

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AMBIENTAIS

ANA CAROLINE ALENCAR DE CARVALHO
FABIANA DA SILVA MUINARSK

**PROSPECÇÃO DE MEIOS ARTIFICIAIS PARA A CRIAÇÃO
EM LABORATÓRIO DA MOSCA-DO-MEDITERRÂNEO,
Ceratitis
capitata (Wiedemann 1824), DIPTERA, TEPHRITIDAE**

ANA CAROLINE ALENCAR DE CARVALHO

FABIANA DA SILVA MUINARSK

**PROSPECÇÃO DE MEIOS ARTIFICIAIS PARA A CRIAÇÃO DA
MOSCA-DO-MEDITERRÂNEO, *Ceratitis capitata* (Wiedemann 1824),
DIPTERA, TEPHRITIDAE, EM LABORATÓRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, sob a orientação do Prof. Dr. Manoel Araécio Uchoa Fernandes.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Araécio Uchoa-Fernandes

Dourados - MS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C331p Carvalho, Ana Caroline Alencar De
PROSPECÇÃO DE MEIOS ARTIFICIAIS PARA A CRIAÇÃO EM LABORATÓRIO DA
MOSCA-DO-MEDITERRÂNEO, *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN 1824), DIPTERA,
TEPHRITIDAE [recurso eletrônico] / Ana Caroline Alencar De Carvalho, Fabiana da Silva
Muinarsk. -- 2024.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Manoel Araújo Uchoa Fernandes.
TCC (Graduação em Ciências Biológicas)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Criação massiva. 2. Avaliação de aceitação. 3. Nutrição adequada. I. Muinarsk, Fabiana da
Silva. II. Fernandes, Manoel Araújo Uchoa. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

ANA CAROLINE ALENCAR DE CARVALHO

FABIANA DA SILVA MUINARSK

**PROSPECÇÃO DE MEIOS ARTIFICIAIS PARA A CRIAÇÃO DA
MOSCA-DO-MEDITERRÂNEO, *Ceratitis capitata* (Wiedemann
1824), DIPTERA, TEPHRITIDAE, EM LABORATÓRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, sob a orientação do Prof. Dr. Manoel Araécio Uchoa Fernandes.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Araécio Uchoa-Fernandes

Aprovado em: 06/12/2024



Assinatura do orientador

Manoel Araécio Uchoa-Fernandes
Prof^o Dr. (UFGD) Orientador

Isaías de Oliveira Dr. (AGRAER)
Membro examinador

Valter



Vieira Alves Júnior
Prof^o Dr. (UFGD) Membro examinador



Liz Maria Matilde Duarte Giménez
Eng.^o Agrônoma Membro examinador

Dourados - MS

2024

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Importância da fruticultura no Brasil.....	9
2.2 Criação de insetos em laboratório e suas aplicações.....	10
3. JUSTIFICATIVA.....	11
4. HIPÓTESES.....	12
5. OBJETIVOS.....	12
5.1 Geral.....	12
5.2 Específicos.....	13
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
6.1 Local da pesquisa e obtenção da primeira geração.....	14
6.2 Dietas artificiais com ingredientes alternativos.....	16
6.3 Obtenção dos dados e avaliação da qualidade das dietas de adultos.....	18
6.4 Obtenção dos dados e avaliação da qualidade das dietas para larvas.....	19
6.5 Segunda geração.....	20
7. RESULTADOS.....	20
7.1. Dieta para Adultos.....	20
7.1.1. Oviposição e Emergência.....	20
7.1.2. Razão Sexual.....	23
7.1.3. Peso das Pupas e Comprimento Larval.....	24
7.2. Dieta para Larvas.....	24
7.2.1. Oviposição e Emergência.....	24
7.2.2. Razão Sexual.....	27
7.2.3. Peso das pupas e Comprimento Larval.....	28
8. DISCUSSÃO.....	29
9. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Dispositivo de oviposição para <i>Ceratitis capitata</i>	16
Figura 2: Potes contendo os ovos coletados e colocados na dieta artificial larval 2 (DL2)...	20
Figura 3: Medição de larvas (A) e pesagem de pulpa (B) de <i>Ceratitis capitata</i>	21
Figura 4: Número total de ovos depositados por adultos de <i>Ceratitis capitata</i> na primeira (A) e segunda (B) geração sob cultivo de diferentes dietas.....	25
Figura 5: Proporção de machos e fêmeas emergidos de duas gerações de <i>Ceratitis capitata</i> (Dieta para adultos).....	26
Figura 6: Dimensão de larvas de <i>Ceratitis capitata</i> provenientes dos adultos mantidos sob a Dieta 1 e Dieta 2.....	27
Figura 7: Número total de ovos depositados conforme dieta oferecida para larvas <i>Ceratitis capitata</i> na primeira (A) e segunda (B) geração.....	29
Figura 8: Proporção de machos e fêmeas emergidos de duas gerações de <i>Ceratitis capitata</i> (Dieta para larvas).....	30
Figura 9: Dimensão de larvas de <i>Ceratitis capitata</i> emergidas quando mantidas (em estágio larval) sob a “Dieta Nunes” e “Dieta Nova”.....	31

QUADROS

Quadro 1: Ingredientes testados na criação da mosca-do-mediterrâneo, <i>Ceratitis capitata</i> , em laboratório.....	14
Quadro 2: Distribuição Quantitativa dos Elementos Nutricionais nas Dietas D1 e D2.....	17
Quadro 3: Proporção de Ingredientes nas Dietas DL1 e DL2.....	18

RESUMO

Ceratitis capitata, conhecida por mosca-do-mediterrâneo, é originária da África. Foi detectada no Brasil em 1901, no estado de São Paulo, sobre café em um secador de frutos. Este tefritídeo se desenvolve em diversas espécies de frutas e algumas hortaliças cultivadas ou silvestres. Estudos laboratoriais sobre a biologia e o comportamento da *C. capitata* estão avançando e são de grande relevância para possibilitar o desenvolvimento de métodos e técnicas de supressão populacional desta espécie, em especial o controle biológico - que consiste no emprego de “armas” biológicas para reduzir sua população em níveis que viabilizem a produção de frutas e hortaliças. O controle biológico é o principal método que evita o envenenamento de alimentos e a erosão da biodiversidade nos ecossistemas. Para assegurar pesquisa com espécies de insetos economicamente importantes é fundamental criá-los em laboratório para permitir pesquisas ininterruptas ao longo do ano. Neste contexto, esta pesquisa visou o desenvolvimento de uma dieta artificial de baixo custo e capaz de produzir indivíduos saudáveis, como aqueles encontrados em ambiente natural. Neste estudo, foram avaliadas duas dietas para adultos, D1 (anteriormente publicada) e D2, e duas dietas para larvas de *C. capitata*, DL1 (anteriormente publicada) e DL2, considerando parâmetros como número de ovos depositados, taxa de emergência, proporção sexual, viabilidade pupal e custos de produção. Em termos de oviposição e emergência, D2 apresentou desempenho similar à D1, mas com um equilíbrio levemente superior na razão sexual. Já para dietas larvais, a Dieta Nova (DL2) destacou-se com maior número de ovos depositados e emergidos em relação à DL1, demonstrando ser uma alternativa promissora para a criação de larvas. Analisando economicamente, D2 demonstrou maior viabilidade para criação massiva da espécie comparativamente à D1. Ajustes nutricionais, como o equilíbrio entre proteínas e carboidratos, e a inclusão de prebióticos podem melhorar ainda mais o desempenho reprodutivo de *C. capitata* em função da dieta desenvolvida, que apresentaram grande potencial de contribuição na aplicação de práticas agrícolas sustentáveis e eficientes no controle integrado de pragas.

Palavras-chave: Criação massiva; Avaliação de aceitação; Nutrição adequada.

ABSTRACT

Ceratitis capitata, commonly known as the Mediterranean fruit fly, is native to Africa and was first detected in Brazil in 1901, in the state of São Paulo, on coffee in a fruit dryer. This tephritid develops in various species of cultivated or wild fruits and some vegetables. Laboratory studies on the biology and behavior of *C. capitata* are advancing and are highly relevant for developing methods and techniques for population suppression of this species, particularly through biological control. This method employs biological agents to reduce the population to levels that allow viable fruit and vegetable production. Biological control is a key approach to avoiding food contamination with pesticides and preventing biodiversity loss in ecosystems. To enable research on economically important insect species, it is essential to rear them in laboratories, allowing continuous studies throughout the year. In this context, the present research aimed to develop a low-cost artificial diet capable of producing healthy individuals comparable to those found in natural environments. This study evaluated two diets for adults, D1 and D2, and two larval diets, DL1 and DL2, considering parameters such as the number of eggs laid, emergence rate, sex ratio, pupal viability, and production costs. In terms of oviposition and emergence, D2 performed similarly to D1 but demonstrated a slightly better balance in the sex ratio. Regarding larval diets, the New Diet (DL2) stood out with a higher number of eggs laid and emerged compared to DL1, proving to be a promising alternative for larval rearing. From an economic perspective, D2 showed greater viability for mass rearing of the species compared to D1. Nutritional adjustments, such as the balance between proteins and carbohydrates, and the inclusion of prebiotics can further improve the reproductive performance of *C. capitata* as a function of the diet developed, which showed great potential to contribute to the application of sustainable and efficient agricultural practices in integrated pest control.

Keywords: Mass rearing; Acceptance evaluation; Adequate nutrition.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, diante das vastas áreas de plantios, caracterizadas por monoculturas industriais, surge um importante desafio a ser enfrentado: as espécies-praga. Na fruticultura, as pragas representam um obstáculo significativo para os agricultores em todo o mundo. O termo praga se aplica a uma espécie de animal que consome plantas cultivadas, animais, seus produtos, subprodutos ou quaisquer coisas de valor econômico para os humanos; com alto potencial biótico (produz grande progênie); tem elevada abundância sobre a coisa ou ser vivo atacado; apresenta alta constância sobre a coisa ou ser vivo que ataca; tem ampla e rápida capacidade de dispersão e distribuição geográfica na sua faixa de ocorrência; apresentam estratégias de sobrevivência às condições climáticas e grande capacidade de livrar-se dos métodos e técnicas de supressão populacional (COSMO & GALERIANI, 2020).

No caso da fruticultura, tratam-se de organismos que se alimentam das plantas frutíferas, causando danos diretos ou indiretos aos frutos, folhas, brotos e raízes nas lavouras. Podem ser organismos de diferentes táxons, como insetos, ácaros e nematoides (VALICENTE, 2009). Há também os microrganismos: vírus, fungos, bactérias e protozoários, que causam doenças às frutíferas, ou ainda, espécies de plantas que podem se caracterizar como invasoras, competindo por recursos. Esta última categoria é erroneamente nomeada de “ervas daninhas”, mas várias espécies assim denominadas são de grande importância para humanos, sendo muitas delas, plantas medicinais ou comestíveis.

Um dos principais grupos de insetos responsáveis por danos às frutíferas é Diptera, segunda Ordem mais especiosa da Classe Insecta com cerca de 160 mil espécies descritas e distribuídas em 160 famílias (RAFAEL *et al.*, 2024). É possível encontrar diversos representantes que constituem uma ameaça à fruticultura em várias regiões do Brasil, particularmente as “mosca-das-frutas”, termo empregado para caracterizar duas famílias da Superfamília Tephritoidea: Lonchaeidae e Tephritidae, com vários gêneros que incluem espécies-praga. Estes insetos são tidos como pragas com grande impacto para a produção de frutas e de algumas hortaliças em escala global. Além de prejudicar a produção e comercialização de frutas, representam um desafio significativo em termos fitossanitários para a exportação de frutas frescas, uma vez que os países importadores, geralmente, aplicam restrições quarentenárias (PARANHOS *et al.*, 2009) aos países exportadores onde ocorrem

espécies-praga. Dentro desse grupo, uma das espécies mais polífagas e destrutivas é *Ceratitidis Capitata*, atualmente de ocorrência cosmopolita.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ceratitidis capitata (Wiedemann 1824), denominada popularmente por moscardo-mediterrâneo ou moscamed (forma abreviada), tem origem na África e foi introduzida no Continente Americano a partir do Brasil (1901). Hoje se faz presente nas Américas, no continente africano, Sul da Europa (Região do Mediterrâneo), Oriente Médio, Austrália e Ilhas do Pacífico, infestando tanto hospedeiros nativos quanto exóticos (ACIOLI, 2024).

Dentre as espécies de mosca-das-frutas trata-se de uma das mais importantes economicamente, tanto pela sua capacidade de sobrevivência em uma maior variedade de climas, como quanto pelo seu extenso número de espécies infestadas: as larvas de *C. capitata* pode alimentar-se de cerca de 400 espécies de frutíferas, muitas de relevância econômica, distribuídas por pelo menos 69 famílias de plantas em todo o mundo, nas quais cerca de 40% pertencem a apenas cinco famílias: Rosaceae (11%), Rutaceae (9%), Solanaceae (9%), Sapotaceae (6%) e Myrtaceae (5%) (COSTA, *et al.*, 2022). Outra característica que contribui para a ampla distribuição da espécie no ambiente é sua capacidade de produzir múltiplas gerações ao longo do ano, sem apresentar períodos de diapausa, diferindo de outras moscas frugívoras como *Drosophila melanogaster* (MALAVASI *et al.*, 2023).

Dentro do grupo dos insetos fitófagos holometabólicos, é comum que os hospedeiros dos estágios jovens sejam escolhidos pelas fêmeas adultas durante a postura dos ovos. Isso se destaca, principalmente, quando as larvas recém-eclodidas não conseguem procurar seus hospedeiros. Por isso, via de regra, a mãe deixa os ovos no alimento adequado ou próximo deste para que sua progênie seja bem sucedida. No entanto, estudos sobre a alimentação de insetos demonstraram que os estágios juvenis têm a capacidade de escolher a dieta ou hospedeiro que mais favorece o seu desenvolvimento (JURENKO & FRANÇA, 2014). Esse processo estabelece uma problemática: além da necessidade atender as necessidades nutricionais da espécie com a devida quantidade de aminoácidos, vitaminas e sais minerais

essenciais, uma das principais dificuldades em sua nutrição é garantir aceitação do alimento oferecido (PANIZZI & PARRA, 2009).

2.1 Importância da fruticultura no Brasil

De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS, 2024), desde 2020 a produção de frutas no Brasil ultrapassa 40 milhões de toneladas, com crescimento médio de 1,97% ao ano distribuídas em aproximadamente 2,6 milhões de hectares, o que representa aproximadamente 0,3% do território nacional, e 3,8% da área total ocupada por lavouras no País. O setor responde por 16% de toda a mão de obra do agronegócio e conta com mais de 940 mil estabelecimentos agropecuários em todas as cinco regiões geográficas, sendo que 81% desses enquadram-se na categoria de agricultura familiar. Esses dados enquadram o Brasil como o terceiro maior produtor de frutas no mundo, ficando atrás apenas da China e da Índia.

Partindo para uma análise de capital em números brutos, como informa o Ministério da Agricultura, desde de 2019 o País suplanta a cifra de 1 bilhão de dólares, de forma que as exportações de fruticultura em 2023 foram de US\$1,35 bilhão, o maior da série histórica (BRASIL, 2024). Ainda é previsto um novo salto de vendas, visto o crescimento de 5,09% no valor das exportações de frutas brasileiras durante o primeiro semestre de 2024 comparativamente ao ano anterior divulgado pela Abrafrutas.

Por outro lado esses números poderiam ser ainda muito superiores não fosse a problemática do ataque de pragas em lavouras: segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2019), estima-se que 20 a 40% da produção agrícola mundial é perdida a cada ano, em consequência de pragas que atingem as plantações, valor esse que corresponde a aproximadamente 220 bilhões de dólares; no Brasil, a perda anual decorrente do ataque de insetos nas lavouras é estimada em aproximadamente 7,7%, valor correspondente a quase 25 milhões de toneladas de produtos agrícolas e a perdas econômicas de 17,7 bilhões de dólares) (OLIVEIRA *et al.* 2014).

Desde o final do século XIX, foram registradas 24 espécies de pragas introduzidas no Brasil, com destaque para a mosca-do-mediterrâneo. A infestação dessas pragas não só reduz

a produtividade das culturas, como também aumenta os custos de produção, uma vez que os agricultores precisam investir em estratégias de controle e manejo, como o uso de inseticidas, armadilhas para captura e controle biológico, para minimizar os danos e garantir a qualidade das frutas. (GRAVENA, 2017)

O desenvolvimento de pesquisas com metodologias não-poluentes e voltadas à proteção da fruticultura contra espécies-praga é essencial para garantir a sustentabilidade do setor hortifrutícola e agrossilvipastoril (agricultura, silvicultura, cultivo de pastagens e criação de animais) como um todo. Técnicas como controle biológico, uso de agentes de controle naturais e o desenvolvimento de variedades de frutíferas mais resistentes às pragas, representam algumas das estratégias empregadas para a redução do impacto econômico e ambiental causado pelo uso excessivo de pesticidas. A ausência de medidas adequadas no controle de pragas pode resultar em barreiras fitossanitárias, restringindo exportações e prejudicando a competitividade da fruticultura brasileira no mercado global.

2.2 Criação de insetos em laboratório e suas aplicações

Uma das dificuldades para estudar a biologia e o comportamento de espécies de insetos- praga, é mantê-los em laboratório em meios artificiais, permitindo uma avaliação ininterrupta do seu ciclo de vida. As dietas artificiais, quando proporcionam um desenvolvimento adequado das espécies — isto é, preservando as características biológicas e comportamentais da espécie- alvo, de forma semelhante àquelas observadas no ambiente natural, onde consomem suas plantas hospedeiras — viabilizam estudos que reproduzam de maneira mais efetiva as condições de campo e conseqüentemente a eficácia da aplicação em campo de técnicas desenvolvidas em ambiente laboratorial. (PERES, 2013).

Uma parte significativa do conhecimento que os seres humanos possuem sobre a biologia dos insetos foi adquirida trazendo, inicialmente, os insetos do campo para o ambiente controlado do laboratório. Por meio da manutenção de colônias de tamanho adequado em condições sob medida e com dietas cuidadosamente elaboradas, foi possível obter benefícios diversos com a habilidade de criar insetos. Esses benefícios abrangem uma extensa diversidade de aplicações, que vão desde a análise de diferentes espécies nos estágios iniciais

até a produção em larga escala para múltiplos fins (JURENKO & FRANÇA, 2014): biofábricas de inimigos naturais de espécies-pragas para serem usados em programas de controle biológico; emprego da técnica do macho estéril - que consiste na esterilização de um grande número de machos e liberação no campo para que esse machos estéreis acasalam com as fêmeas nativas - resultando em diminuição da população, pois fêmeas produzirão ovos inférteis; infestação de espécies-praga por uma bactéria, como as do gênero *Wolbachia* (HERTIG & WOLBACH, 1924) que resultam na redução da longevidade e da fecundidade em moscas-das-frutas; multiplicação de nematos entomopatogênicos, entre outras possibilidades.

3. JUSTIFICATIVA

A realização deste projeto se justifica pela importância econômica de *Ceratitidis capitata*, para o setor hortifrutícola, sendo uma das principais pragas que afetam frutíferas em diversas regiões do mundo. Esta espécie é responsável por extensos danos à produção de frutas, afetando tanto o mercado interno quanto às exportações, devido às rigorosas exigências quarentenárias impostas por países importadores de frutas frescas. Esses impactos econômicos ressaltam a necessidade de desenvolver estratégias eficientes para o manejo de populações dessa espécie.

Atualmente, a criação massiva de *C. capitata* em laboratório é uma técnica essencial para programas de controle biológico e outras técnicas de manejo integrado, incluindo a Técnica do Inseto Estéril (TIE), que requer um grande número de indivíduos para a liberação em campo. A viabilidade e a eficiência desses programas, contudo, dependem de dietas artificiais que promovam o desenvolvimento saudável e alta performance reprodutiva das moscas em condições laboratoriais.

No entanto, a manutenção dessas criações em larga escala demanda dietas com elevado custo, frequentemente compostas por ingredientes importados e insumos específicos, o que representa um obstáculo financeiro para a ampliação dos programas de biocontrole em muitas localidades da Região Neotropical. Portanto, é necessária a busca de dietas alternativas, com ingredientes de baixo custo, de preferência, produzidos regionalmente.

Nesse contexto, o presente projeto visa avaliar ingredientes alternativos que possam substituir, parcial ou integralmente, os componentes tradicionais das dietas artificiais para larvas e adultos de *C. capitata*. A introdução de ingredientes de baixo custo e fácil acesso facilita a criação em larga escala, reduzindo despesas com a criação desta espécie e permitindo uma aplicação mais ampla, tanto da Técnica do Inseto Estéril (TIE) quanto de outras estratégias de supressão populacional pelo método do controle biológico em pomares e hortas.

A comparação entre diferentes dietas alternativas permitirá identificar as formulações que melhor atendem às necessidades nutricionais de *C. capitata*, com impacto direto em parâmetros como taxa de oviposição, taxa de emergência e proporção sexual, todos essenciais para a eficácia das criações em laboratório. O desenvolvimento de uma dieta otimizada contribui não apenas para o avanço técnico em biofábricas, mas também amplia a viabilidade de estudos sobre a biologia, ecologia e comportamento da espécie, ao proporcionar um meio alternativo e economicamente viável para criação contínua da moscada e/ou em larga escala (biofábricas).

4. HIPÓTESES

H1: É possível encontrar dietas artificiais de mais baixo custo, com ingredientes regionais e de eficiência igual ou superior àquelas já publicadas;

H0: Não haverá êxito em dietas igualmente competitivas com aquelas já conhecidas.

5. OBJETIVOS

5.1 Geral

Testar ingredientes alternativos de baixo custo e adquiridos no comércio regional em dieta artificial para criação de larvas e adultos da mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann 1824), visando otimizar a manutenção e reprodução, e contribuir para o avanço das técnicas de criação massiva em laboratório e biofábricas.

5.2 Específicos

1. Formular e testar uma dieta artificial com ingredientes de baixo custo e de fácil aquisição para adultos;
2. Formular e testar uma dieta artificial com ingredientes alternativos e de fácil aquisição para larvas;
3. Comparar a eficiência das dietas formuladas com as anteriormente publicadas por SOUZA *et al.* (2020) e NUNES *et al.* (2013);
4. Quantificar a oviposição diária de fêmeas da moscamed nas diferentes dietas;
5. Quantificar a taxa de emergência e a proporção sexual de *C. capitata* nas dietas elaboradas;
6. Analisar o custo de produção das dietas artificiais testadas para larvas e adultos de *C. capitata*.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos conduzidos para avaliar a eficácia de diferentes dietas artificiais, tanto para larvas quanto para adultos de *Ceratitis capitata*, foram realizados sob condições controladas no Laboratório de Insetos Frugívoros da Universidade Federal da Grande Dourados. Foram estabelecidos protocolos específicos para a criação, alimentação e coleta de dados (realizando uma análise fatorial para cada variável, utilizando como fatores Geração e Dieta, e como repetição os dias), abrangendo desde a preparação das dietas com ingredientes alternativos até a análise detalhada de cada etapa do ciclo de vida dos insetos.

Segue abaixo no Quadro 1 a lista de ingredientes utilizados na composição das dietas testadas:

Quadro 1. Ingredientes testados na criação da mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata*, em laboratório.

Produto	Unidade de Medida	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Açúcar	Kg	2	R\$ 8,00	R\$ 16,00
Acido benzoico	Kg	0,1	R\$ 72,00	R\$ 72,00
Ácido clorídrico	L	1	R\$ 36,00	R\$ 36,00
Cenoura	Kg	0,5	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Extrato de levedura	Kg	0,5	R\$ 312,00	R\$ 312,00
Gérmen de trigo	Kg	1	R\$ 28,00	R\$ 28,00
levedura nutricional	Kg	0,5	R\$ 130,00	R\$ 130,00
Levedura de cerveja	Kg	0,5	R\$ 32,00	R\$ 32,00
Leite em pó	Kg	0,5	R\$ 40,00	R\$ 40,00
Nipagin	Kg	0,1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Sustagen	Kg	0,4	R\$ 54,00	R\$ 54,00
SUBTOTAL			R\$ 789,00	

6.1 Local da pesquisa e obtenção da primeira geração

Os experimentos foram realizados no Laboratórios de Insetos Frugívoros (LIF), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), Universidade Federal da Grande Dourados em Dourados, MS. A sala é semi climatizada e com fotofase de 12 horas.

A partir dos ovos obtidos de uma criação estoque já estabelecida no laboratório, houve a separação de 20 casais recém-emergidos, 10 casais para cada uma das dietas comparadas, que foram colocadas em “gaiolas” feitas de recipientes cilíndricos de plástico (750 mL) com furos na tampa para permitir a aeração. Tanto machos quanto fêmeas alcançam a maturidade sexual em aproximadamente cinco dias após emergirem do estágio pupal, sob condições de criação padrão, visto o desenvolvimento fisiológico necessário para a reprodução (maturação das glândulas sexuais) e a adoção de comportamentos de corte e acasalamento (ABD-ELGAWAD, 2021).

Foi fornecida água em pequenos recipientes contendo esponjas de polietileno, além do fornecimento das dietas testadas. Além disso, para cada casal foi disponibilizado um dispositivo de oviposição, feito de garrafas de 200ml envolvida por voil (tecido) na cor branca, simulando o epicarpo/casca do fruto, contendo água, onde os ovos ficaram até serem coletados (Fig.1).



Figura 1. Dispositivo de oviposição para *Ceratitits capitata*.

Fonte: autoria própria, 2024.

Para o teste das dietas artificiais para larvas, foram coletados 200 ovos viáveis da criação previamente estabelecida, havendo a separação em quatro recipientes plásticos iguais ao anteriormente citado, 2 para cada dieta, contendo 50 ovos cada.

6.2 Dietas artificiais com ingredientes alternativos

Dieta 1 (D1): Dieta de Sousa *et al.* (2020). Nas gaiolas de postura, adicionou-se água em esponjas de polietileno dentro de um recipiente, enquanto em outro foi feita uma mistura composta por açúcar (49,1%), levedura de cerveja (24,5%), extrato de levedura (12,2%), gérmen de trigo (12,2%) e Sustagen^R (2,0%), previamente batidos em um liquidificador.

Dieta 2 (D2): Baseada na dieta 1 (D1), troca-se o extrato de levedura pela levedura nutricional. Nas gaiolas, adiciona-se água em esponjas de polietileno dentro de recipientes, juntamente com outro recipiente contendo uma mistura de açúcar (49,1%), levedura de cerveja (24,5%), levedura nutricional (12,2%), gérmen de trigo (12,2%) e Sustagen^R (2,0%), previamente batidos em um liquidificador.

Para analisar o custo de produção, a quantidade de cada um dos ingredientes foram detalhados em uma planilha Excel (Quadro 2).

Quadro 2. Distribuição Quantitativa dos Elementos Nutricionais nas Dietas D1 e D2.

Descrição	Unidade de Medida	D1	D2
Açúcar	g	49,1	49,1
Extrato de levedura	g	12,2	-
Gérmen de trigo	g	12,2	12,2
levedura nutricional	g	-	12,2
Levedura de cerveja	g	24,5	24,5
Sustagen	g	2	2

Dieta Larval 1 (DL1) - NUNES *et al.* 2013. Para o preparo da dieta, primeiramente, foram colocados em um liquidificador os ingredientes sólidos: açúcar refinado (60g),

levedura de cerveja liofilizada (60g) e gérmen de trigo (60g), com 800 ml de água destilada. Em seguida, os ingredientes foram homogeneizados por 30s. O Nipagin (8ml diluído a 10% em álcool etílico) e o benzoato de sódio (1g dissolvido em 20 ml de água destilada) e 6ml de ácido clorídrico 37% foram adicionados posteriormente. A mistura foi adicionada em uma bandeja e 130g de bagaço de cana de açúcar foram incorporados.

Dieta Larval 2 (DL2): Primeiramente o levedo de cerveja (40g), açúcar (160g), leite em pó (50g) e a cenoura (50g), são homogeneizados no liquidificador, posteriormente, adicionou-se Nipagin (2,5g diluído a 10% em álcool etílico), Ácido benzoico (2g diluídas no micro agitador com 400mL de água) e Ácido clorídrico (20mL). Todos foram adicionados à mistura. Em seguida, acrescentou-se cana-de-açúcar triturada e levemente desidratada, que foi misturada em uma bandeja com os ingredientes supracitados.

Todos os ingredientes, e as quantidades utilizadas, encontram-se descritos no Quadro 3.

Quadro 3. Proporção de Ingredientes nas Dietas DL1 e DL2.

Produto	Unidade de Medida	DL1	DL2
Açúcar refinado	g	60	160
Levedura de cerveja	g	60	40
Gérmen de trigo	g	60	-
Cenoura liofilizada	g	-	50
Leite em pó	g	-	50
Água destilada	mL	820	400
Álcool etílico	mL	80	25
Nipagin	g	8	2,5
Benzoato de sódio	g	1	2

Ácido clorídrico 37%	mL	6	20
cana-de-açúcar triturada	g	130	130

6.3 Obtenção dos dados e avaliação da qualidade das dietas de adultos

Foram realizadas 30 coletas para cada dieta e geração, onde houve a contagem de ovos postos por 10 casais. Os ovos foram coletados, quantificados e colocados em potes contendo a dieta artificial larval 2 (DL2) (Fig. 2).



Figura 2. Potes contendo os ovos coletados e colocados na dieta artificial larval 2 (DL2).

Fonte: autoria própria, 2024.

Em seguida, houve uma verificação diária desses potes a fim de avaliar o tempo decorrido para a eclosão das larvas de primeiro ínstar e seu posterior empupamento. Para análise das dimensões das larvas, estas foram sorteadas aleatoriamente (30 larvas de terceiro ínstar de cada dieta), sendo medidas com o auxílio de um paquímetro (Fig. 3a). Durante o estágio de pupa, foi empregado o mesmo método de amostragem aleatorizada e realizou-se a pesagem destas utilizando-se uma balança de precisão (Fig. 3b).



Figura 3. Medição de larvas (A) e pesagem de pupa (B) de *Ceratitidis capitata*.

Fonte: autoria própria, 2024.

Ao chegar na última fase, com a emergência dos insetos adultos, houve a contagem e a determinação do sexo dos mesmos a fim de realizar uma comparação com a quantidade de ovos postos, tornando possível determinar a taxa de emergência dos adultos e a razão sexual.

6.4 Obtenção dos dados e avaliação da qualidade das dietas para larvas

No experimento com dietas artificiais para larvas, utilizando as mesmas metodologias empregadas nas avaliações das dietas para adultos, foram analisados vários fatores, incluindo o tempo necessário para cada fase do desenvolvimento: desde a eclosão dos ovos, das larvas de primeiro instar até o empupamento e a emergência dos adultos. Além disso, foram medidos o tamanho das larvas de terceiro ínstar, o peso das pupas e contabilizado o número de adultos emergidos e a proporção de machos e fêmeas (razão sexual) em função de cada dieta avaliada. Os adultos provenientes das dietas larvais, foram abastecidos com a Dieta 2 (D2).

6.5 Segunda geração

Após o estabelecimento das matrizes, oriundas da primeira geração e a coleta dos ovos, iniciou-se a segunda geração com o surgimento dos adultos. Dessa forma, 20 casais emergentes a partir dos ovos obtidos de matrizes da primeira geração, provenientes de cada dieta, foram separados em 2 recipientes plásticos, sendo um para a dieta D1 e outro para a dieta D2, contendo 10 casais originados de cada uma das dietas avaliadas nesta pesquisa. Em seguida, todos os dados obtidos, assim como na primeira geração, foram novamente analisados e quantificados com o objetivo de estabelecer um parâmetro para as diferentes dietas.

Dietas para larvas: Assim como na segunda geração das dietas de adultos, procedeu-se a separação de 20 casais provenientes dos ovos obtidos de matrizes da primeira geração, 10 descendentes da DL1 e 10 da DL2, para que seus ovos fossem acondicionados também na dieta correspondente àquela utilizada na primeira geração de origem (DL1 ou DL2). Após a coleta de dados, realizou-se a comparação da variabilidade entre as dietas e a relação do custo e benefício por meio de análise fatorial, utilizando como fatores geração e dieta e como repetição os dias.

7. RESULTADOS

7.1. Dieta para Adultos

7.1.1. Oviposição e Emergência

Para a Dieta 1, durante a primeira geração, o número total de ovos coletados ao longo de seis semanas foi de 3.731, dos quais 3.298 emergiram, resultando em uma taxa de emergência de indivíduos adultos de aproximadamente 88,4%. O número de ovos não eclodidos totalizou 433, com a maior quantidade registrada na semana de 16/09 a 20/09 (114 ovos não eclodidos) e a menor na semana de 02/09 a 06/09 (8 ovos não eclodidos). A semana de maior produtividade foi a de 09/09 a 13/09, com 1.017 ovos coletados e 947 eclodidos, enquanto a de menor produtividade foi a semana de 30/09 a 04/10, com 377 ovos coletados e 291 eclodidos. Em relação à Dieta 2, o total de ovos coletados foi de 3.605, com 2.974 ovos

eclodidos, resultando em uma taxa de emergência de indivíduos adultos de 82,5%. O número de ovos não eclodidos foi de 631, sendo o maior valor registrado na semana de 09/09 a 13/09, com 210 ovos não eclodidos, e o menor na semana de 02/09 a 06/09, com 50 ovos não eclodidos. A maior produtividade em termos de ovos coletados foi observada na semana de 09/09 a 13/09, com 1.160 ovos coletados e 950 eclodidos, enquanto a menor produtividade ocorreu na semana de 26/08 a 30/08, com 357 ovos coletados e 284 eclodidos.

Ao analisar as duas dietas, nota-se que a Dieta 1 (88,4% de emergência de adultos) superou a Dieta 2 (82,5% de emergência de adultos), o que aponta uma maior eficácia no desenvolvimento dos ovos. Apesar de com a Dieta 2 ter se alcançado uma quantidade total de ovos coletados semelhante à da Dieta 1, a quantidade de ovos que não eclodiram foi significativamente maior, indicando uma eficiência inferior em sustentar o desenvolvimento completo dos indivíduos.

Na avaliação da segunda geração, para a Dieta 1 o total de ovos coletados ao longo das seis semanas foi de 3.539, dos quais 3.141 eclodiram, resultando em uma taxa de emergência de aproximadamente 88,8%. O número total de ovos não eclodidos foi de 396, com a maior quantidade registrada na semana de 04/11 a 08/11 (130 ovos) e a menor na semana de 28/10 a 01/11 (34 ovos). A semana de maior produtividade foi a de 14/10 a 18/10, com 782 ovos coletados e 709 eclodidos, enquanto a semana de menor produtividade foi a de 04/11 a 08/11, com 467 ovos coletados e 337 eclodidos.

Em relação à Dieta 2, o total de ovos coletados foi de 3.290, com 2.937 ovos eclodidos, resultando em uma taxa de emergência de 89,3%. O número total de ovos não eclodidos foi de 353, com a maior quantidade registrada na semana de 28/10 a 01/11 (77 ovos) e a menor na semana de 30/09 a 04/10 (38 ovos). A maior produtividade em termos de ovos coletados e eclodidos foi observada na semana de 14/10 a 18/10, com 869 ovos coletados e 794 eclodidos, enquanto a menor produtividade ocorreu na semana de 04/11 a 08/11, com 360 ovos coletados e 304 eclodidos.

Comparando as dietas, observa-se que ambas apresentaram desempenho geral semelhante em relação à taxa de emergência, com a Dieta 2 levemente superior (89,3%) em comparação à Dieta 1 (88,8%). No entanto, a Dieta 1 resultou em um número total de ovos

coletados e eclodidos maior que a Dieta 2, destacando-se pela consistência nos números ao longo das semanas.

Ao analisar os ovos não eclodidos, a Dieta 1 apresentou maior número absoluto em algumas semanas, mas manteve uma taxa geral equilibrada devido ao maior número total de ovos coletados. Já com a Dieta 2, obteve-se uma menor variação no número de ovos não eclodidos ao longo das semanas, mas com produtividade levemente inferior em relação à Dieta 1 (Fig. 4).

Oviposição e Emergência - Dietas para adultos

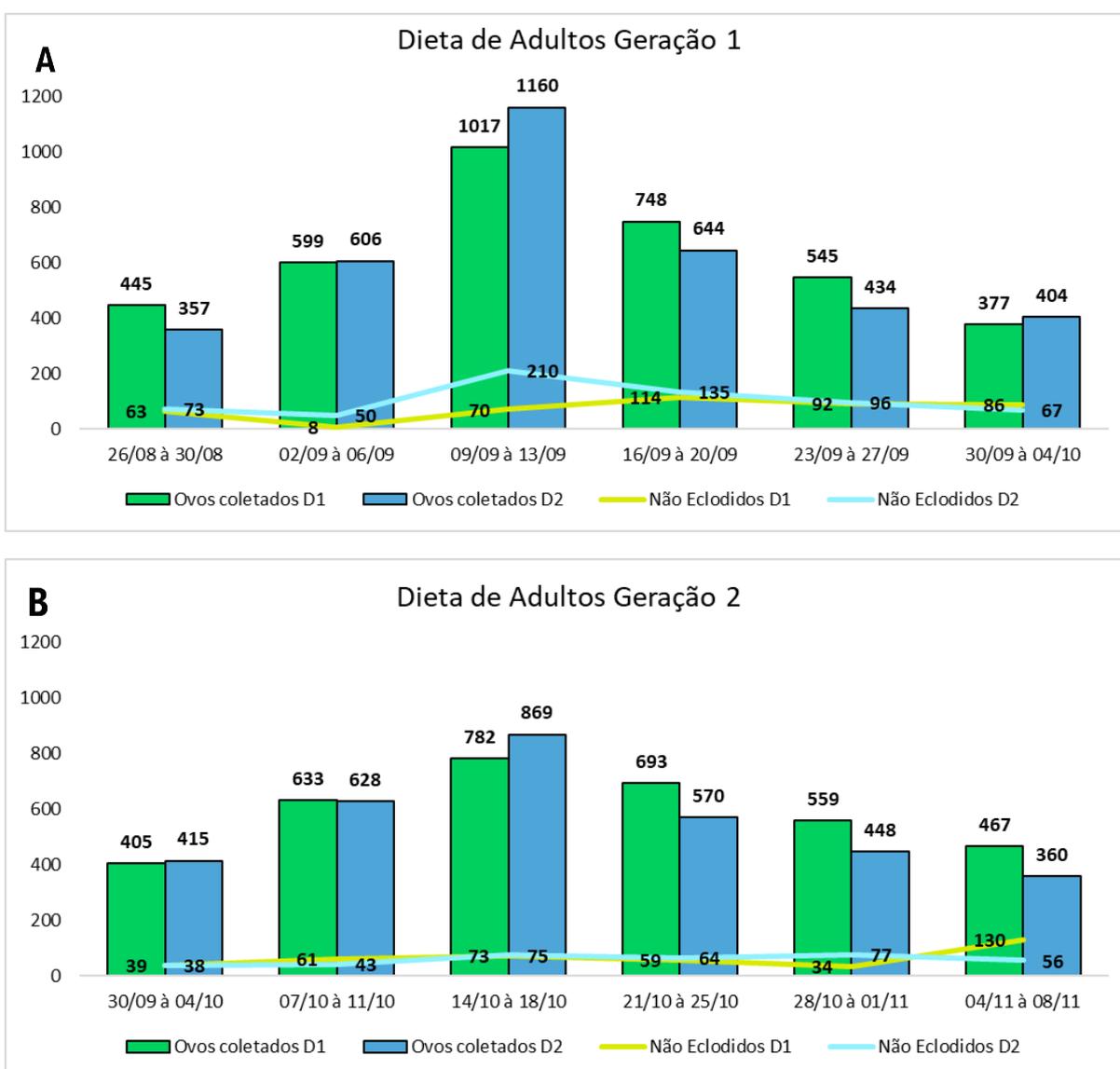


Figura 4. Representação do número total de ovos depositados e não eclodidos por adultos de *Ceratitis capitata* na primeira (A) e segunda (B) geração sob cultivo de diferentes dietas.

7.1.2. Razão Sexual

Quanto à razão sexual: a Dieta 1 teve um total de 3.298 indivíduos emergidos na primeira geração, sendo 1.706 fêmeas (51,7%) e 1.592 machos (48,3%). Já na segunda geração, o total foi de 3.141 indivíduos, dos quais 1.585 foram fêmeas (50,5%) e 1.556 foram machos (49,5%). Assim, observa-se uma ligeira predominância de fêmeas em ambas as gerações, com diferenças percentuais pequenas entre os sexos. No total combinado das duas gerações, o percentual de fêmeas foi de aproximadamente 51%, enquanto os machos representaram 49% (Fig. 5a).

Na Dieta 2, os números totais da primeira geração foram ligeiramente menores, com 2.974 emergidos, divididos em 1.441 fêmeas (48,4%) e 1.533 machos (51,6%). Na segunda geração, o total foi de 2.947 indivíduos, dos quais 1.539 foram fêmeas (52,2%) e 1.408 foram machos (47,8%). Apesar de os resultados da segunda geração indicarem uma leve predominância de fêmeas, os números totais das duas gerações combinadas mostram um equilíbrio entre os sexos, com 50% de fêmeas e 50% de machos emergidos (Fig. 5b).

Razão Sexual - Dieta para Adultos

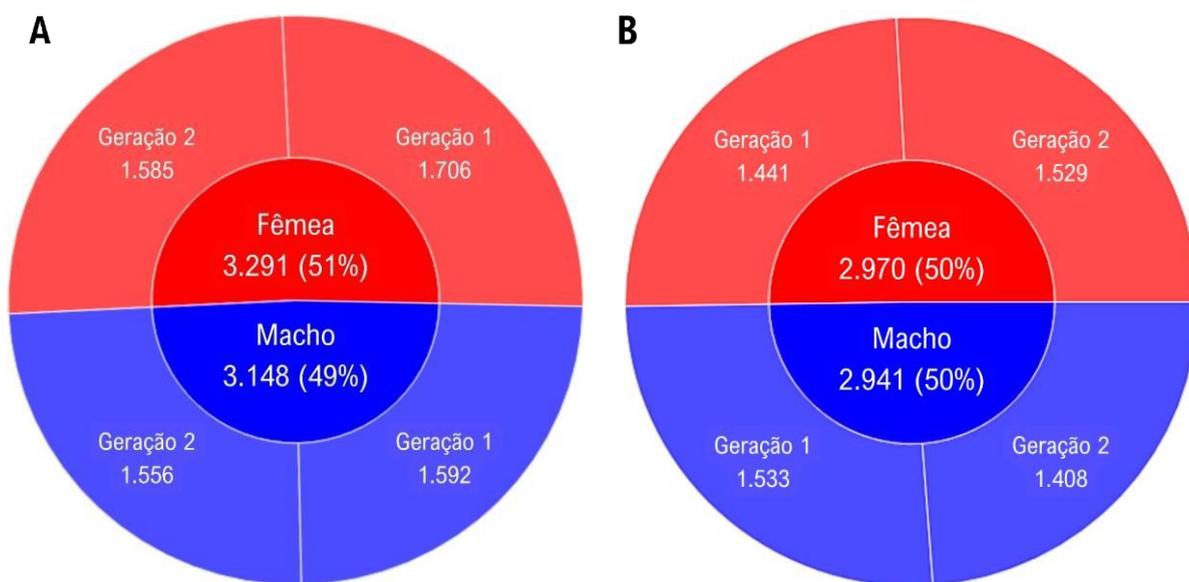


Figura 5. Proporção de machos e fêmeas emergidos de duas gerações de *Ceratitits capitata* (Dieta para adultos). O círculo central apresenta a porcentagem de machos e fêmeas considerando o total combinado de indivíduos de ambas as gerações.; nas frações mais externas do gráfico, os números indicam a quantidade total de indivíduos de cada sexo em cada geração: **Dieta 1(A)**: Geração 1 - 1.706 fêmeas e 1.592 machos; Geração 2 - 1.585 fêmeas e 1.556 machos. **Dieta 2 (B)**: Geração 1 - 1.441 fêmeas e 1.533 machos; Geração 2 - 1.539 fêmeas e 1.408 machos.

7.1.3. Peso das Pupas e Comprimento Larval

As pupas pesaram em sua grande maioria 0,01g. Também não foi observada nenhuma diferença significativa na dimensão de larvas emergidas do grupo de moscas adultas tratadas com a Dieta 1 em relação àquelas tratadas com Dieta 2, apresentando em média, respectivamente, 7,9 mm e 7,8 mm de comprimento (Fig. 6).

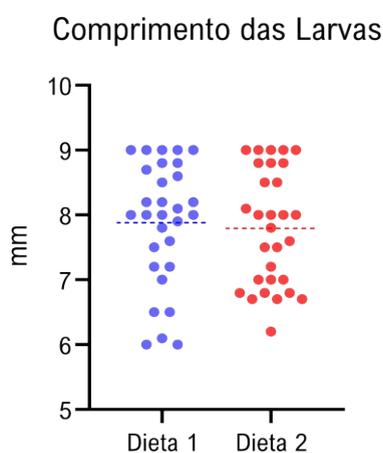


Figura 6. Dimensão de larvas de *Ceratitidis capitata* provenientes dos adultos mantidos sob a Dieta 1 e Dieta 2. A linha tracejada entre os valores individuais representa a média dos dados avaliados, de forma que não foi observada uma influência significativa de qualquer dieta na dimensão das larvas emergidas ($p = 0.05$).

7.2. Dieta para Larvas

7.2.1. Oviposição e Emergência

Os dados tanto da primeira, quanto da segunda geração de *Ceratitidis capitata* desenvolvidas em duas diferentes dietas larvais (Dieta Larval 1 - Nunes e Dieta Larval 2 - Nova) revelaram diferenças consideráveis nos números de ovos coletados, eclodidos e não eclodidos, destacando o impacto das dietas no desempenho reprodutivo e no desenvolvimento dos indivíduos.

Para a Dieta Larval 1 (NUNES *et al.*, 2013), o total de ovos coletados da primeira geração ao longo das seis semanas foi de 2.911, dos quais 2.438 eclodiram, resultando em

uma taxa de emergência de 83,7%. O número total de ovos não eclodidos foi de 473, com o maior valor registrado na semana de 30/09 a 04/10 (134 ovos) e o menor na semana de 02/09 a 06/09 (25 ovos). A maior produtividade em termos de ovos coletados e eclodidos foi observada na semana de 16/09 a 20/09, com 668 ovos coletados e 616 eclodidos. Em contrapartida, a semana de menor produtividade foi de 07/10 a 11/10, com 352 ovos coletados e 248 eclodidos.

Em relação à Dieta Larval 2 (Nova), o total de ovos coletados foi de 3.278, com 2.960 ovos eclodidos, resultando em uma taxa de emergência de 90,2%. O número total de ovos não eclodidos foi de 318, com o maior valor registrado na semana de 16/09 a 20/09 (120 ovos) e o menor na semana de 07/10 a 11/10 (25 ovos). A semana de maior produtividade foi de 16/09 a 20/09, com 876 ovos coletados e 756 eclodidos, enquanto a semana de menor produtividade foi de 02/09 a 06/09, com 334 ovos coletados e 296 eclodidos.

Na análise da segunda geração, para a Dieta Larval 1 (Nunes), o total de ovos coletados ao longo das seis semanas foi de 2.903, dos quais 2.406 eclodiram, resultando em uma taxa de emergência de 82,9%. O número total de ovos não eclodidos foi de 497, com o maior valor registrado na semana de 30/09 a 04/10 (158 ovos) e o menor na semana de 07/10 a 11/10 (46 ovos). A maior produtividade foi observada na semana de 14/10 a 18/10, com 648 ovos coletados e 572 eclodidos, enquanto a menor produtividade ocorreu na semana de 04/11 a 08/11, com 317 ovos coletados e 252 eclodidos.

Em relação à Dieta Larval 2 (Nova), o total de ovos coletados foi de 3.134, dos quais 2.919 eclodiram, resultando em uma taxa de emergência de 93,1%. O número total de ovos não eclodidos foi de 215, com o maior valor registrado na semana de 21/10 a 25/10 (52 ovos) e o menor na semana de 30/09 a 04/10 (17 ovos). A maior produtividade foi registrada na semana de 14/10 a 18/10, com 806 ovos coletados e 757 eclodidos, enquanto a menor produtividade ocorreu na semana de 30/09 a 04/10, com 295 ovos coletados e 278 eclodidos.

Comparando as dietas, a Dieta Larval 2 (Nova) manteve sua superioridade em relação à Dieta Larval 1 (Nunes) em ambas as gerações, apresentando maior número total de ovos coletados e eclodidos, bem como uma taxa de emergência superior (91,6% contra 83,3% considerando as duas gerações), que também mostrou-se estatisticamente significativa (p - value

= 0,0044), resultando 80.73333 para DL1 e 97.8333 para DL2. Além disso, a Dieta

Nova mostrou maior consistência nos números semanais, com menores valores de ovos não eclodidos, o que indica maior eficiência no suporte ao desenvolvimento larval (Fig. 7).

Oviposição e Emergência - Dietas para Larvas

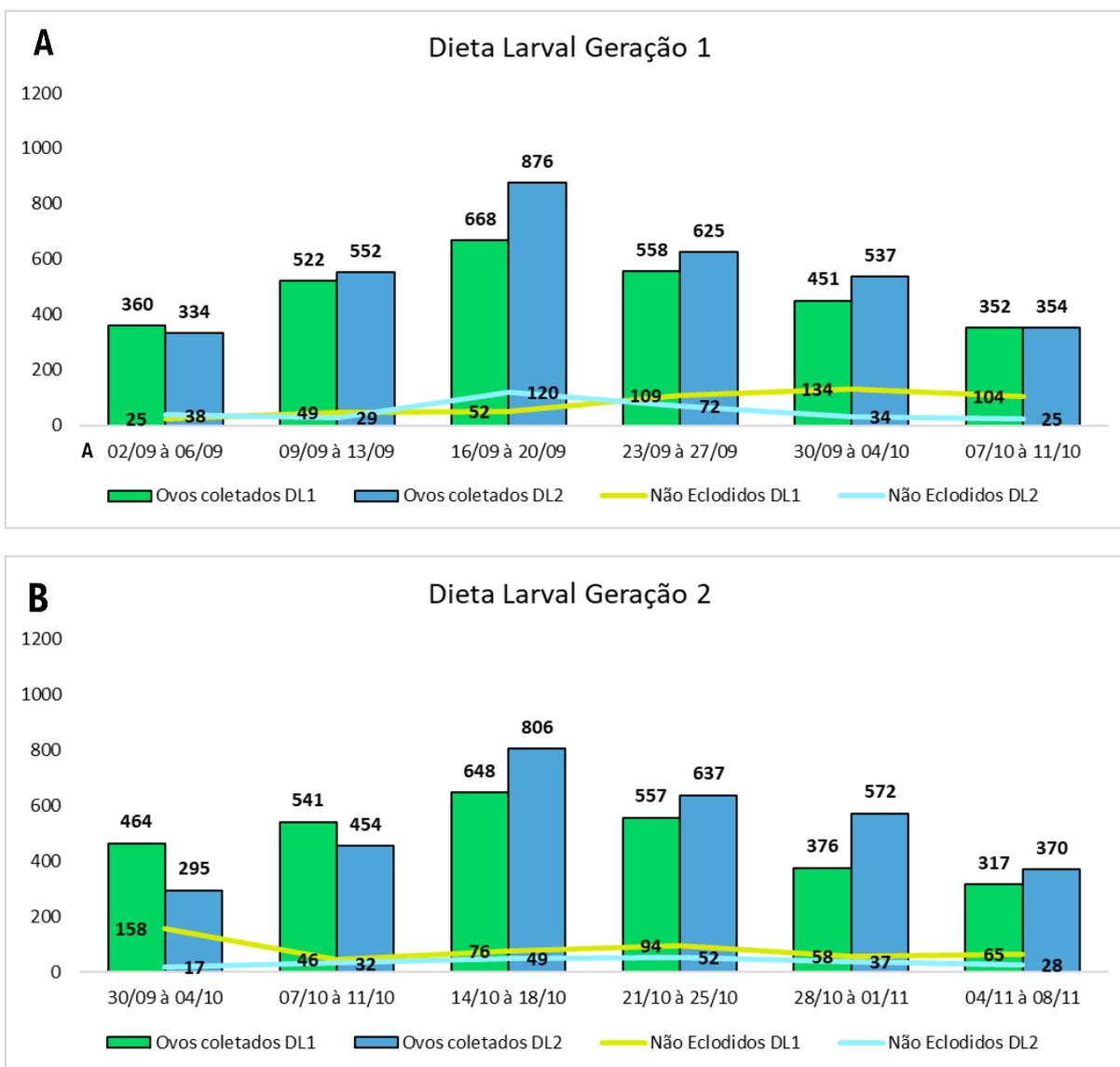


Figura 7. Representação do número total de ovos depositados conforme dieta oferecida para larvas *Ceratitis capitata* na primeira (A) e segunda (B) geração.

7.2.2. Razão Sexual

Na Dieta de Nunes, a Geração 1 apresentou 1.329 fêmeas (55%) e 1.109 machos (45%), totalizando 2.438 indivíduos. Já na Geração 2, foram registrados 1.349 fêmeas (55%)

e 1.057 machos (45%), com um total de 2.406 indivíduos. Assim, a razão sexual manteve-se constante em ambas as gerações, com uma leve predominância de fêmeas (55%), refletindo uma estabilidade no desenvolvimento sob essa dieta (Fig. 8a).

Na Dieta Nova, os números gerais foram ligeiramente superiores em ambas as gerações. Na Geração 1, foram emergidos 1.554 fêmeas (53%) e 1.406 machos (47%), totalizando 2.960 indivíduos. Na Geração 2, o total foi ainda maior, com 1.614 fêmeas (55%) e 1.305 machos (45%), perfazendo 2.919 indivíduos. A proporção de fêmeas na Dieta Nova também predominou em ambas as gerações, embora na Geração 1 a diferença tenha sido menor (53% de fêmeas, comparado a 54% na Geração 2) (Fig. 8b).

Para a razão sexual de fêmeas e machos houve diferença significativa a 5% de significância entre as dietas, sendo para fêmeas p-valor: 0,04055 resultando em 44.63333 para DL1 e 52.8 para DL2. Para machos p-valor: 0,009 resultando em 36.1 para DL1 e 45.18333 para DL2.

Ao comparar as duas dietas, observa-se que a Dieta Nova resultou em um maior número absoluto de indivíduos emergidos em ambas as gerações, enquanto a Dieta de Nunes apresentou proporções de razão sexual mais consistentes entre as gerações (55% fêmeas e 45% machos em ambas). A Dieta Nova mostrou um leve aumento na proporção de fêmeas na transição entre as gerações, sugerindo diferenças no impacto das condições dietéticas no desenvolvimento sexual. Esses resultados podem refletir diferenças qualitativas e quantitativas nos nutrientes disponíveis em cada dieta e seus efeitos no desenvolvimento de machos e fêmeas.

Razão Sexual - Dieta para Larvas

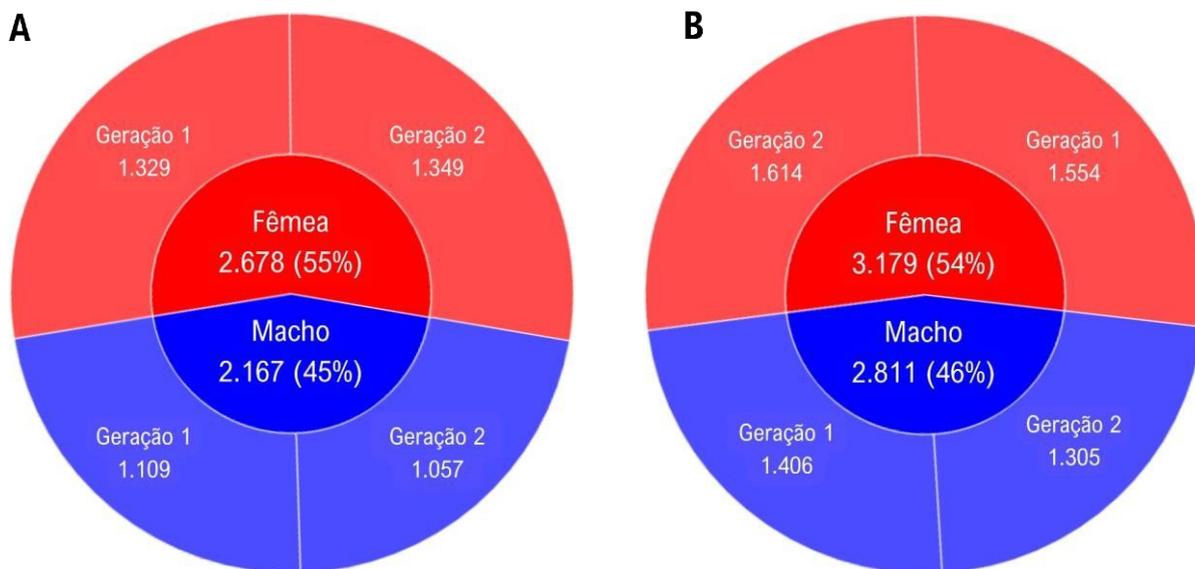


Figura 8. Proporção de machos e fêmeas emergidos de duas gerações de *Ceratitits capitata* (Dieta para larvas). O círculo central apresenta a porcentagem de machos e fêmeas considerando o total combinado de indivíduos de ambas as gerações; nas frações mais externas do gráfico, os números indicam a quantidade total de indivíduos de cada sexo em cada geração: **Dieta Nunes (A)**: Geração 1 - 1.329 fêmeas e 1.109 machos; Geração 2 - 1.349 fêmeas e 1.057 machos. **Dieta Nova (B)**: Geração 1 - 1.554 fêmeas e 1.406 machos; Geração 2 - 1.614 fêmeas e 1.305 machos.

7.2.3. Peso das pupas e Comprimento Larval

As larvas pesaram em sua grande maioria 0,01g. Não foi constatada nenhuma diferença significativa na dimensão de larvas tratadas com a DL1 (Dieta Nunes) em relação às tratadas com DL2 (Dieta Nova) (Fig. 9).

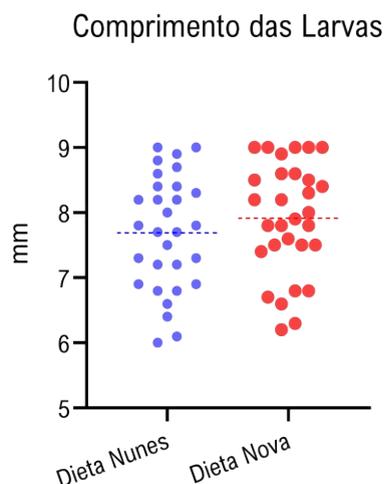


Figura 9. Dimensão de larvas de *Ceratitidis capitata* emergidas quando mantidas (em estágio larval) sob a “Dieta Nunes” e “Dieta Nova”. A linha tracejada entre os valores individuais representa a média dos dados avaliados, de forma que não foi observada uma influência significativa de qualquer dieta na dimensão das larvas emergidas ($p = 0.05$).

8. DISCUSSÃO

As dietas destinadas aos adultos de *C. capitata* apresentaram desempenho semelhante em termos de número de ovos depositados e taxa de emergência, com uma leve superioridade da Dieta 1. Apesar dessa vantagem, a diferença não foi estatisticamente significativa, e ambas as dietas mostraram-se viáveis para uso prático. Além disso, a razão sexual entre as dietas para adultos foi equilibrada, sugerindo que a composição nutricional para essa fase não interferiu no balanço sexual dos indivíduos emergidos. Esses resultados reforçam a necessidade de considerar o estágio de desenvolvimento ao formular dietas artificiais, uma vez que os requisitos nutricionais de larvas e adultos diferem substancialmente.

Outras características analisadas que não apresentaram mudança mesmo sob diferentes dietas foram peso e comprimento das larvas, similares em todos os grupos avaliados. Sabe-se que fêmeas e machos adultos de *C. capitata* alimentados, na fase larval, com dietas contendo maior quantidade de proteína são significativamente maiores quando comparados a adultos criados com menor quantidade desse nutriente (ANJOS-DUARTE *et al.*, 2011; SILVA NETO *et al.*, 2012). É conhecido também que a nutrição da espécie durante a fase larval influencia a taxa de sobrevivência, tamanho e sucesso reprodutivo dos adultos (ALONSO-GÓMEZ *et al.*,

2022). Assim, a escolha de uma fonte de proteína adequada para a formulação de dietas para moscas-das-frutas é um fator chave para o sucesso da criação em massa. Todos esses fatores conferem uma nova perspectiva sobre os resultados obtidos na “Dieta Nova”, consideravelmente superior à “Dieta Nunes” tanto em oviposição quanto em emergência.

Discutindo outro elemento dos resultados obtidos: embora a maioria dos estudos sobre a reprodução de *C. capitata* não enfoque diretamente na influência da dieta na razão sexual, diferentes trabalhos indicam que a composição alimentar pode exercer impacto significativo nesse aspecto, especialmente dentro do grupo de espécies de "moscas-das-frutas". Em estudo conduzido por Darshini *et al.* (2024), foi constatado que para *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830), a proporção de proteínas em relação aos carboidratos na dieta desempenha papel central na variação da razão sexual.

Foi observado que dietas predominantemente compostas por carboidratos favorecem a maior emergência de fêmeas, enquanto dietas com maior teor proteico resultam em um equilíbrio mais próximo entre machos e fêmeas. Além disso, a presença de prebióticos na dieta revelou-se outro fator relevante, promovendo uma maior emergência de machos (SHRESTA & KRISHNA, 2023). Considerando o desequilíbrio na razão sexual identificado nas dietas larvais avaliadas, uma abordagem futura promissora seria o reajuste dos componentes nutricionais, com atenção especial à relação entre carboidratos e proteínas, bem como à inclusão de prebióticos, visando alcançar um equilíbrio mais adequado na razão sexual dos indivíduos emergidos.

Por fim, também é necessário mencionar que a viabilidade econômica das dietas é um ponto crucial para a produção massal da espécie, tornando essencial a elaboração de dietas de baixo custo e de fácil obtenção de matéria-prima, sem comprometer a qualidade dos indivíduos emergidos. Diversas dietas artificiais para a criação de larvas e adultos de *C. capitata* foram desenvolvidas para atender tanto às necessidades nutricionais quanto ao baixo custo de produção. As dietas mais comumente utilizadas para a criação de larvas são baseadas em extrato de levedura ou soja como fontes de proteína, assim como farelo de soja ou aveia, que também são fontes ricas em carboidratos (COSTA *et al.*, 2017). Além disso, o uso de dietas artificiais eficazes na criação de *C. capitata*, somada à promoção do controle biológico, têm o potencial de reduzir significativamente os impactos ambientais negativos das práticas convencionais de controle de pragas, reduzindo significativamente o uso de pesticidas no

manejo destas. Essa mudança de paradigma também promove a preservação dos recursos naturais, alinhando-se às diretrizes de sustentabilidade e segurança alimentar. A Dieta de adulto 2 (D2) ao demonstrar eficácia estatisticamente equivalente a Dieta de adulto 1 (D1) e sendo mais viável economicamente, apresenta-se como uma alternativa promissora visto o atendimento de uma das prioridades mais urgentes em instalações de criação em massa de moscas-das-frutas em todo o mundo (OROZCO-DÁVILA *et al.*,2017).

Ajustes nutricionais e a incorporação de outros elementos na composição das dietas desenvolvidas devem ser exploradas em futuras pesquisas, de forma a otimizar a oviposição, emergência e equilíbrio na razão sexual da espécie quando cultivada em diferentes períodos do seu ciclo de vida, além de considerar também, junto a avaliação da efetividade das dietas, sua aplicabilidade e viabilidade econômica.

9. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo forneceram insights importantes sobre o impacto de diferentes dietas artificiais no desenvolvimento, oviposição e taxa de emergência de *Ceratitis capitata*, contribuindo para o aprimoramento de técnicas de criação massiva em laboratório desta espécie que hoje representa uma das, senão a espécie-praga mais relevante globalmente. As dietas testadas, abordando diferentes fases do ciclo de vida da espécie, demonstraram desempenhos variados, com diferenças significativas em parâmetros cruciais, como o número de ovos coletados, taxa de emergência, proporção sexual e viabilidade econômica.

O estudo também destacou a importância de ajustes nutricionais, como a relação adequada entre proteínas e carboidratos e sua influência nos parâmetros avaliados no estudo, o que abre um leque de possibilidades a serem exploradas no futuro.

De forma geral, os resultados obtidos reforçam a relevância de estudos sobre dietas artificiais para a *C. capitata*, contribuindo para o avanço de práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes. A implementação dessas dietas em biofábricas e laboratórios pode representar um importante passo para a redução do uso de pesticidas, a preservação da biodiversidade e a segurança alimentar, alinhando-se aos objetivos de uma agricultura sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABD-ELGAWAD, M. M. M. **The Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae), a Key Pest of Citrus in Egypt.** *Journal of Integrated Pest Management*, v. 12, n. 1, 1 jan. 2021.
- ACIOLI, A. N. S. *et al.* **March to the North: *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera, Tephritidae) reaches Manaus, state of Amazonas, Brazil.** *Entomological Communications*, v. 6, p. ec06015, 24 jun. 2024.
- ALONSO-GÓMEZ, SERGIO; PALESTINA-CANALES, MARIO; ALONSO-GÓMEZ, JOSÉ; ABURTO-ESPINOSA, LORENA; IBARRA-JIMÉNEZ, MARTHA; GONZÁLEZ-CASTRO, MYRIAM. **Development and improvement of an artificial diet for the mass rearing of *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae): a key tool for integrated pest management programs.** *Basic and Applied Zoology*, [S. l.], v. 87, n. 1, p. 1-8, 2022.
- ANJOS-DUARTE, C. S.; COSTA, A. M.; JOACHIMBRAVO, I. S. **Influence of female age on variation of mate choice behavior in mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae).** *Journal of Insect Behavior*, New York, v. 24, n. 1, p. 11-21, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS – **Abrafrutas. Painéis de Produção.** Disponível em: abrafrutas.org/paineis-de-producao/. Acesso em: 28 nov. 2024.
- BRASIL. **Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras.** Ministério da Agricultura. Disponível em: www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras. Acesso em: 20 nov. 2024.
- COSMO, Bruno Marcos Nunes; GALERIANI, Tatiani Mayara. **Pragas dos citros: cochonilhas, pulgões, minador dos citros, cigarrinhas, bicho furão e mosca branca dos citros.** *Revista Agronomia Brasileira*, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2020.
- COSTA, D. R. da; LEITE, S. A.; RIBEIRO, A. E. L.; JOACHIM-BRAVO, I. S.; MOREIRA, A. A.; CASTELLANI, M. A. **Comparison of diets for rearing the larvae of**

Mediterranean fruit fly: nutritional and economic aspects. Semina: Ciências Agrárias, v. 38, n. 6, p. 3445, 23 nov. 2017.

COSTA, J. V. T. A.; SOUSA, M. do S. M. de; SOUZA-FILHO, M. F. de; MATOS, A. K. B. T; BRITO, C. F.; COSTA, M. D.; ADAIME, R. ***Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) no estado do Amapá, Brasil: registro de entrada e pressupostos para o seu não estabelecimento.** *Research, Society and Development*, v. 11, n. 10, p. e291111032879, 1 ago. 2022.

DARSHINI, M.; KASHYAP, M. D.; HARSHITHA, S.; NAVEENASHREE, N.; PURUSHOTHAM, M. R.; DARSHAN, B. K.; KRISHNA, M. S. **The effect of the whey protein supplement on the sex ratio in *Drosophila melanogaster*.** *International Journal of Science and Research Archive*, v. 12, n. 2, p. 228–232, 2024.

FAO, 2019. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). **The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction.** Roma: FAO. 2019.

GRAVENA, Santin. **História do controle de pragas na citricultura brasileira.** *Citrus Research & Technology*, v. 32, n. 2, p. 85-92, 2017.

JURENKO, J. M.; FRANÇA, F. M. **Ovipoosição e desenvolvimento embrionário em insetos fitófagos.** *Revista Brasileira de Entomologia*, 58(2), 141-152. 2014.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; ADAIME, R.; NAVA, D. E. **Moscas-das-frutas no Brasil: conhecimento básico e aplicado.** Piracicaba: FEALQ, 2023.

NUNES, A. M.; COSTA, K. Z.; FAGGIONI, K. M.; COSTA, M. L. Z.; GONÇALVES, R. S.; WALDER, J. M. M.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. **Dietas artificiais para a criação de larvas e adultos da mosca-das-frutas sul-americana.** *Pesq. Agropec. bras.*, v.48, n.10, p.1309-1314. 2013.

OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. **Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture.** *Crop Protection*, Volume 56, 2014, Pages 50-54, ISSN 0261-2194.

OROZCO-DÁVILA, D.; QUINTERO, L.; HERNÁNDEZ, E.; SOLÍS, E.; ARTIAGA, T.; HERNÁNDEZ, R.; ORTEGA, C.; MONTOYA, P. **Mass rearing and sterile insect releases for the control of *Anastrepha* spp. pests in Mexico**—A review. *Entomol. Exp. Appl.* 2017, 164, 176–187.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

PARANHOS, B. A. J.; NASCIMENTO, A.; WALDER, J. M. M. **Controle Biológico de moscas-das-frutas**. Embrapa Semiárido. 2009.

PERES, A. R., Lapera, C. A. I., Rosa, M. E., Franco, A. A., & Pinotti, C. R. (2013). **Estabelecimento da criação de lepidópteros-praga em dieta artificial**. *Revista Cultura Agronômica*, 22(1), 47-56.

PLÁCIDO-SILVA, M. C.; ZUCOLOTO, F. S.; JOACHIM-BRAVO, I. S. **Influence of protein on feeding behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae): comparison between immature males and females**. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 34, n. 4, p. 539-545, 2005.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2. ed. rev. e ampl. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2024.

SHRESTA, C. M. S.; KRISHNA, M. S. **Effect of prebiotics supplement on sex ratio in *Drosophila melanogaster***. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, v. 10, n. 9, 2023.

SILVA NETO, A. M. da; SANTOS, T. R. de O.; DIAS, V. S.; JOACHIM-BRAVO, I. S.; BENEVIDES, L. de J.; BENEVIDES, C. M. de J.; SILVA, M. V. L.; SANTOS, D. C. C. dos; VIRGÍNIO, J.; OLIVEIRA, G. B.; WALDER, J. M. M.; PARANHOS, B. A. J.; NASCIMENTO, A. S. do. **Massrearing of Mediterranean fruit fly using low-cost yeast products produced in Brazil**. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 69, n. 6, p. 364-369, 2012.

SOUSA, E. M. D., LOUZEIRO, L. R. F., & RAGA, A. (2020). **Ovipositional behaviour of two fruit flies, *Ceratitis capitata* and *Anastrepha fraterculus*, in seven fruit hosts in the laboratory.** *Annual Research & Review in Biology*, 35(11), 93-102.

VALICENTE, F. H. **Controle biológico de pragas com entomopatógenos.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.30, n.251, p.48-55. 2009.