viticultura do VSF, a presença dessa espécie de tefritídeo em áreas comerciais repercute diretamente no agronegócio da região, pois tratamentos pós-colheita são obrigatórios para as uvas produzidas e que se destinam a mercados tais como: Estados Unidos, Japão e Mercosul, o que onera o custo final da fruta produzida.

Os tratamentos quarentenários são procedimentos realizados durante ou após o processamento final das frutas. Esses procedimentos são classificados em químicos ou físicos, e podem ser aplicados de forma simples ou combinada (DUARTE; MALAVASI, 2000). Os tratamentos quarentenários mais utilizados para frutos infestados por moscas-das-frutas, tem se limitado principalmente ao uso dos fumigantes químicos: Brometo de metila (MB) e Dibrometo de etileno (EDB). No entanto, a nocividade desses produtos para a saúde humana, a camada de ozônio

atmosférico, bem como a demanda do mercado consumidor por produtos livres de resíduos químicos, tem acelerado o desenvolvimento e avaliação de métodos físicos alternativos efetivos (DUARTE; MALAVASI, 2000; TOLEDO; BUSTOS; LIEDO; 2001; HERNANDEZ; BRAVO; CARO-CORRALES, 2010). Dentre os métodos físicos, a radiação ionizante tem recebido particular atenção nas últimas décadas, sendo as principais vantagens do método: eficiência, segurança, rapidez durante a aplicação e ausência de resíduos nos frutos tratados (HALLMAN; LOAHARANU, 2002). Além disso, esse método é tolerado por uma grande diversidade de fruteiras nas doses recomendadas para o controle de diferentes espécies de moscas-das-frutas, ou seja, não interfere na qualidade das frutas, diferentemente de outros métodos quarentenários (HALLMAN; 1999).

No Brasil, o primeiro trabalho envolvendo o uso da irradiação como tratamento quarentenário foi conduzido no início dos anos 80, no CENA/USP (MATSUE; WALDER; WIENDL, 1983). A pesquisa teve como finalidade propor a exportação de laranjas livres de moscas-das-frutas após a desinfestação por meio de radiação gama. Depois disso, outros estudos foram realizados para testar o uso da radiação gama no tratamento quarentenário de papaia (*Carica papaya* L.), citros (*Citrus sinensis* L.) e outros hospedeiros, infestados com ovos e larvas de *C. capitata* e *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (FARIA, 1989; COSTA, 1990; ARTHUR et al., 1993; RAGA et al., 1996).

O uso da radiação ionizante como tratamento quarentenário para a desinfestação de frutas frescas foi autorizado no Brasil em 2011 através da Instrução Normativa 24 publicada pelo Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Essa normativa reconhece o uso da irradiação como método quarentenário, abrindo com isso a possibilidade de exportação de frutas brasileiras irradiadas e livres de pragas (BRASIL, 2011). O tratamento quarentenário por irradiação se baseia nos seguintes critérios: induzir a morte imediata do estágio biológico tratado, prevenir a sobrevivência e/ou inativar a reprodução do inseto (USDA, 2014), evitando-se dessa forma, a introdução da praga em novas áreas com potencialidades para sua reprodução e estabelecimento.

Segundo Hallman (1999) na irradiação de alimentos são utilizadas: a radiação gama gerada a partir dos radioisótopos (1) Cobalto-60 ou (2) Césio-137, (3) feixes de elétrons (partículas  $\beta$ ) ou (4) raios X (produzidos por radiação de freamento - Bremsstrahlung). Esses tipos de radiação têm efeitos similares sobre a matéria viva,

especificamente sobre os insetos, pois possuem valores de Eficiência Biológica Relativa semelhantes (BAKRI et al., 2005). No entanto, a irradiação utilizando máquinas de raios X tem como principal desvantagem a baixa eficiência do processo, pois apenas 5% da energia aplicada é efetivamente convertida em raios X. Nesse tipo de equipamentos, a radiação de freamento é concentrada na mesma direção que o feixe de elétrons, enquanto a radiação gama produzida a partir de radioisótopos é isotrópica, ou seja, é emitida de maneira uniforme em todas as direções (HALLMAN, 1999).

Diante do exposto e levando em consideração a importância da *C. capitata* para o agronegócio vitícola do VSF e a escassa literatura sobre o uso da radiação X como tratamento quarentenário de moscas-das-frutas na cultura da uva, a presente pesquisa teve como objetivos: i) determinar doses quarentenárias de raios X para o controle de estágios imaturos (ovos e larvas) de *C. capitata* na cultivar Itália e ii) estudar o efeito da radiação X nas características químicas e sensoriais dessa cultivar de uva de mesa.

## 5.2 Material e Métodos

### 5.2.1 Local de estudo

Os estudos foram desenvolvidos nos Laboratórios de Entomologia, da Biofábrica Moscamed Brasil (BMB), localizada no Município de Juazeiro, BA, em salas com condições ambientais controladas [temperatura (T):  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; umidade relativa (UR):  $65 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h].

### 5.2.2 Origem e criação dos insetos

As fases imaturas de *C. capitata* (ovos e larvas do 1<sup>er</sup> instar-L<sub>1</sub>) utilizadas nos experimentos foram provenientes de uma colônia selvagem dessa espécie de mosca-das-frutas, geração parental, obtida a partir de frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) e manga (*Mangifera indica* L.), provenientes de áreas com históricos de altos índices de infestação, localizadas no perímetro irrigado Maria Teresa, em Petrolina, PE. Os frutos coletados foram levados aos laboratórios da BMB e acondicionados em bandejas

plásticas (38 x 27 x 10cm), contendo vermiculita como substrato para formação dos pupários. Sete e quatorze dias após a coleta, a vermiculita foi peneirada para recuperação dos pupários de *C. capitata*. Em seguida, as pupas foram acondicionadas em gaiolas de laboratório (28 x 12 x 12cm), com armação de alumínio e laterais, teto, frente e fundo de acrílico, com abertura na parte frontal, contendo uma “manga” de tecido voal para introdução das pupas e manuseio dos insetos após emergência. Os adultos emergidos foram alimentados com dieta artificial a base de açúcar refinado e proteína hidrolisada Biones® na proporção de 3:1 e água filtrada *ad libitum* (SILVA NETO et al., 2012), até o início dos experimentos. A reposição da dieta e água realizou-se a cada 48 h, até o 20º dia de idade dos insetos. As gaiolas foram mantidas em salas com condições controladas de temperatura ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ), umidade relativa ( $65 \pm 10\%$ ) e fotofase de 14 h para estímulo da cópula. Oito dias após emergência dos adultos, bagas de uvas foram expostas por 24 horas à oviposição, sendo repetido esse procedimento durante três dias consecutivos com o intuito de garantir número suficiente de ovos fertilizados para os experimentos.

### 5.2.3 Frutos

Para estudar o efeito da radiação X no controle dos estágios imaturos da mosca-do-mediterrâneo (ovos e L<sub>1</sub>) em bagas de uva de mesa infestadas, foi selecionada a cultivar de uva branca Itália, considerando a sua importância na região e o nível de infestação de *C. capitata* na cultura, segundo dados do programa de monitoramento executado pela BMB no VSF. As uvas foram colhidas no ponto de maturação comercial e provenientes de um parreiral localizado no perímetro irrigado Maria Teresa, sem prévia aplicação de inseticida e com ausência da praga no pomar segundo o registro de monitoramento executado pela BMB na semana anterior.

Os cachos de uva coletados foram levados aos laboratórios da BMB e avaliados, sob microscópio estereoscópio binocular (40x), para detectar possíveis sinais de posturas por *C. capitata* (infestação), sendo que as bagas que apresentaram sintomas foram descartadas. Em seguida, com auxílio de uma tesoura, os cachos foram padronizados quanto ao número de bagas (20 bagas/cachos) (Figura 5.1 a e b), lavados com uma solução de hipoclorito

(0,5%), acondicionados em bandejas plásticas (38x27x10cm) com papel toalha no fundo, fechadas com tecido voal, e mantidos a 5-7°C, em geladeira, até o início do experimento (24 horas após).

#### 5.2.4 Determinação da dose quarentenária de radiação X para o controle de estágios imaturos de *C. capitata* em uvas

A infestação natural forçada dos cachos de uva por *C. capitata* foi conduzida em gaiola de laboratório (30 x 85 x 40cm), com armação de alumínio, tecido voal nas laterais, frente, fundo e teto, e com quatro aberturas cilíndricas na parte frontal, revestidas também com tecido voal que possibilitaram o acesso ao interior da mesma para expor os cachos de uva à oviposição (Figura 5.1 a), assim como água e alimento para os insetos. Para isso, fêmeas de *C. capitata*, sexualmente maduras (10-15 dias de idade), com prévia experiência de oviposição, provenientes de uma colônia selvagem, geração parental, estabelecida segundo a metodologia supracitada no item 5.2.2, foram transferidas para a gaiola de infestação com auxílio de um aspirador manual. Posteriormente, cachos de uva foram expostos à infestação por 4 horas, sendo utilizada uma densidade de duas fêmeas/baga, definida a partir de testes preliminares (Figura 5.1 b).

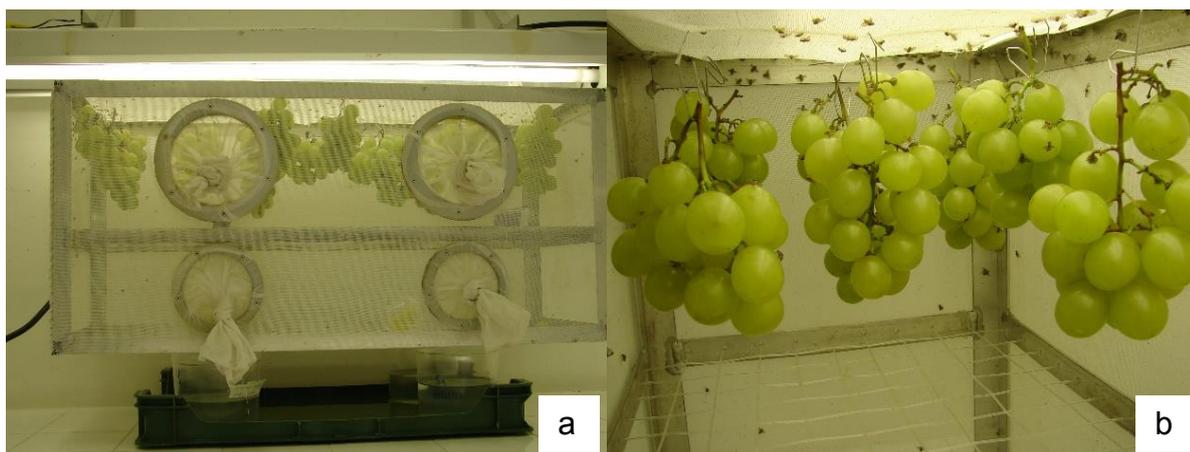


Figura 5.1– Gaiola de laboratório utilizada para conduzir a infestação forçada de cachos de uvas Itália por *Ceratitis capitata* (a). Detalhe da gaiola experimental, contendo cachos de uva Itália oferecidos como substrato de oviposição (b).

Após infestação, os cachos de uvas foram retirados da gaiola, acondicionados em bandejas plásticas (38 x 27 x 10cm) de forma aleatória e mantidos em sala sob condições controladas ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $65\% \pm 10\%$ ; fotofase de 14 h) até o momento de irradiação. A escolha do método de infestação natural forçada teve como base os critérios expostos por Hallaman e Loaharanu (2002). Segundo esses autores a infestação natural é a técnica mais apropriada para as pesquisas sobre tratamentos quarentenários através de irradiação, pois os insetos criados e irradiados em frutos são mais tolerantes aos efeitos da radiação. Mas por outro lado, essa metodologia de infestação não permite conhecer o número exato de ovos por baga. No entanto, foi feita uma estimativa dissecando-se 100 bagas, para contabilizar o número de ovos/postura, para cada experimento conduzido.

Como irradiador utilizou-se uma máquina de raios X, modelo Rad Source RS 2400 equipamento produzido nos Estados Unidos para ser utilizado na esterilização de insetos. O irradiador foi operado com voltagem de 125 Kv e corrente de 18 mA, apresentando uma relação dose - energia de 0,0207 Gy/Kw.s e com atividade do tubo de raios X de aproximadamente, 60 h no início dos experimentos (Figura 5.2 a, b, e c).

As fases de desenvolvimento de *C. capitata* testadas nos experimentos foram ovos de 24 e 48 h de idade, e larvas de até aproximadamente dois dias de idade (L<sub>1</sub>). Para isso, bagas de uvas infestadas com as fases de desenvolvimento supracitadas foram expostas às seguintes doses de raios X: 0 (testemunha); 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100 e 150 Gy. As uvas foram acondicionadas em frascos plásticos (100 mL) e microtubos de laboratório tipo eppendorf contendo dosímetros de alanina foram inseridos entre os frutos para confirmação da dose recebida (Figura 5.2 d). Cada microtubo de eppendorf continha dois dosímetros. Os frascos contendo as bagas foram colocados dentro de protótipo de isopor previamente desenhado para que os frutos ficassem no centro do caníster de irradiação para padronização da dose de raios X recebida (Figura 5.2 e, e f). Cada tratamento (dose) esteve constituído de cinco repetições, contendo 20 bagas de uva cada, para um total de 100 bagas/tratamento/fase de desenvolvimento do inseto (ovos e larvas).

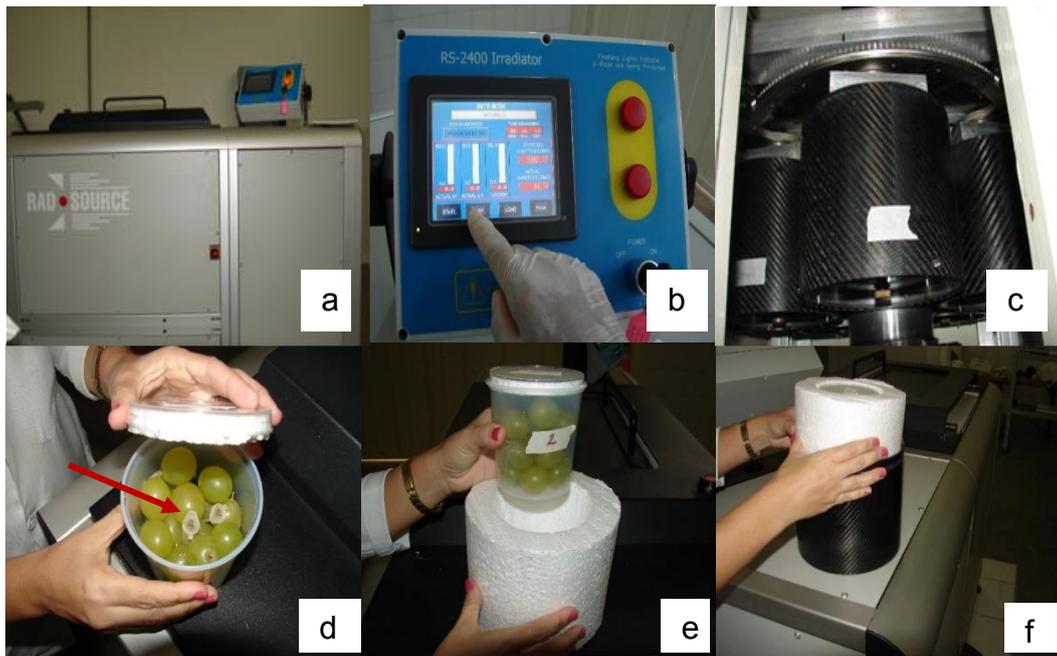


Figura - 5.2. Irradiador Modelo Rad Source (a). Definição das condições de irradiação (b), Caníster de Irradiação (c). Frasco contendo bagas de uva e dosímetros de alanina (seta indicando o posicionamento dos dosímetros) (d). Protótipo de isopor (e). Disposição das bagas no caníster (f).

Após o processo de irradiação, as bagas foram acondicionadas em frascos plásticos (3L), contendo papel toalha no fundo e cobertos com tecido voal. Os frascos foram devidamente identificados por dose, repetição e mantidos em salas com temperatura, umidade e fotofase controladas ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $65 \pm 10\%$ ; 14 h de fotofase), até o final dos experimentos.

A dose quarentenária necessária para matar o embrião de *C. capitata*, foi estabelecida pela contagem de larvas recém eclodidas viáveis em função das doses de raios X recebidas. Para isso, 120 h após a infestação das uvas foi verificada a viabilidade dos ovos para cada uma das amostras, observando-se os ovos que não eclodiram (fechados), sob microscópio estereoscópio binocular com aumento de 40x. A viabilidade foi determinada mediante a fórmula: taxa eclosão (%) = (número de larvas eclodidas /total de ovos) X 100.

Para determinação da dose de raios X sobre ovos de 48h e L1 que inibisse o desenvolvimento ovo-pupa e a emergência de adultos de *C. capitata*, após irradiação as uvas foram acondicionadas em frascos plásticos (3L), contendo uma fina camada de vermiculita no fundo, que serviu de substrato para pupação das larvas.

Transcorridos 14 e 21 dias após infestação inspecionou-se a vermiculita a fim de verificar a recuperação de larvas do terceiro ínstar (L<sub>3</sub>) e pupas. O material recuperado foi acondicionado em frascos plásticos (200 mL) contendo vermiculita, sendo monitorado diariamente a emergência dos insetos. Também foi contabilizado o número de larvas mortas e os insetos semi-emergidos, para cada dose e tratamento.

A dose quarentenária necessária para inibir a emergência dos adultos foi estabelecida através da contagem de adultos emergidos e o total de pupas recuperadas em função das doses de raios X recebidas.

Com base nos resultados obtidos nos diferentes experimentos foi realizado um teste confirmatório, onde foi testado apenas o estágio larval (larvas de até dois dias). As doses avaliadas nesse teste foram: 0, 50, 100 e 150 Gy e seguiu-se as mesmas metodologias de infestação e irradiação utilizadas nos experimentos supracitados.

#### 5.2.4.1 Leitura dos dosímetros

A leitura dos dosímetros utilizados nos experimentos foi realizada no Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes (LMRI), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e utilizou-se um espectrômetro de ressonância paramagnética (EPR), marca Bruker operando na banda X com os seguintes parâmetros, baseados na ISO/ASTM 51607: potência de micro-ondas: 7.962mW, frequência de modulação: 100 kHz e amplitude 0.977mT. A resposta EPR-alanina foi determinada utilizando a amplitude pico a pico do sinal EPR mais intenso, que está no meio da primeira derivada do espectro EPR. A amplitude desse sinal é proporcional ao número de radicais livres presentes no dosímetro de alanina. Em todos os experimentos um eppendorf (controle) não foi exposto a irradiação e acompanhou todos os outros dosímetros durante o transporte. A leitura desses dosímetros foi subtraída dos demais dosímetros que foram irradiados.

#### 5.2.5 Efeito da irradiação em parâmetros químicos e sensoriais de bagas de uvas de mesa

Bagas de uva Itália, no ponto de maturação comercial, foram irradiadas com doses de: 0 (controle), 50, 100 e 150 Gy, seguindo-se a metodologia descrita no item 5.2.4.2. Após a irradiação, os frutos foram acondicionados em bandejas plásticas e armazenados em câmara refrigerada (T:12 ± 1°C, UR: 85 ± 5%).

Tanto as análises sensoriais quanto as físico-químicas foram realizadas dois dias após o armazenamento, nas condições supracitadas. A escolha das doses baseou-se nos resultados obtidos nos testes biológicos anteriores. A dose de 50 Gy representou três vezes a dose que inibiu 100% da emergência dos insetos. Já as doses de 100 e 150 Gy, respectivamente, foram mantidas por serem atualmente reconhecidas como as doses quarentenárias para *C. capitata* e genérica para todos os tefritídeos (FAO, 2009; 2011).

#### 5.2.5.1 Avaliação química de bagas irradiadas

Os parâmetros químicos avaliados foram: acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis totais (SST), polifenóis extraíveis totais (PET) e flavonóides amarelos (mg/100g). A acidez foi medida por titulação com NaOH a 0,1 M e expressa em gramas de ácido tartárico por 100 mL de suco. O teor de SST foi obtido por leitura direta em refratômetro digital e os resultados expressos em °Brix. As duas avaliações (AT e SST) foram realizadas conforme metodologia descrita por AOAC (2002).

Para a extração de polifenóis extraíveis totais (PET), utilizou-se metanol (50%) e acetona (70%), sendo determinados por meio do reagente de Folin-Ciocalteu, com o ácido gálico como padrão. O conteúdo de PET foi determinado através de leitura em espectrofotômetro UV-Vis, no comprimento de onda de 700 nm e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico.100 g<sup>-1</sup> de polpa (LARRAURI; RUPÉREZ; SAURA-CALIXTO, 1997). Os flavonóides foram avaliados através da leitura em espectrofotômetro UV-Vis, a 374 nm. Para isso, previamente foram obtidos extratos conforme metodologia proposta por Francis (1982) e os resultados foram expressos em mg.100 g<sup>-1</sup>. Em todas as avaliações realizadas foram realizadas três repetições por tratamento (dose), de 20 uvas cada.

#### 5.2.5.1 Avaliação sensorial

A caracterização sensorial das uvas irradiadas foi realizada no Laboratório de Enologia da Embrapa Semiárido sob condições controladas de temperatura e umidade relativa. A aceitação das uvas foi avaliada por uma equipe de

50 voluntários de ambos os sexos, selecionados entre pesquisadores, analistas, assistentes, estagiários e bolsistas da Embrapa Semiárido.

Os participantes foram solicitados a comparecer no laboratório, por dois dias seguidos. No primeiro dia, os voluntários foram treinados quanto ao reconhecimento de sabores e no segundo avaliaram a aceitação das amostras de uvas irradiadas. Para isso, primeiramente, avaliou-se a aparência global das amostras. Cada consumidor foi solicitado a observar um cacho de cada amostra de uva, dispostos em pratos de fundo branco codificados com três dígitos e colocados sobre uma mesa branca (Figura 5.3 a). Na sequência, os voluntários se deslocaram para cabines individuais com iluminação apropriada onde receberam três bagas de cada amostra, acondicionadas em copos descartáveis de plástico (50 mL) e codificados com três dígitos (Figuras 5.3 b e c). As amostras foram servidas de forma monádica, ou seja, uma de cada vez, sendo a ordem de apresentação balanceada entre os indivíduos (MACFIE et al., 1989). As amostras foram avaliadas quanto ao sabor, textura e impressão global. Foi solicitado aos provadores que intercalassem com o consumo de água, cada amostra na avaliação do atributo sabor. Para registrar as impressões captadas durante as degustações, cada participante recebeu um formulário de avaliação contendo uma escala hedônica de nove pontos (1- desgostei extremamente; 9- gostei extremamente). Adicionalmente, foi realizado o Teste de Intenção de Compra de cada consumidor com relação a cada amostra, conforme a metodologia descrita por Meilgaard, Civille e Carr (2006).



Figura 5.3 – Cacho de uva Itália irradiado para avaliação da impressão global (a). Cabine individual (b). Amostras uvas para avaliação de atributos sensoriais (c).

### 5.2.6 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado em todos os experimentos foi inteiramente casualizado. A normalidade e homocedasticidade dos dados foi verificada prévio a todas as análises por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov ( $p > 0,05$ ) e Cochran C, Hartley, Bartlett ( $p > 0,05$ ), respectivamente.

Os resultados relacionados à mortalidade (embrionária ou na fase adulta) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificação de significância através do teste F. Para isso os dados foram transformados em arc seno ( $x/100$ ). Em função dos resultados do ANOVA, posteriormente foi realizado uma análise de regressão Probit, sendo verificada previamente a adequação dos dados às pressuposições do modelo. A taxa de mortalidade natural foi estimada por uma sub-rotina do procedimento da análise Probit. As curvas de mortalidade na fase adulta para ovos de 48 h e L<sub>1</sub> foram comparadas entre si pelo teste de paralelismo.

Os resultados das avaliações químicas e sensoriais também foram submetidos à ANOVA e quando detectada diferença significativa as médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey (HSD). Os resultados referentes ao teste de intenção de compra foram analisados através do teste não paramétrico de Kruskal Wallis. As análises foram feitas utilizando o programa SPSS Statistic (IBM CORPORATION, 2011) versão 20.0, com nível de significância de 0,05.

## 5.3 Resultados

### 5.3.1 Determinação da dose quarentenária de radiação X para o controle de estágios imaturos de *C. capitata* em uva Itália

A incerteza expandida no valor da dose determinada experimentalmente através das medidas com os dosímetros de alanina é 3% com 95% de confiabilidade (KHOURY, 2016 - informação pessoal)<sup>4</sup>. No trabalho, as doses aplicadas variaram de -7,87 a 27,40%, sendo em média 12,32% superior. A mortalidade embrionária natural de *C. capitata* foi de  $22,25 \pm 1,06$  e  $21,10 \pm 1,17\%$  nos tratamentos controles, para ovos de 24 e 48 h, respectivamente. Houve interação significativa para a

---

<sup>4</sup> KHOURY, H. Informação recebida por e-mail em setembro de 2016.

mortalidade embrionária entre a idade dos ovos de *C. capitata* e as doses de raios X aplicadas ( $F_{(9, 40)} = 80,03$ ;  $p < 0,01$ ). As avaliações realizadas evidenciaram que a radiosensibilidade de ovos da mosca-do-mediterrâneo diminuiu com o desenvolvimento embrionário dentro das bagas de uva. Em ovos de 24 h de idade verificou-se um aumento da radiosensibilidade com o incremento da dose de radiação (Figura 5.4). Doses entre 10 e 50 Gy provocaram uma mortalidade embrionária superior a 50%. Já as doses de 100 e 150 Gy promoveram  $97,74 \pm 0,8$  e  $99,41 \pm 0,3\%$  de mortalidade nesse estágio de desenvolvimento, respectivamente. Com base na análise do Probit para ovos de 24 h foram estimadas as doses letais  $DL_{95}$  e  $DL_{99,9968}$  em 72,34 e 101,35 Gy, respectivamente (Tabela 5.1). Contudo, os resultados da mortalidade embrionária observados quando os ovos de 48 h foram expostos a irradiação, não se ajustaram ao modelo do Probit ( $\chi^2 = 41,85$ ;  $p = 0,7220$ ). Em geral, observou-se um ligeiro aumento da taxa de mortalidade a partir da dose de 50 Gy (Figura 5.4).

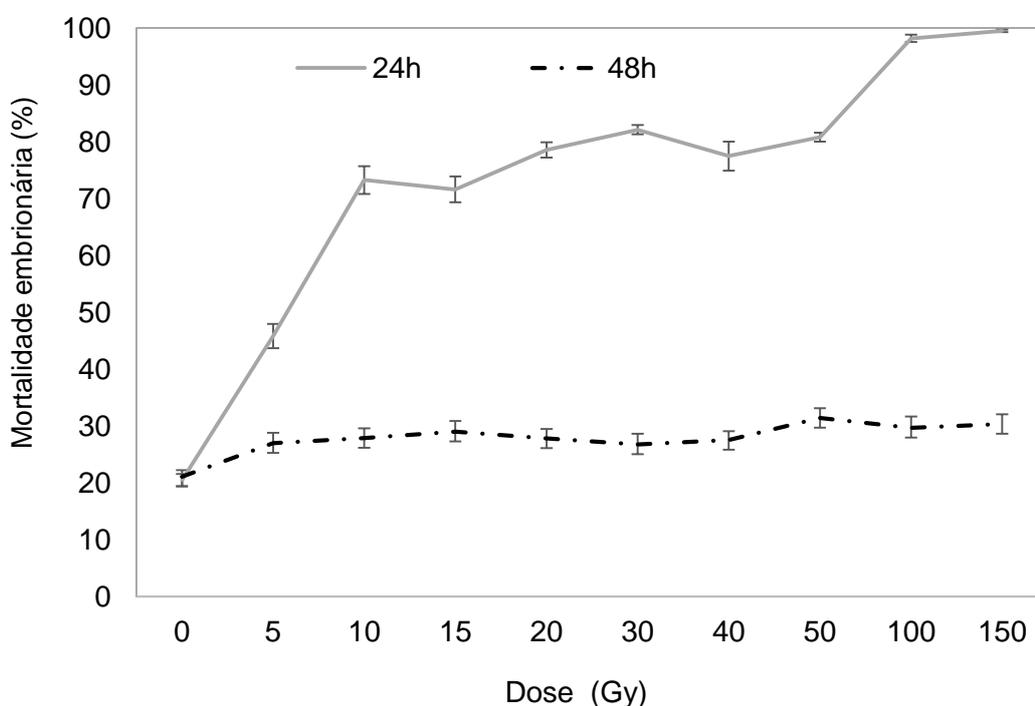


Figura 5.4 – Efeito da irradiação na mortalidade embrionária de *C. capitata* em bagas de uva Itália 24 e 48h após infestação natural forçada.  $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $UR = 60 \pm 10\%$ , fotofase 14 h.

Tabela 5.1 – Doses letais estimadas pela análise do Probit para ovos de 24 h de *Ceratitidis capitata* expostos à irradiação em bagas de uva Itália.

Dose letal (Gy)	Dose estimada (Gy)	IC* (95%) (Gy)	$\chi^2$	p
DL <sub>50</sub>	2,32	6,88 - 8,57	422,28	p<0,001
DL <sub>90</sub>	56,87	47,85 - 71,60		
DL <sub>95</sub>	72,34	60,40 - 92,42		
DL <sub>99</sub>	101,35	83,57 - 131,870		

\*IC: representa o intervalo de confiança do parâmetro avaliado ao nível de 95% (dose).

Nas populações selvagens de *C. capitata* utilizadas nas pesquisas constatou-se que as fêmeas colocaram com maior frequência 1 ou 2 ovos/postura em bagas de uvas Itália (Figura 5.5 a e b). Apenas 3 a 10% das posturas avaliadas apresentaram densidades de ovos superiores a 5. Com base nessa análise, e após ter avaliado o número de posturas nas bagas expostas às diferentes doses de raios X no presente estudo, estimou-se o número de ovos/baga nos experimentos, com ovos de 48 h e L<sub>1</sub> (Tabela 5.2 e 5.3).

Levando-se em consideração a estimativa de ovos/bagas, observou-se que a recuperação de pupas foi baixa em todas as doses, independentemente do estágio de desenvolvimento exposto à radiação (ovo ou L<sub>1</sub>), evidenciando uma alta mortalidade durante o desenvolvimento ovo-pupa. No entanto, foi ainda menor o número de pupas recuperadas nos tratamentos de 100 e 150 Gy (Tabela 5.2 e 5.3).

A exposição de ovos de 48 h às doses de até 100 Gy permitiu em poucos casos o desenvolvimento larval e a metamorfose para se transformar em pupa. Apenas a dose de 150 Gy inibiu totalmente a recuperação de larvas e pupas, ou seja, promoveu 100% de mortalidade da fase imatura. No entanto, houve recuperação de pupas, quando larvas recém eclodidas foram irradiadas com 150 Gy.

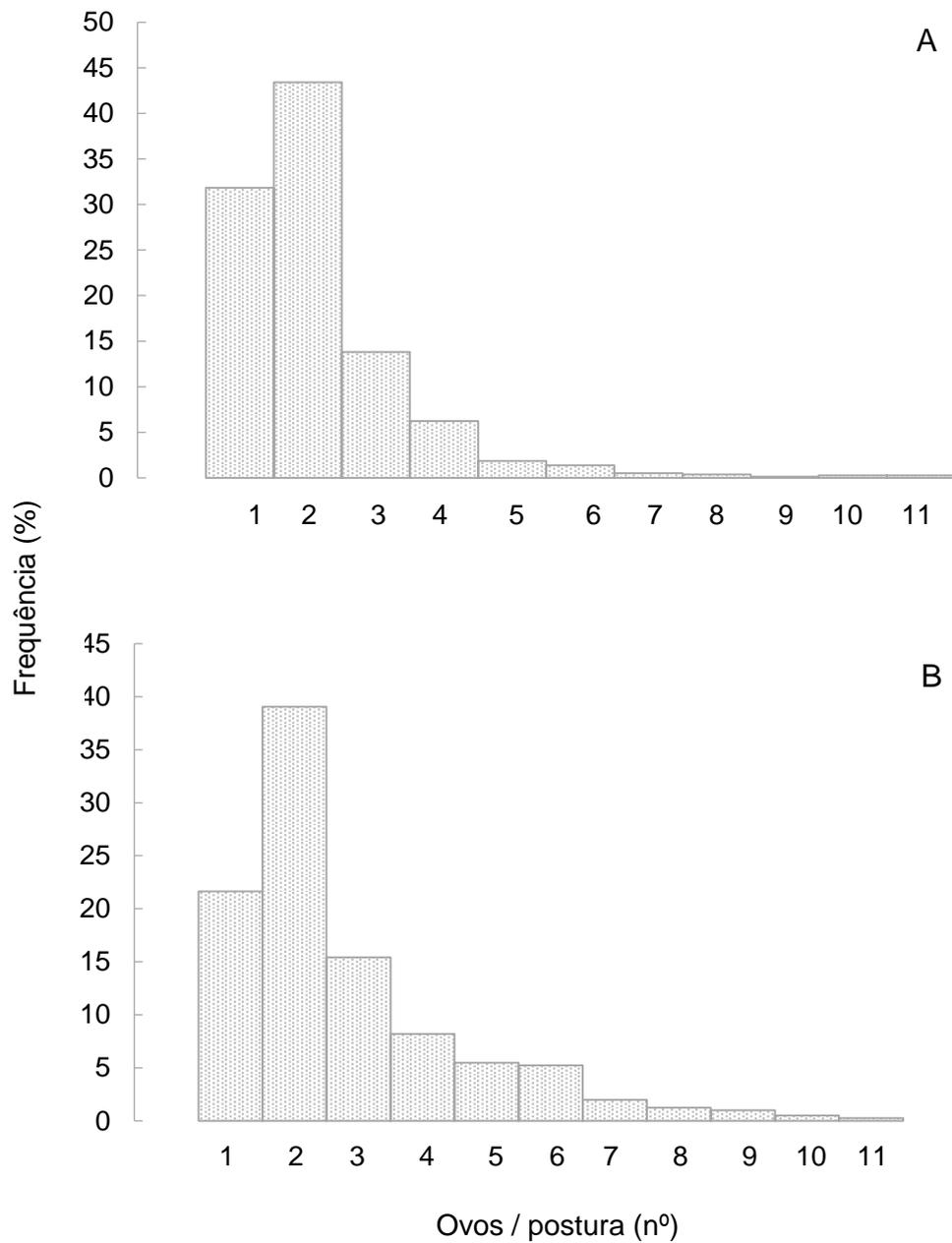


Figura 5.3 – Comportamento de oviposição de fêmeas de *Ceratitidis capitata* em bagas de uva de mesa, cv. Itália, sob condições de laboratório (A - população utilizada nos experimentos com ovos e larvas (L<sub>1</sub>)); B - população utilizada no teste confirmatório (L<sub>1</sub>). T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

Houve interação significativa entre os estágios de desenvolvimento de *C. capitata* (ovos de 48 h e L<sub>1</sub>) e as doses de raios X aplicadas quando avaliada a mortalidade na fase adulta (não emergência de adultos) ( $F_{(9,80)} = 3,13$ ;  $p < 0,05$ ). O teste de paralelismo revelou respostas diferentes as doses aplicadas entre esses estágios de desenvolvimento, evidenciando uma maior radiotolerância no estágio larval ( $\chi^2 = 125,94$ ;  $gl=1$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 5.6). A emergência de adultos perfeitos diminuiu com o aumento da dose de radiação X sobre ovos e larvas recém eclodidas (Tabela 5.2 e 5.3). A irradiação de L<sub>1</sub> com as doses de 5 e 10 Gy inibiu em 30,89 e 76,71% a emergência dos adultos, respectivamente. No entanto, quando essas mesmas doses foram aplicadas sobre ovos de 48 h a mortalidade atingiu valores de 41,67 e 97,33%, respectivamente, e, neste caso, apenas 11 e dois adultos foram recuperados das doses supracitadas (Tabela 5.2).

A detecção de insetos semi-emergidos foi constatada apenas nas doses de 5, 10 e 15 Gy. Verificou-se que a dose de 10 Gy em ovos de 48 h promoveu um aumento de aproximadamente 8% de insetos semi-emergidos em relação ao tratamento controle. No tratamento com L<sub>1</sub>, a porcentagem de adultos semi-emergidos se manteve praticamente estável, de 3 a 6%, nas doses entre 5 e 15 Gy. A menor dose que causou 100% de mortalidade das pupas, ou seja, sem emergência dos adultos, tanto em ovos de 48h quanto em L<sub>1</sub> de *C. capitata*, foi de 20 Gy.

As doses letais, DL<sub>90</sub> e DL<sub>99,9968</sub>, para inibir a emergência de adultos foram estimadas em 9,87 e 12,08 quando aplicadas em ovos de 48 h e de 15,33 e 20,44Gy quando aplicadas em L<sub>1</sub>, respectivamente (Figura 5.6 e Tabela 5.4). O teste confirmatório corroborou os resultados obtidos no experimento conduzido com larvas recém eclodidas. As três doses avaliadas nesse ensaio (50, 100 e 150 Gy), quando aplicadas em bagas contendo L<sub>1</sub> de até dois dias de idade permitiram o desenvolvimento L<sub>1</sub>-pupa, mas inibiram 100% a emergência dos adultos.

Tabela 5.2 – Efeito da irradiação em ovos de *Ceratitis capitata* de 48h de idade, em bagas de uva Itália. T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

Doses	Posturas/baga (nº)	Posturas totais (nº)	Ovos estimados (nº)	Total de L <sub>3</sub> recuperadas (nº)	Total de pupários formados (nº)	Adultos emergidos (nº)			Adultos semi-emergidos (nº)	Adultos semi-emergidos (%)	Mortalidade de adultos (%)
						Fêmeas	Machos	Total			
0	6,44 ± 0,31	643	1384	77	75	25	32	57	1	1,30	23,85
5	4,91 ± 0,07	393	846	15	15	4	7	11	1	6,67	41,67
10	6,63 ± 0,22	663	1441	66	62	2	0	2	6	9,68	97,33
15	5,69 ± 0,16	569	1224	65	64	2	1	3	0	0	98,89
20	6,76 ± 0,26	677	1457	17	11	0	0	0	0	0	100
30	6,84 ± 0,64	684	1472	14	13	0	0	0	0	0	100
40	5,79 ± 0,21	579	1246	27	22	0	0	0	0	0	100
50	5,29 ± 0,11	629	1353	14	14	0	0	0	0	0	100
100	7,11 ± 0,20	711	1530	3	3	0	0	0	0	0	100
150	6,87 ± 0,27	687	1478	0	0	0	0	0	0	0	100

\*O número de ovos foi estimado a partir da avaliação do comportamento de oviposição da população selvagem de *C. capitata* em bagas de Itália do mesmo lote de frutos utilizado nos experimentos de irradiação (N= 804 posturas em 100 frutos).

Tabela 5.3 – Efeito da irradiação em larvas recém eclodidas de *Ceratitis capitata* em bagas de uva Itália. T= 25 ± 2°C, UR= 60 ± 10%, fotofase 14 h.

Doses	Posturas/baga (nº)	Posturas totais (nº)	Ovos estimados (nº)	Total de L <sub>3</sub> recuperadas (nº)	Total de pupários formados (nº)	Adultos emergidos (nº)			Adultos semi-emergidos (nº)	Adultos semi-emergidos (%)	Mortalidade de adultos (%)
						Fêmeas	Machos	Total			
0	6,81 ± 0,48	681	1465	73	72	31	20	51	0	0,0	27,93
5	5,40 ± 0,31	432	930	29	29	12	8	20	1	3,45	30,89
10	6,30 ± 1,80	630	1356	87	85	14	10	24	5	5,88	76,71
15	5,74 ± 0,30	574	1235	47	46	6	1	7	2	4,35	86,13
20	6,51 ± 0,21	651	1401	22	16	0	0	0	0	0	100
30	6,60 ± 0,31	662	1424	22	16	0	0	0	0	0	100
40	5,95 ± 0,09	561	1207	21	17	0	0	0	0	0	100
50	5,97 ± 0,13	599	1289	33	21	0	0	0	0	0	100
100	6,72 ± 0,23	672	1446	6	5	0	0	0	0	0	100
150	6,53 ± 0,27	653	1405	2	2	0	0	0	0	0	100
Teste confirmatório											
0	3,50 ± 0,56	346	962	45	45	14	17	29	0	0	35,56
50	4,20 ± 0,25	418	1163	13	13	0	0	0	0	0	100
100	3,81 ± 0,55	382	1062	7	7	0	0	0	0	0	100
150	4,50 ± 0,35	449	1249	1	1	0	0	0	0	0	100

\*O número de ovos foi estimado a partir da avaliação do comportamento de oviposição das populações selvagens de *C. capitata* em bagas de uva Itália. Teste confirmatório N= 402 posturas.

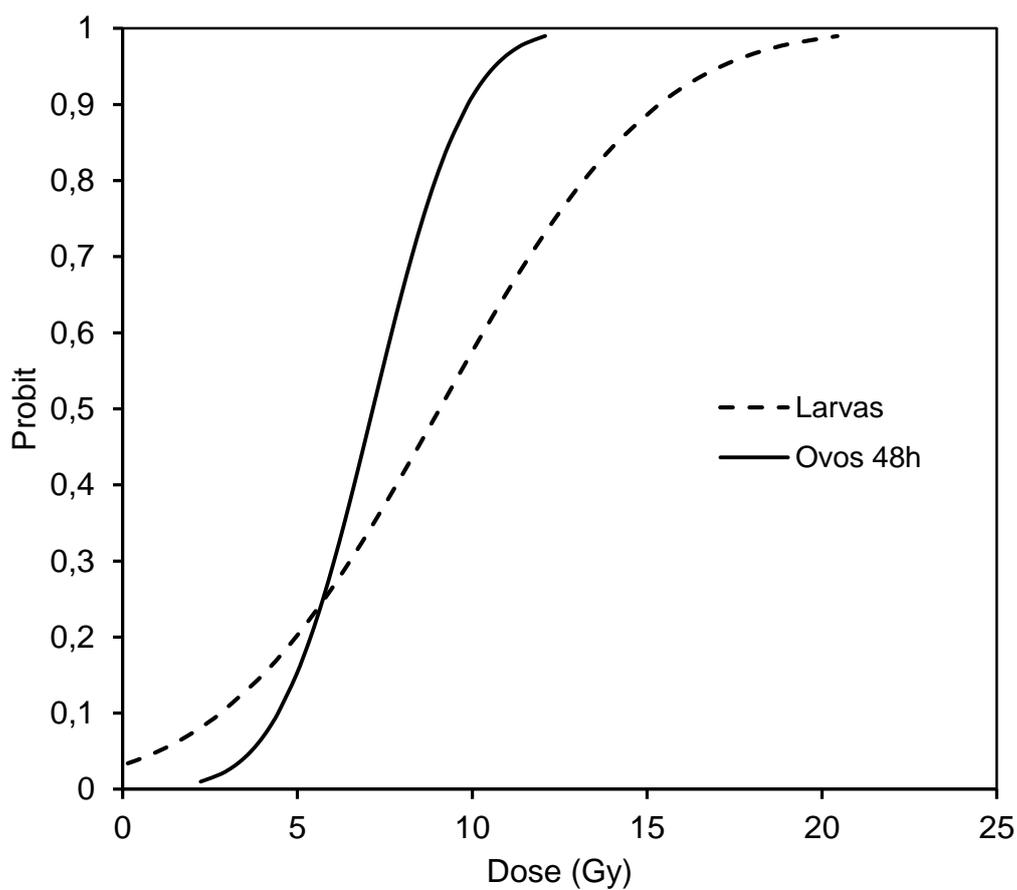


Figura 5.6 – Representação gráfica da relação Probit / dose de radiação X para ovos de 48 h e larvas de *C. capitata* em uvas Itália.

Tabela 5.4 – Doses letais estimadas pela análise do Probit, para inibir a emergência de adultos de *Ceratitís capitata* a partir irradiação de ovos de 48h e de larvas recém eclodidas (L<sub>1</sub>) em bagas de uva Itália.

Estágio de desenvolvimento	DL <sub>90</sub>	DL <sub>95</sub>	DL <sub>99</sub>	Coeficiente angular
Ovos de 48h	9,87 (7,57 - 12,62)	10,64 (8,34 - 13,39)	12,08 (9,78 - 14,83)	0,472 (0,419 - 0,526)
Larvas (L <sub>1</sub> )	15,33 (12,46 - 17,08)	17,11 (14,23 - 18,86)	20,44 (17,56 - 22,19)	0,205 (0,178 - 0,231)

Valores entre parênteses representam o intervalo de confiança do parâmetro avaliado ao nível de 95%.

### 5.3.2 Efeito da irradiação nos parâmetros químicos e sensoriais de bagas de uvas Itália

O teor de sólidos solúveis totais (STT) oscilou em média entre 12,37 a 13,30 °Brix, enquanto a acidez atingiu valores médios de 1,01 a 1,07 (Tabela 5.5). A dose de radiação absorvida pelas bagas de uvas não provocou variações nesses parâmetros químicos (teor de sólidos solúveis totais:  $F= 2,24$ ;  $p=0,1610$ ; acidez:  $F= 0,88$ ;  $p=0,4910$ ). Os polifenóis totais ( $F= 0,498$ ;  $p=0,693$ ) e flavonoides ( $F= 3,25$ ;  $p=0,080$ ) também não foram afetados pelas doses aplicadas.

Tabela 5.5 - Características químicas (média  $\pm$  erro padrão) avaliadas em uvas Itália, expostas às diferentes doses de radiação X.

Parâmetros químicos	Doses (Gy)			
	Controle	50	100	150
Sólidos solúveis totais (%)	12,37 $\pm$ 0,35 (10,87 - 13,86)	13,30 $\pm$ 0,36 (11,75 - 14,85)	12,87 $\pm$ 0,12 (12,35 - 13,38)	13,17 $\pm$ 0,20 (12,29 - 14,04)
Acidez (g de ácido tartárico/100mL)	1,04 $\pm$ 0,05 (0,83 - 1,06)	1,02 $\pm$ 0,02 (0,93 - 1,10)	1,01 $\pm$ 0,01 (0,98 - 1,03)	1,07 $\pm$ 0,03 (0,98 - 1,15)
Polifenóis Totais (mg/100 g)	110,21 $\pm$ 8,10 (75,34 - 145,07)	104,56 $\pm$ 10,57 (41,87 - 167,24)	100,41 $\pm$ 4,91 (79,27 - 121,55)	96,64 $\pm$ 2,29 (85,78 - 105,50)
Flavonoides (mg/100 g)	17,18 $\pm$ 1,35 (11,37 - 22,99)	20,70 $\pm$ 2,81 (8,64 - 32,84)	15,05 $\pm$ 1,08 (12,24 - 17,72)	14,14 $\pm$ 0,70 (11,12 - 17,15)

Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Quanto à avaliação sensorial, observou-se que a aparência externa das bagas variou conforme as doses de radiação aplicadas, recebendo notas médias com valores entre 6,90 a 7,88 nos quatro tratamentos avaliados ( $F_{(3,196)} = 6,41$ ;  $p < 0,05$ ) (Tabela 5.6). A menor nota foi verificada em bagas irradiadas com 50 Gy. Nos tratamentos controle, 100 e 150 Gy, observou-se que 58, 66 e 72% dos consumidores atribuíram notas com conceito “gostei extremamente” a “gostei muito” para a característica de aparência (Figura 5.7a). As notas obtidas para a textura das bagas foram maiores que 7 e menores que 8, em todas as doses testadas,

equivalentes ao critério sensorial “gostei moderadamente” (Tabela 5.6). Os resultados mostraram que as diferentes doses aplicadas não afetaram essa característica sensorial ( $F_{(3,196)} = 0,545$ ;  $p=0,652$ ). No entanto, notas entre 8 (“gostei muito”) e 9 (“gostei extremamente”) foram atribuídas a 50% das amostras, nos quatro tratamentos (controle-52%, 50-48%, 100-50% e 100Gy-54%) (Figura 5.7b).

Tabela 5.6 - Notas atribuídas (média  $\pm$  erro padrão) durante a avaliação das características sensoriais em uvas Itália, expostas às diferentes doses de radiação X.

Parâmetros avaliados	Doses (Gy)			
	0	50	100	150
Aceitação da aparência	7,56 $\pm$ 0,15 a (7,26 - 7,86)	6,90 $\pm$ 0,19 b (6,52 - 7,28)	7,62 $\pm$ 0,16 a (7,29 - 7,95)	7,88 $\pm$ 0,15 a (7,57 - 8,19)
Aceitação da textura	7,08 $\pm$ 0,19 a (6,70 - 7,46)	7,30 $\pm$ 0,15 a (7,00 - 7,59)	7,38 $\pm$ 0,17a (7,04 - 7,70)	7,26 $\pm$ 0,18a (6,90 - 7,60)
Aceitação do sabor	6,08 $\pm$ 0,27 b (5,54 - 6,62)	7,16 $\pm$ 0,20 a (6,76 - 7,56)	6,70 $\pm$ 0,24 ab (6,21 - 7,19)	7,06 $\pm$ 0,20 ab (6,65 - 7,47)
Impressão global	6,44 $\pm$ 0,22 a (6,00 - 6,88)	7,06 $\pm$ 0,15 a (6,76 - 7,36)	6,98 $\pm$ 0,17 a (6,65 - 7,31)	7,02 $\pm$ 0,18 a (6,60 - 7,37)

Valores entre parênteses representam o intervalo de variação do parâmetro. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si segundo o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Quanto ao sabor da baga, a menor nota média foi verificada no tratamento controle (6,08  $\pm$  0,27), ou seja, em bagas não irradiadas (Tabela 5.6). Os resultados obtidos mostraram que as diferentes doses aplicadas afetaram positivamente essa característica sensorial ( $F_{(3,196)} = 4,48$ ;  $p < 0,05$ ). Para frutos irradiados com as doses 50, 100 e 150 Gy constatou-se que 32, 46 e 31% das amostras receberam notas correspondentes as opções “gostei muito” e “gostei extremamente”, respectivamente (Figura 5.7c). A aceitação global dos frutos se mostrou semelhante entre os tratamentos ( $F_{(3,196)} = 2,65$ ;  $p=0,051$ ), com valores médios entre 6,44 e 7,02, equivalendo aos critérios de avaliação “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” (Tabela 5.6). Aproximadamente, 32 a 42% dos consumidores

deram notas com conceito “gostei extremamente” a “gostei muito”, nas quatro doses testadas (Figura 5.7d). A dose de radiação tampouco influenciou a intenção de compra dos participantes ( $H_{(3,200)} = 6,88$ ;  $p=0,076$ ). Observou-se que apenas 44% dos consumidores atribuíram notas entre 4 e 5, equivalentes as opções “possivelmente compraria” e “certamente compraria” as uvas do tratamento controle. Para uvas irradiadas com 50, 100 e 150 Gy, essas mesmas opções de compra foram manifestadas por 70, 58 e 62 % dos consumidores (Figura 5.8).

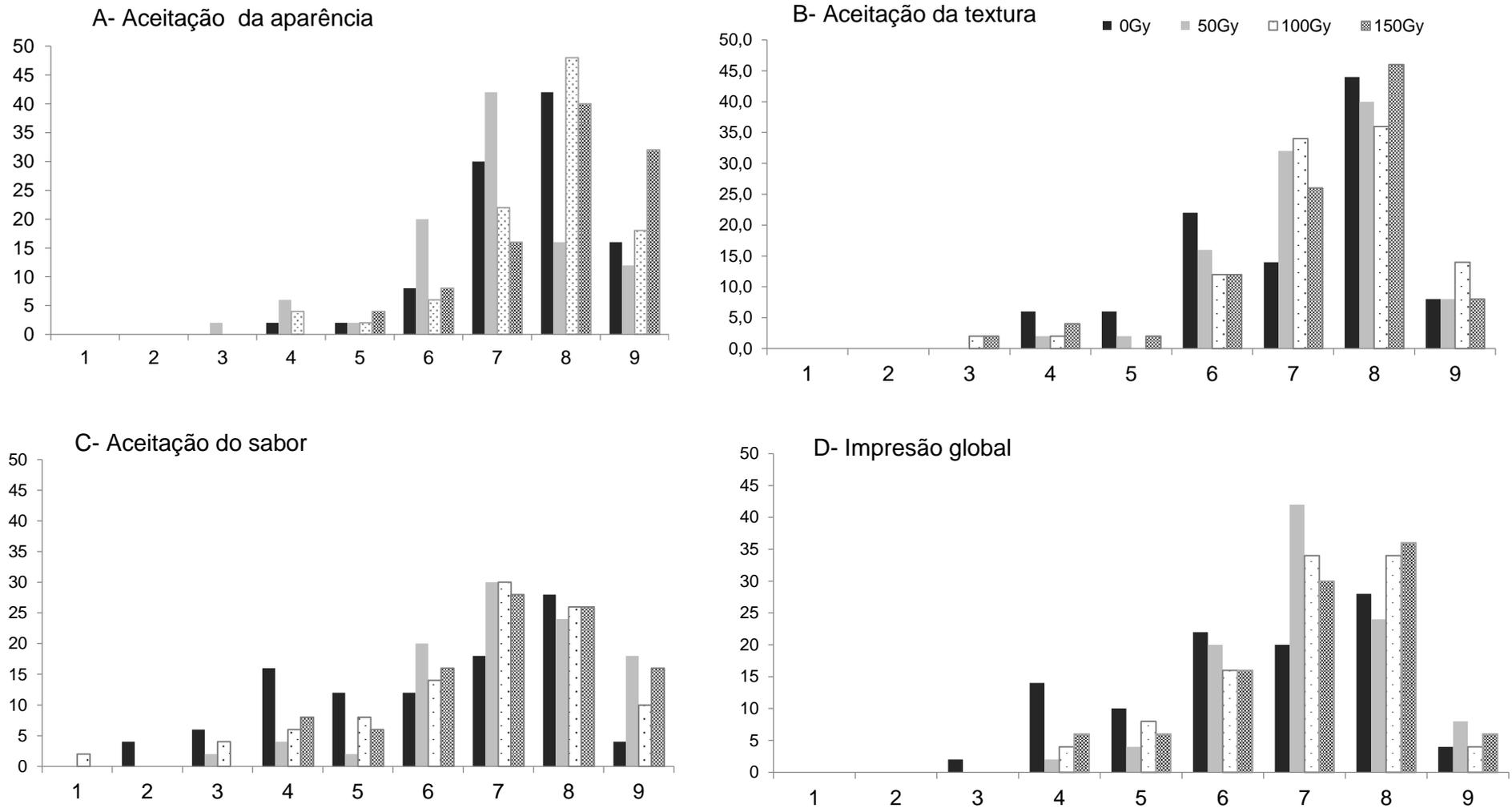


Figura 5.7 – Histogramas de distribuição de notas obtidas por Nota (nº) e uvas Itália irradiadas, com diferentes doses de radiação X, segundo escala hedônica de 9 pontos.

é uvas Itália irradiadas, com diferentes doses de

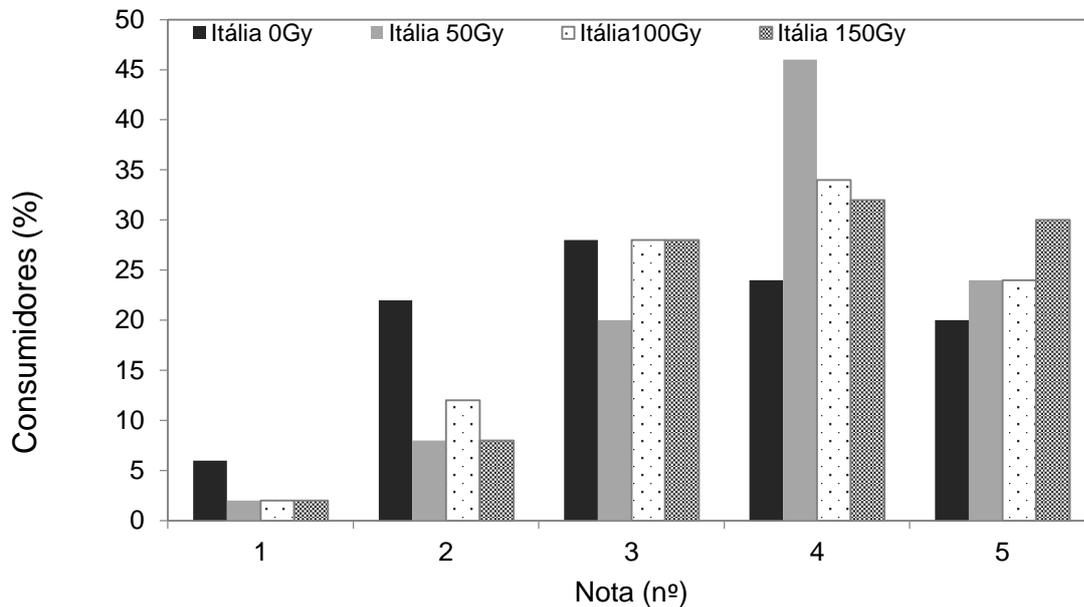


Figura 5.8 – Teste de intenção de compra realizado durante a avaliação sensorial de bagas de uva Itália expostas a diferentes doses de radiação X. 1- Certamente não compraria; 2- possivelmente não compraria; 3- talvez comprasse/talvez não comprasse; 4-possivelmente compraria; 5- certamente compraria.

## 5.4 Discussão

Os resultados apresentados evidenciaram que a radiosensibilidade de *C. capitata* às doses de raios X, aplicadas em bagas de uvas Itália diminui com o avanço do desenvolvimento biológico desse tefritídeo. Ovos de 24 h de idade mostraram-se mais radiosensíveis do que ovos de 48h. As doses de 100 e 150 Gy promoveram uma mortalidade embrionária de 97,74 e 99,41% em ovos de 24 h, respectivamente. No entanto, quando estas doses foram aplicadas em ovos de 48h, apenas 10,85 e 11,74% dos embriões morreram, resultado que demonstra um aumento da radiosensibilidade no decorrer da fase embrionária. Por outro lado, quando avaliado o efeito da irradiação em ovos de 48 h e L<sub>1</sub>, sobre o desenvolvimento de *C. capitata*, constatou-se que doses baixas, a partir de 15Gy, promoveram 100% de mortalidade das pupas, ou 0% de emergência de adultos (Tabela 5.2 e 5.3). Esses resultados coincidem com os referidos em pesquisas conduzidas por diversos autores que comprovam que doses inferiores a 50 Gy inviabilizam o desenvolvimento de ovos da mosca-do-mediterrâneo tanto em

condições *in vitro* (dieta artificial) quanto *in vivo* (frutos infestados) (BALOCK; BURDITT; CHRISTENSON, 1963; WALDER; VICINO; LOPES, 1989; ARTHUR et al., 1993; RAGA et al., 1996; COSTA, 1990).

Balock, Burditt e Christenson (1963), em estudos conduzidos com as espécies de moscas-das-frutas: *Bactrocera dorsalis* Hendel; *Bactrocera cucurbitae* Coquillett e *C. capitata*, verificaram que doses maiores de raios gama foram requeridas para promover a mortalidade de pupas (adultos) quando aplicadas sobre embriões mais maduros. As doses letais  $DL_{95}$  estimadas pelos autores para inibir a emergência de adultos a partir de ovos recém ovipositados e ovos maduros atingiram valores próximos a 1300 (13Gy) e entre 86.000 (860Gy) a 125.000 rad (1250Gy), respectivamente. Costa (1990), verificou que a dose de 10Gy (raios gama) promoveu 78,6% de mortalidade ovo-adulto em *C. capitata*, reduzindo para 29,93% a viabilidade reprodutiva de adultos provenientes de ovos irradiados entre 24 à 48 h de idade, em frutos de laranja. O autor comprovou que a dose de 50Gy foi suficiente para impedir a emergência dos insetos. No entanto, o pouco fracionamento das doses realizado na pesquisa supracitada pode ter resultado na superestimação da dose letal, pois não foi testado o efeito de doses entre 10 e 50 Gy, que provavelmente poderiam ter promovido 100% de mortalidade na fase adulta. Já Faria (1989), determinou a dose de 20Gy como necessária para impedir o surgimento de adultos de *C. capitata* em mamões infestados em laboratório, com ovos de até 72 h e calculou a dose de 30,14Gy como a de Probit 9 ( $DL_{99,9968}$ ).

Raga et al. (1996), também avaliaram a radiosensibilidade de ovos de mosca-do-mediterrâneo em frutos de manga (*Mangifera indica* L.), visando o uso da radiação gama como tratamento quarentenário. Os autores comprovaram que as doses de 5; 10; 20 e 30 Gy, aplicadas em frutos infestados com ovos de 48h de idade, permitiram o desenvolvimento de larvas e a formação de pupas de *C. capitata*. Além disso, verificaram taxas de mortalidade na fase adulta (não emergência) de 47,4; 68,6; 98,6 e 100% para as doses de 5; 10; 20 e 30Gy, respectivamente. No presente estudo, quando ovos de 48 h foram expostos às doses entre 5 e 100Gy de raios X, houve o desenvolvimento de ovo até  $L_3$  e a metamorfose de  $L_3$  a pupa. No entanto, a dose de 20 Gy foi suficiente para inibir em 100% a emergência de adultos, sendo a  $DL_{99,9968}$  estimada em 12,08 Gy, o que diverge dos resultados obtidos por Raga et al. (1996). Estas diferenças podem estar relacionadas com a eficácia do processo de irradiação (Irradiador Gammacell

vs máquina de raios X), variações na radiosensibilidade entre populações de *C. capitata*, composição química da fruta testada, assim como as metodologias utilizadas nos experimentos.

No que se refere ao efeito da radiação sobre larvas recém eclodidas (L<sub>1</sub>) de *C. capitata*, até 3 dias de idade, Costa (1990), verificou um aumento da radiotolerância desse estágio em relação a ovos de 24 e 48 h, requerendo-se uma dose de 200 Gy para evitar a emergência de adultos em frutos de laranja e tangerinas (*Citrus reticulata* L.). Os valores de Probit 9 (DL<sub>99,9968</sub>) estimados em função dos resultados obtidos pelo autor foram de 289,63 (laranja) e 378,78Gy (tangerina), respectivamente. Essas doses foram significativamente maiores a DL<sub>99,9968</sub> estimada na presente pesquisa para larvas de aproximadamente dois dias de idade. Contudo, quando larvas de *C. capitata* com até dois dias de idade foram irradiadas em bagas de uvas Itália a dose de raios X para a não emergência e a estimativa de DL<sub>99,9968</sub> foram de 20 e 20,44 Gy, respectivamente. Mas estudos realizados com o estágio mais radiotolerante de *C. capitata*, que se desenvolve dentro dos frutos, a larva do terceiro ínstar, tem demonstrado a necessidade de aplicação de doses maiores que 20 Gy para inibir em 100% a emergência de adultos (FARIA, 1989; COSTA, 1990; ARTHUR et al., 1993; HALLMAN; LOAHARANU, 2002). Nesse sentido, Hallman e Loaharanu (2002), testando doses entre 0 a 60 Gy, comprovaram que 50 Gy de raios X inibiu em 99,3% a emergência de adultos da mosca-do-mediterrâneo, quando frutos de papaia infestados com L<sub>3</sub> foram irradiados (apenas 1 adulto emergido a partir de 1500 larvas). Já Bustos et al. (2004), estimaram uma dose de 112,7 Gy para inibir em 99,9968% (Probit 9) a emergência dos adultos dessa mesma espécie de tefritídeo. Os mesmos autores em um teste confirmatório, usando mangas infestadas com 100.000 larvas da mosca-do-mediterrâneo corroboraram que a dose de 150 Gy inibiu em 100% a emergência dos adultos. Esses resultados demonstram o aumento da radiotolerância de *C. capitata* no decorrer do ciclo de vida.

Por outro lado, o método de infestação forçada utilizado na atual pesquisa possibilitou apenas estimar o número de ovos e larvas tratados, impossibilitando calcular a dose quarentenária necessária para matar as fases imaturas através da contagem de ovos viáveis e número de pupas recuperadas em função das doses de raio X recebidas. Portanto, as avaliações realizadas estiveram direcionadas a determinar doses letais para inibir a emergência dos adultos.

Contudo, o fato da infestação dos frutos ter acontecido por oviposição natural e os estágios imaturos estudados serem oriundos de moscas selvagens possibilitou obter resultados mais confiáveis. Estudos conduzidos para avaliar a eficácia do tratamento quarentenário por irradiação comprovam que a radiotolerância das moscas-das-frutas é maior quando utilizado o método de infestação de frutos via oviposição natural, indicando que doses maiores são necessárias para inibir a emergência dos adultos (FOLLET; ARMSTRONG, 2004; HALLMAN; THOMAS, 2010). Segundo Hallman e Loaharanu (2002), as moscas criadas e irradiadas em frutos representariam o melhor cenário para a realização de estudos quarentenários, pois sob essa condição os insetos são mais radiotolerantes, garantindo assim que a eficiência do método quarentenário seja determinada numa condição mais próxima do contexto natural.

Quanto às avaliações químicas e sensoriais das uvas irradiadas, os resultados obtidos indicam que as doses absorvidas pelas bagas (50 até 150 Gy) não tiveram um efeito negativo sobre esses atributos após 72 h da irradiação. Porém, não foi avaliado o efeito da irradiação nesses parâmetros em diferentes intervalos de armazenamento. Kang et al. (2012), recentemente estudaram o efeito de doses entre 0,2 a 1,0 kGy de raios X, sobre características físico-químicas e sensoriais da uva vermelha 'Red Globe', com a finalidade de avaliar o potencial de uso desse tipo de radiação ionizante como tratamento quarentenário. Os autores detectaram que as doses de 0,2 e 0,4 Gy reduziram a taxa respiratória das bagas, prolongando conseqüentemente a vida de prateleira dos frutos, sem provocar alterações notáveis em parâmetros físico-químicos (peso seco, sólidos solúveis, acidez, proteínas e minerais), após 14 dias de armazenamento. Com relação aos atributos sensoriais, os mesmos autores comprovaram que as uvas irradiadas apresentaram uma melhor aparência em relação ao grupo de uvas controle, concluindo, portanto, que é possível o uso da irradiação como tratamento quarentenário para uvas *in natura*.

Em tangerinas cv. 'Clemenules' também foi comprovado que doses de raios X de 0,195 e 0,395 kGy não tiveram efeitos prejudiciais sobre a qualidade dos frutos. As avaliações físico-químicas (cor da casca, firmeza, rendimento de suco, índice de maturidade, voláteis internos e índice de deterioração) e sensoriais comprovaram que a irradiação dos frutos com raios X é um tratamento quarentenário inofensivo e altamente eficaz para tangerinas clementinas (ALONSO et al., 2007).

No presente estudo, quando avaliada a impressão global das amostras verificou-se que as uvas irradiadas foram tão preferidas quanto às uvas do grupo controle. Além disso, no teste de intenção de compra comprovou-se uma maior preferência dos consumidores pelas bagas irradiadas, independentemente da dose aplicada, resultado que sugere que a exposição das uvas aos raios X não provocou alterações significativas nas características sensoriais e talvez tenha até melhorado a conservação das uvas (Figura 5.5). Segundo Toledo, Bustos e Liedo (2001), quando as doses propostas como tratamento quarentenário são baixas (até 1,0 KGy), e o processo de irradiação é efetuado sob condições de atmosferas adequadas, sendo a fruta irradiada no estágio fisiológico ideal, as mudanças produzidas pela irradiação podem ser reduzidas a níveis não detectáveis.

Segundo Halmann (1999), quando se desenvolvem tratamentos quarentenários é importante identificar a radiotolerância do estágio de desenvolvimento do inseto-alvo que possa estar presente na commodity exportada. Segundo o autor, os estudos devem inicialmente estar direcionados à demonstrar a eficácia do método de desinfestação sobre esse estágio de desenvolvimento. A infestação por *C. capitata* em uvas brancas, como a cultivar Itália, apresenta características peculiares no que se refere à identificação dos sintomas ou danos, sendo as posturas facilmente detectáveis. Essa peculiaridade facilita a remoção e o descarte de bagas infestadas no campo durante o raleio dos cachos, técnica de manejo aplicada durante a fase reprodutiva da cultura. Além disso, após a colheita, durante a limpeza dos cachos no packing-house, é realizada uma inspeção que também possibilita a remoção de bagas danificadas. As bagas de uvas brancas infestadas com larvas do segundo e terceiro instar de *C. capitata* tornam-se bem moles e de cor marrom como resultado dos processos fermentativos promovidos pela alimentação da larva no interior do fruto, facilitando a detecção e, portanto, a eliminação das bagas danificadas durante os processos de limpeza e inspeção no packing-house.

Levando-se em consideração o que foi exposto acima, a presente pesquisa foi direcionada para determinar doses quarentenárias para a desinfestação de uvas infestadas com ovos e larvas recém eclodidas (até dois de idade). Os resultados obtidos demonstram que doses acima de 20 Gy inibiram em 100% a emergência dos adultos quando aplicadas em bagas infestadas com ovos e larvas recém eclodidas da mosca-do-mediterrâneo, sem provocar alterações em parâmetros químicos e

sensoriais. Isso evidencia a eficácia do uso do tratamento quarentenário por irradiação em uvas Itália em fase de maturação comercial para o controle de *C. capitata*. No entanto, pesquisas posteriores deverão ser conduzidas visando a avaliação do estágio mais radiotolerante desse inseto dentro do fruto, L<sub>3</sub>, em outras cultivares de uvas hospedeiros de *C. capitata* na região do VSF, assim como os possíveis efeitos das doses supracitadas sobre parâmetros físico-químicos e sensoriais após intervalos de armazenamento.

#### 5.4 Conclusões

A radiosensibilidade de ovos de *C. capitata* diminuiu com o desenvolvimento embrionário dentro das bagas de uva.

Para ovos de 24h foi estimado um Probit 9 de 101,35 Gy, em bagas de uvas Itália.

O aumento da dose de raios X não teve um efeito significativo na mortalidade embrionária em bagas infestadas com ovos de 48h de idade de *C. capitata*.

As doses letais, DL<sub>99,9968</sub>, para inibir a emergência de adultos a partir de ovos irradiados com 48h e L<sub>1</sub> foram estimadas em 12,08 e 20,44 Gy, respectivamente.

Os parâmetros químicos e sensoriais não foram afetados pela exposição das uvas às diferentes doses de raios X testadas, após 72 h de armazenamento.

#### Referências

ALONSO, M.; PALOU, L.; DEL RIO, M.A.; JACAS, J.A. Effect of X-ray irradiation on fruit quality of Clementine mandarin cv. 'Clemenules'. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 76, p. 1631-1635, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of AOAC International**. 17. ed. Washington, DC, 2002.

ARTHUR, V.; CACERES, C.; WIENDL, M.F.; WIENDL, J.A. Controle da infestação natural de *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera, Tephritidae) em pêssegos (*Prunus persica*) através das radiação es gama. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, p. 329-332, 1993.

BAKRI, A.; HEATHER, N.; HENDRICHS, J.; FERRIS, I. Fifty years of radiation biology in entomology: lessons learned from IDIDAS. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 98, n. 1, p. 1-12, 2005.

BALOCK, J.W.; BURDITT, K.A.K.; CHRISTIANSON, L.D. Effects of gamma radiation on various stages of three fruit fly species. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 56, p. 42-46, 1963.

BIOFABRICA MOSCAMED BRASIL - BMB. **Banco de dados em Monitor XYZtemas**. Juazeiro, 2016. Disponível em: <[http://xxxcnn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao\\_usuario.jsp](http://xxxcnn8013.hospedagemdesites.ws/apps/moscamed/MonitorAgro2/selecao_usuario.jsp)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

BOTTON, M.; HAJI, F.N.P.; HICKEL, E.R.; SORIA, S.J. Cachos arruinados. A ação de pragas-insetos nos frutos da videira comprometem a produção in natura e de vinho. Conheça as estratégias de controle. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 6, n. 34, p. 1-6, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa Nº 9, de 24 de fevereiro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 fev. 2011. Seção 1, p. 8. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=8&data=25/02/2011>>. Acesso em: 10 maio 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC. Secretaria de Comercio Exterior - SECEX. **Estatísticas brasileiras de exportações e importações**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2016.

BUSTOS, M.E.; ENKERLIN, W.; REYES, J.; TOLEDO, J. Irradiation of mangoes as a postharvest quarantine treatment for fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 97, p. 286-292, 2004.

COSTA, N. **Desinfestação de laranjas e tangerinas (*Citrus spp*) atacadas pela mosca-do-mediterrâneo (*Ceratitis capitata* (Wied., 1824) através da radiação gama (Co-60) para fins de exportação**. 1990. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

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

FAO. **Guidelines for the use or irradiation as a phytosanitary measure**. Rome, 2009. 18 p. (ISPM # 28).

FAO. **Guidelines for the use or irradiation as a phytosanitary measure**. Annex 14: Irradiation Treatment for *Ceratitis capitata*. Rome, 2011. 3 p. (ISPM # 28).

FARIA, J.T. **Radiação gama como um processo quarentenário para *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) e *Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera:Tephritidae) em mamão papaya (*Carica papaya* L.) cultivar Sunrise Solo**. 1989. 182 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

FERREIRA, M.D.P.; LIRIO, V.S.; MENDOZA, T.G. Análise do perfil e grau de incidência de barreiras não-tarifárias sobre as exportações brasileiras de frutas selecionadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SOBER, 2009. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/13/412.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2012.

FOLLETT, P.A.; ARMSTRONG, J.W. Revised irradiation doses to control melon fly, Mediterranean fruit fly, and Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and a generic dose for tephritid fruit flies. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 97, p. 1254-1262, 2004.

FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

HALLMAN, G.J. Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, p. 93-106, 1999.

HALLMAN, G.J.; LOAHARANU, P. Generic ionizing radiation quarantine treatments against fruit flies (Diptera: Tephritidae) proposed. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, p. 893-901, 2002.

HALLMAN, G.J.; THOMAS, D.B. Ionizing radiation as a phytosanitary treatment against fruit flies (Diptera: Tephritidae): Efficacy in naturally vs. artificially infested fruit. **Journal of Economic Entomology**. College Park, v. 103, p. 1129-1134, 2010.

HERNANDEZ, E.; BRAVO, B.; CARO-CORRALES, J. Tratamientos poscosecha. In: MONTOYA, P.; HERNÁNDEZ, E. **Moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo**. México, DF: IICA, 2010. p. 197-221.

IBM CORPORATION. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Released 2011. Armonk, NY, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. 2016.

KANG, F.; HALLMAN, G.H.; WEI, W.; ZHANG, F.; LI, L. Effect of X-ray irradiation on the physical and chemical quality of America red globe grape. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 31, p. 7966-7972, 2012.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Westport, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MATSUE, A.M.; WALDER, J.M.M.; WIENDL, F.M. Possibilidade de exportação de laranjas "in natura", desinfestadas de larvas de *Ceratitis capitata* por meio da irradiação gama. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 35., 1983, Belém. **Resumos...** Belém: SBPC, 1983. p. 19.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 448 p.

RAGA, A.; YASUOKA, S.T.; AMORIM, E.O.; SATO, M.E.; SUPLICY FILHO, N.; De FARIA, J.T. Sensibilidade de ovos de *Ceratitis capitata* (WIED., 1824) irradiados em dieta artificial e em frutos de manga (*Mangifera indica* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 114-118, 1996.

SILVA NETO, A.M.; SANTOS, T.R.O.; DIAS, V.S.; JOAQUIM-BRAVO, I.S.; BENEVIDES, L.J.; BENEVIDES, C.M.J.; SILVA, M.V.L.; SANTOS, D.C.C.; VIRGINIO, J.; OLIVEIRA, G.B.; WALDER, J.M.M.; PARANHOS, B.A.J.; NASCIMENTO, A.S. Mass-rearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 69, p. 364-369, 2012.

TOLEDO, J.; BUSTOS, M.E.; LIEDO, P. Irradiación de naranjas infestadas por *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) como tratamiento cuarentenario. **Folia Entomologica Mexicana**, Montecillo, v. 40, n. 3, p. 283-295, 2001.

USDA. Nonchemical treatment-irradiation. In: \_\_\_\_\_. **Treatment manual**. Washington, DC, 2014. p. 3-8-1-3-8-7. Disponível em: <[www.aphis.usda.gov/import\\_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf](http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf)> Acesso: 10 maio 2016.

WALDER, J.M.M.; VICINO, S.R.; LOPES, L.A. Efeito letal da radiação gama em ovos e larvas de *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 12., 1989, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Sociedade Entomológica do Brasil, 1989. p. 50.