



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RENATA DA SILVA LEANDRO**

**LETALIDADE DE *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN)  
(DIPTERA:TEPHRITIDAE) SUBMETIDA A DIFERENTES EXTRATOS  
VEGETAIS**

**AREIA, PB  
2019**

**RENATA DA SILVA LEANDRO**

**LETALIDADE DE *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN)  
(DIPTERA:TEPHRITIDAE) SUBMETIDA A DIFERENTES EXTRATOS  
VEGETAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezsrski.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros.

Areia, PB  
Fevereiro de 2019

**Catálogo na publicação Seção de  
Catálogo e Classificação**

L4371 Leandro, Renata da Silva.

Letalidade de *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN)  
(DIPTERA :TEPHRITIDAE) submetida a diferentes extratos  
vegetais / Renata da Silva Leandro. - Areia, 2019.

41 f. : il.

Orientação: Gleidyane Novais Lopes Mielezrski. Coorientação:  
Marcos Barros de Medeiros.

Tese (Doutorado)- UFPB/CCA.

1. Extratos vegetais; bioinseticida; moscas-das-fruta.  
I. Mielezrski, Gleidyane Novais Lopes. II. Medeiros, Marcos  
Barros de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

**RENATA DA SILVA LEANDRO**

**LETALIDADE DE *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN) (DIPTERA:TEPHRITIDAE)  
SUBMETIDA A DIFERENTES EXTRATOS VEGETAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Aprovada em: 28 / 02 / 2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski (*Orientadora*)  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



---

Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros (*Coorientador*)  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



---

Prof. Dr. Carlos Henrique de Brito (*Membro Interno*)  
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



---

Prof. Dr. Carlos Arnonio Belarmino Alves (*Membro Externo*)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Dr. Felipe Hugo Alencar Fernandes (*Membro Externo*)  
Faculdade de Ciências Sociais Aplicada (UNIFACISA)

Data da realização: 28 de Fevereiro de 2019.

Presidente da Comissão Examinadora  
Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski  
(Orientadora)

***Dedico***  
*Ao meu filho, Caio Daudt, todo meu amor!*

## AGRADECIMENTOS

AGRADECER, ato de manifestar gratidão, reconhecer o significado das pessoas em nossa trajetória.

Obrigada meu Deus por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente em meio a tantas dificuldades.

Aos meus pais agradeço pela educação que me deram, me ensinaram com o exemplo, que, acima de tudo, é preciso ter respeito pelas outras pessoas. Mesmo sem compreender o que acontecia foi minha fortaleza, a paz que só encontro em vocês. Amo incondicionalmente!

Caio filho, eu te agradeço por tua existência em minha vida, sem dúvidas tu és minha maior motivação. Presente de Deus!

Aos irmãos e cunhadas pela compreensão nos momentos em que estive ausente.

À Enzo Gabriel, meu sobrinho por tornar meus dias mais leves, provocar o riso mais espontâneo, minha necessidade diária de amor! Tia AMA.

À Monalisa, amizade tranquila que tornou meus dias mais alegres, sua contribuição neste trabalho foi de grande valia. Mona, muito obrigada pela sua amizade!

As alunas e amigas da clínica fitossanitária da UFPB campus Bananeiras, Nadiane, Letícia, Mara, Isabel e Waldilene agradeço a partilha e o verdadeiro espírito de companheirismo, nos ajudamos mutuamente.

Obrigada aos alunos e amigos do laboratório de zoologia de invertebrados UFPB campus II; Joálisson, Kennedy e Angélica obrigada por me ceder as moscas para o início da criação e pelas dicas valiosas durante o experimento.

À Robério e Seu Nino pela acolhida sempre regrada de muito carinho quando chegava ao Len, minha eterna gratidão!

À prof. Ana Cláudia e Felipe coordenadores do LABDEM-UEPB, obrigada por toda ajuda.

Ao professor Leonardo Pascoal, coordenador do laboratório do PPGTA, por permitir executar as análises de polifenóis.

À Marcelo Sobral, coordenador do CBIOTEC-UFPB campus I, por permitir que participasse das análises da cromatografia líquida. A Yuri, agradeço o incentivo, desprendimento em me ajudar e pelas dicas valiosas. Vocês foram maravilhosos!

Aos técnicos, Oziel, Ulisses, Simone e thatiane, UFPB-campus III muito obrigada pelo zelo e dedicação prestados a mim todas as vezes que precisei de vocês.

Aos meus orientadores por tornar a caminhada mais suave com seus ensinamentos. Marcos, pela confiança, por me permitir desenvolver este trabalho, sempre disposto a me ajudar e principalmente por sua amizade. À Gleidyane, por compreender minhas limitações, tenho certeza que ela sabe da importância que teve e tem pra mim. Agradeço aos dois e registro aqui minha admiração por vocês.

### **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Meu agradecimento mais profundo só poderia ser dedicado a uma pessoa: Eduardo Barbosa Beserra (*in memoriam*). Agradeço por sempre ter me tratado com respeito e igualdade. Faz falta sua presença, seu incentivo e confiança. Meu exemplo de Pesquisador, Orientador, eterno professor e AMIGO.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Espécies botânicas utilizadas na obtenção dos extratos vegetais hidroetanólicos para o estudo da letalidade em *C. capitata* 19

**Tabela 2.** Média ( $\pm$  desvio padrão) do conteúdo biodisponível de polifenóis por extratos expressos em mg equivalentes de ácido gálico (EAG). CV: Coeficiente de variação 22

**Tabela 3.** Toxicidade de extratos hidroetanólicos expressos em proporção de mortalidade (%) de larvas de *C. capitata*. 24

**Tabela 4.** Letalidade de extratos hidroetanólicos sobre pupas de *C. capitata*. 26

**Tabela 5.** Análise total da cromatografia por LC-MS/MS dos extratos pitanga [*Eugenia uniflora*] (1); cravo [*Syzygium aromaticum*] (2) e hortelã-da-folha-miúda [*Mentha villosa*] (3).  
27



## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Criação de *C. capitata*. (A) Gaiola semitrapezoidal; (B) Alimentação da larvas a base de uma dieta artificial; (C) Pupas acondicionadas em areia esterilizadas; (D) Adulto dentro da gaiola. 19

**Figura 2.** Procedimentos de coleta e extração das espécies vegetais. (A) Local na UFPB/Bananeiras onde foram coletadas as espécies vegetais; (B) Seleção das folhas para a extração; (C) Extratos hidroetanólicos 21

**Figura 3.** Mortalidade média (%) de larvas L3 de *C. capitata* submetidas a diferentes vegetai. 25

**Figura 4.** Proporção de Pupas inviáveis (%) após oito dias da aplicação dos extratos hidroetanólicos. 27

## SUMÁRIO

<b>Resumo.....</b>	<b>09</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>11</b>
<b>2. Referencial teórico.....</b>	<b>13</b>
2.1 <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae).....	13
2.2 Estratégias sustentáveis no controle e manejo de <i>C. capitata</i> .....	14
2.3 Bioinseticidas: extratos vegetais	16
<b>3. Materiais e Métodos</b>	<b>18</b>
3.1 Criação de <i>C. capitata</i>	18
3.2 Escolha, preparação dos extratos hidroetanólicos e determinação de polifenóis	19
3.2.1 Escolha das espécies vegetais e preparação dos extratos	19
3.2.2 Determinação de fenóis totais pelo método de Folin Ciocalteu	21
3.3 Delineamento experimental	22
3.4 Impressão digital por cromatografia líquida (LC) acoplados com espectrometria de massa (MS/MS).....	22
3.5 Análises estatísticas	23
<b>4. Resultados</b>	<b>24</b>
4.1 Biodisponibilidade de polifenóis nos extratos vegetais	24
4.2 Experimento 1: Atividade inseticida dos extratos hidroetanólicos sobre as larvas	24
4.3 Experimento 2: Atividade inseticida dos extratos hidroetanólicos sobre as pupas	27
4.4 Perfil fenólico dos principais extratos vegetais	30
<b>5. Discussão</b>	<b>31</b>
<b>6. Conclusões</b>	<b>34</b>
<b>7. Referências</b>	<b>35</b>
1.2	

LEANDRO, R. S. **Letalidade de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae) submetida a diferentes extratos vegetais.** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Fev. 2019, 41p. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientadores: Profa. Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski e Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros

**RESUMO:** A busca por descobrir espécies vegetais e isolar seus componentes ativos com propriedades inseticidas contra insetos-praga, como as moscas-das-frutas, estão recebendo considerável atenção em todo o mundo, por gerar mínimos impactos ambientais e aos seres vivos em comparação ao uso de inseticidas químicos. Dessa forma, este estudo objetivou avaliar a letalidade de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera:Tephritidae) submetida a diferentes extratos vegetais. Dez extratos hidroetanólicos (*S. terebinthifolia*, *M. officinalis*, *S. aromaticum*, *P. guajava*, *P. amboinicus*, *M. villosa*, *C. sinensis*, *A. heterophyllus*, *M. citrifolia* e *E. uniflora*) foram preparados com folhas frescas na proporção de 30% p/v (peso do vegetal/volume de etanol 70%). A avaliação inseticida dos extratos hidroetanólicos foi investigada em dois ensaios, nos quais avaliaram-se o efeito dos extratos sobre a fase larval (L3) e sobre as pupas de *C. capitata*. Os experimentos foram realizados com dez tratamentos (extratos vegetais hidroetanólicos) em diferentes proporções (30%; 15%; 7,50%; 3,75%; 1,87%; 0,93%, 0% - um controle com etanol e outro com água), os quais foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Dez larvas ou pupas foram colocadas em um copo plástico e umedecidas em 1 mL das porções dos extratos nos respectivos tratamentos. A avaliação foi realizada a cada 24 horas durante três dias para larvas; enquanto as pupas, após serem submetidas aos tratamentos, foram acondicionadas por oito dias (desenvolvimento pupal) e, decorrido esse tempo, as avaliações foram feitas a cada 24 horas por oito dias. Entre os extratos testados, apenas os extratos etonólicos *S. aromaticum*, *P. guajava* e *E. uniflora* obtiveram os maiores teores de polifenóis. Somente os extratos vegetais de *M. villosa*, *E. uniflora*, *P. amboinicus* e *S. terebinthifolia* tiveram efeito inseticida superior a 80% sobre as larvas L3 de *C. capitata*. Enquanto na fase de pupa, apenas *S. aromaticum* e *E. uniflora* reduziram em mais de 90% a viabilidade pupal. Os extratos que registraram maiores respostas inseticidas contra as fases imaturas de *C. capitata* foram *S. aromaticum*, *E. uniflora* e *M. villosa*. Cujos principais componentes bioativos foram o ácido rosmarínico e luteolin7-O-rutinoside para *M. villosa*, os derivados de miricetina glicosilada e quercetina para *E. uniflora* e isohamnetin, gicose digalloyl (glucogalin), isobiflorin, biflorin e kaempferol para o *S. aromaticum*. Essas descobertas ampliam o número de extratos eficazes contra *C. capitata* e fornecem novas evidências sobre os principais compostos bioativos atuantes nessa atividade inseticida.

**Palavras-chaves:** Extratos vegetais; bioinseticida; moscas-das-frutas

LEANDRO, R. S. **Lethality of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) submitted to different plant extracts** Areia-PB, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Feb. 2019, 41p. Thesis (Thesis in Agronomy). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Advisors: Dra. Gleidyane Novais Lopes Mielezrski and Prof. Dr. Marcos Barros de Medeiros

**ABSTRACT:** The search for discovering plant species and isolating their active components with insecticidal properties against insects plagues, such as fruit flies, are receiving considerable attention worldwide, as they generate minimal environmental and living impacts compared to use of chemical insecticides. Thus, this study aimed to establish Lethality of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) submitted to different plant extracts. Hydroethanolic extracts (*S. terebinthifolia*, *M. officinalis*, *S. aromaticus*, *P. guajava*, *P. amboinicus*, *M. villosa*, *C. sinensis*, *A. heterophyllus* *M. citrifolia* e *E. uniflora*) were prepared with 30% w / v fresh leaves (plant weight / 70% ethanol volume). The insecticidal evaluation of the hydroethanolic extracts was investigated in two trials, in which the effect of the extracts on the larval stage (L3) and on the pupae of *C. capitata* were evaluated. The experiments were performed with ten treatments (hydroethanolic vegetable extracts) in different proportions (30%, 15%, 7,50%, 3,75%, 1,87%, 0,93%, 0% - one control with ethanol and another with water). Which were conducted in a completely randomized design with four replications. Ten larvae or pupae were placed in a plastic cup and moistened in 1 mL of the portions of the extracts in the respective treatments. The evaluation was performed every 24 hours for three days for larvae; and the pupae, after being submitted to the treatments, were conditioned for eight days (pupal development) and, after that time, the evaluations were done every 24 hours for eight days. Our results show that hydroethanolic extracts of *S. aromaticum*, *P. guajava* and *E. uniflora* obtained the highest levels of polyphenols. However, for larval phase L3 only the leaf extracts of *M. villosa*, *E. uniflora*, *P. amboinicus* and *S. terebinthifolia* had insecticidal effect higher than 80% on the larvae of *C. capitata*. Whereas in the pupa phase of this insect, only the blackhead *S. aromaticum* and *E. uniflora* reduced the pupal development by more than 90%. The extracts that registered the greatest insecticidal response against the immature phases of *C. capitata* were *S. aromaticum*, *E. uniflora* and *M. villosa*. The main bioactive components were rosmarinic acid and luteolin7-O-rutinoside for *M. villosa*, the derivatives of glycosylated myricetin and quercetin for *E. uniflora* and isohamnetin, galose digalloyl (glucogalin), isobiflorin, biflorin and kaempferol for *S. aromaticum*. These findings increase the number of effective extracts against *C. capitata* and provide new evidence on the major bioactive compounds active in this insecticidal activity.

**Keywords:** Plant extracts; bioinseticide, fruit flies

## 1. INTRODUÇÃO

*Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) é considerada uma das principais espécies-praga na fruticultura mundial (KIBIRA et al., 2010). As moscas-das-frutas reduzem a produtividade e qualidade dos frutos através da oviposição pela fêmea e desenvolvimento larval no interior dos frutos. Essas larvas se alimentam da polpa dos frutos e com isso facilitam a entrada de organismos saprófitos, provocando a queda prematura dos frutos, inviabilizando-os para consumo *in natura*. Esses insetos, por sua vez, causam danos diretos a importantes culturas de exportação, com perdas entre 40% a 80% da produção dependendo da localidade, variedade e estação do ano (KIBIRA et al., 2010). A presença da espécie nos frutos limita o acesso aos mercados internacionais decorrentes das barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores e ao processamento para o mercado de frutas frescas (KORIR et al. 2015; SILVA et al., 2015).

O manejo e controle das populações de *C. capitata* é tradicionalmente realizado por meio de pulverizações de inseticidas químicos, seja por métodos de iscas (inseticidas misturados com um atrativo) ou em spray de cobertura (ROS et al., 2002). Tais aplicações contaminam os alimentos agrícolas, impactam o ambiente, atingem os organismos não-alvos, trabalhadores rurais e até o consumidor. Os efeitos negativos do uso indiscriminado dos inseticidas químicos têm despertado o interesse da comunidade científica no desenvolvimento de novas técnicas de controle e manejo que sejam eficazes, viáveis e ecológicas (VONTAS et al., 2011; WAN et al., 2015).

Os extratos de plantas estão recebendo considerável atenção em todo o mundo, porque oferecem uma ampla gama de substâncias químicas bioativas (NAVARRO-SILVA et al., 2009), além de gerar mínimos impactos ambientais e aos seres vivos, comparado ao uso de inseticidas químicos (MAZHAWIDZA; MVUMI, 2017; ISMAN, 2017). Estudos sobre os compostos bioativos nos vegetais relevaram efeitos no metabolismo, desenvolvimento, reprodução, longevidade e oviposição de moscas-das-frutas como *C. capitata* (SILVA et al., 2015; PAPANASTASIOU et al., 2017).

O uso de extratos vegetais no manejo e controle de insetos-praga era amplamente utilizado até a Segunda Guerra Mundial, mas entraram em declínio com o aumento do uso de inseticidas químicos, mais persistentes e menos seletivos, e volta a ser utilizado novamente no presente (RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2017). De tal forma, que diversos estudos têm buscado descobrir as espécies de vegetais e as partes do vegetal com maiores propriedades

inseticidas, caracterizando o perfil fitoquímico, identificando e isolando os compostos ativos que melhor desempenham papel de inseticidas naturais (SILVA et al., 2017).

A toxicidade dos extratos vegetais contra as moscas-das-frutas está relacionada aos aspectos quantitativos e qualitativos de compostos ativos encontrados no vegetal (MEDEIROS, 1990; PAPANASTASIOU et al., 2017). A letalidade das moscas-das-frutas foi constatada em doses médias do composto ativo limoneno, encontrado em frutas cítricas (Rutaceae) (PAPANASTASIOU et al., 2017); além de compostos como mentol, mentona, isomentônica e pulegona em plantas de *Mentha pulegium* (MIGUEL et al., 2010). Entretanto, pouco se sabe sobre o efeito de bioextratos de plantas nativas sobre fases imaturas de *C. capitata*, uma vez que as estratégias de controle em uma área infestada de mosca-das-frutas têm sido direcionadas a fase adulta do inseto. Neste contexto, esta pesquisa objetivou avaliar a letalidade de *Ceratitis capitata* submetida a diferentes extratos vegetais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Ceratitis capitata*

*Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) é uma das pragas de maior importância econômica na fruticultura mundial. É uma espécie polífaga e multivoltina, que infesta múltiplas espécies de frutos em todo o mundo, com registros em mais de 300 espécies de plantas, sendo 93 espécies hospedeiras no Brasil, sendo as famílias Myrtaceae e Rutaceae as mais infestadas (BENELLI et al., 2013; GOLDSHTEIN, et al., 2017; ZUCCHI; MORAES, 2012). O ciclo de vida de *C. capitata* é em torno de 30 dias, cujos ovos eclodem entre 1 a 2 dias, seguido do estágio larval de 6 a 9 dias e pupa 8 a 9 dias, alcançando a maturidade sexual entre 8 a 10 dias após a emergência. Na natureza, os adultos vivem em média 30-60 dias, mas podem chegar a viver até 6 meses. Suas principais características relaciona-se as fases imaturas da espécie. Suas larvas apresentam coloração branca podendo atingir a coloração da polpa do fruto que se alimenta. Além disso, as larvas podem saltar distâncias de 10 cm ou mais quando removidas dos frutos e colocadas em superfície plana. As pupas, por sua vez, apresentam coloração marrom-escuro avermelhado (MALAVASI, 2009).

Sua importância está relacionada diretamente aos danos que causam aos frutos, aos elevados custos para seu controle e aos prejuízos, que advêm com as restrições fitossanitárias, impostas nas relações comerciais internacionais de frutos *in natura* - perdas de mercados de exportação e outras implicações ao segmento produtivo da fruticultura. Na ausência de controle, este inseto pode danificar até 100% de uma cultura (GOLDSHTEIN, et al., 2017). Além disso, anualmente são perdidos no mundo aproximadamente 1 bilhão de dólares devido aos danos causados por essas pragas (GODOY et al. 2011).

Os danos causados pela moscas-das-frutas na fruticultura estão relacionados a redução na produtividade e qualidade dos frutos através da oviposição pela fêmea e desenvolvimento larval no interior do fruto, que favorecem a entrada de organismos saprófitos e provocam a queda prematura (AMI; YUVAL; JURKEVITCH, 2009). A presença da espécie nos frutos limita o acesso aos mercados internacionais, ao processamento para o mercado de frutas frescas e está associado a grandes perdas nas colheitas (KORIR et al. 2015; SILVA et al., 2015).

O método atual no controle das populações de moscas-das-frutas é a aplicação de inseticidas químicos, que se baseiam principalmente no direcionamento de adultos. Esses inseticidas são usados como iscas (inseticidas misturados com um atrativo) ou em spray de

cobertura (ROS et al., 2002) que têm efeitos colaterais ecológicos e toxicológicos (PURCELL; SCHROEDER, 1996). Entretanto, novas estratégias para controle e manejo sustentável de *C. capitata* tem sido estudadas, testadas e avaliadas para substituir as aplicações tradicionais com inseticidas químicos organofosforados (NAVARRO-LLOPIS et al., 2010), visto que estudos demonstraram os efeitos negativos dessa substância química no meio ambiente e nos seres vivos (BEECHAM; SENEFF, 2015). Por esse motivo, a utilização de muitas substâncias advindas dos organofosforados foram proibidas em diversos países europeus e substituídas por novas diretrizes que visam o desenvolvimento e uso de métodos de controle que sejam eficazes contra esse inseto e minimizem seus danos ao meio ambiente e à saúde humana (NAVARRO-LLOPIS et al., 2010).

## **2.2 Estratégias de controle e manejo de *C. capitata***

Os danos causados pela moscas-das-frutas em diversas culturas, a resistência observada nos últimos anos aos inseticidas químicos e os impactos desses inseticidas no meio ambiente tem despertado o interesse da comunidade científica no desenvolvimento de novas técnicas de controle e manejo que sejam eficazes, viáveis e ecológicas (VONTAS et al., 2011; WAN et al., 2015).

Atualmente as estratégias de controle em uma área infestada de mosca-das-frutas têm sido direcionadas a fase adulta do inseto, impedindo sua oviposição nos frutos e produção de descendentes. Uma das ferramentas utilizadas nos programas de manejo integrado de moscas-das-frutas é o controle biológico (VARGAS et al., 2012), o qual tem sido utilizado nos últimos anos, dentro do manejo integrado, por ser ambientalmente mais seguro e economicamente viável (VAN LENTEREN, 2011).

Entre as estratégias de controle biológico, se destaca a técnica de insetos estéreis (TIE), usada mundialmente no controle de *C. capitata* (HENDRICHS et al., 2002). Nesta técnica, os machos são criados em massa, esterilizados por radiação gama e liberados na área alvo onde competem com machos selvagens por cópulas com fêmeas selvagens (AMI; YUVAL; JURKEVITCH, 2009). Desta forma, este controle utiliza acasalamentos inférteis de machos estéreis com fêmeas selvagens reduzindo o potencial reprodutivo e controlando as populações das moscas (HENDRICHS; ROBINSON, 2009; GUPTA; JINDAL, 2014). Entretanto, sua eficácia é limitada pela baixa competitividade sexual dos machos estéreis em comparação aos machos selvagens (SHELLY, 2011). Para melhorar a competitividade



sexual, Shelly et al. (2004) demonstraram em seu estudo que expor os machos estéreis ao aroma do óleo de gengibre, antes de serem liberados, favorece a atração dos machos estéreis pelas fêmeas selvagens promovendo o aumento das cópulas (NISHIDA et al., 2000; SHELLY et al., 2007; BARUD et al., 2014).

Do mesmo modo, vários estudos também forneceram evidências sobre como outros organismos podem atuar no controle biológico das populações de *C. capitata*. Um estudo desenvolvido por Sánchez et al., (2016) em uma cultura de figo infestada por moscas-das-frutas na Argentina demonstrou que a liberação aumentativa de endoparasitóides estéreis *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) promoveu a letalidade de mais de 70% de *C. capitata*. Embora os parasitoides apresentem como um potencial agente de controle biológico de *C. capitata*, a criação em massa de muitas espécies de parasitoides representam um alto custo monetário, limitando a adoção deste manejo por partes dos governantes (RENDON et al., 2006).

Por outro lado, abordagem de monitoramento automatizado de pragas que utilizam armadilhas automáticas e as baseadas em sensores vem sendo desenvolvidas e testadas por países do Mediterrâneo e Estados Unidos (MANOUKIS; HALL; GEIB, 2014; GOLDSHTEIN et al., 2017). As armadilhas automáticas por sensor de imagem, capturam e enviam as imagens do conteúdo da armadilha para uma estação de controle remoto que processa essas imagens e realiza a contagem automática (LÓPEZ et al., 2012; FUKATSU et al., 2012) ou o envio a especialistas (GUARNIERI et al., 2011). Apesar disso, sua eficácia é limitada pelo tamanho dos insetos, sendo projetada para insetos relativamente grandes como o *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) (LÓPEZ et al., 2012; GOLDSHTEIN et al., 2017).

As armadilhas baseadas em sensores, por sua vez, consistem em sensores infravermelhos colocados dentro de uma armadilha isca que mensura a quantidade de vezes que o inseto alvo adentrou. Esse tipo de armadilha fornece um monitoramento contínuo de insetos e combinados com a mensuração de informações ambientais podem promover a compreensão da dinâmica populacional do inseto, o gerenciamento dos eventos de aplicação de inseticidas químicos e até a redução dessas aplicações como observado no estudo de [Goldshstein](#) et al., (2017) e Okuyama et al., (2011). No entanto, sua aplicação tem sido limitada em razão dos insetos não serem identificados pelo sensor, portanto, a isca dentro da armadilha deve ser específica para a espécie alvo, a fim de evitar contagens errôneas causadas por espécies não-alvo, o que impede o monitoramento simultâneo de vários insetos ([GOLDSHTEIN](#) et al., 2017).

Embora as estratégias de liberação de insetos estéreis, o uso de inimigos naturais como agentes de controle biológico, captura e monitoramento por imagem e sensor estejam sendo empregadas no manejo de *C. capitata*, o uso de extratos vegetais e seus princípios ativos com propriedades inseticidas tem crescido exponencialmente em todo o mundo em decorrência da demanda de consumidores por alimentos orgânicos, com ausência de resíduos químicos dos inseticidas e repelentes usados na agricultura e com produção agrícola voltada a sustentabilidade ambiental (CAMPOS et al., 2018).

## 2.2 Bioinseticidas: extratos vegetais

A busca por métodos de controle e manejo de pragas que sejam eficazes, rentáveis e ecológicas tem voltado a atenção para os extratos e óleos vegetais, visto que os vegetais oferecem uma ampla gama de substâncias químicas bioativas, podem ser facilmente cultivados por agricultores com custos de manejo e métodos de extração acessível, curta atividade residual e menos tóxica ao meio ambiente e ao seres vivos (MAMUN; SHAHJAHAN; AHMAD, 2010; GHOSH, CHOWDHURY, CHANDRA, 2012).

As substâncias bioativas presentes nos vegetais exibem uma variedade de efeitos biológicos. Estudos descobriram, por exemplo, que em *C. capitata* os compostos bioativos dos vegetais apresentaram efeitos no metabolismo, desenvolvimento, reprodução, longevidade e oviposição (SILVA et al., 2015; PAPANASTASIOU et al., 2017). De tal forma que podem ser uma alternativa ecológica para substituir os inseticidas químicos, uma vez que diversos estudos forneceram evidências que comprovam as propriedades inseticidas de muitos compostos vegetais, como o Azamax oriundo da árvore do nim [*Azadirachta indica* (A. Juss)] (Sapindales: Meliaceae) (SILVA et al., 2015) que atualmente é produzido comercialmente como inseticida natural contra os tefritídeos.

O uso de extratos vegetais no controle de insetos-praga é uma prática bastante antiga, mas entrou em declínio com a introdução de produtos químicos sintéticos, e atualmente voltou a ganhar espaços nas pesquisas científicas com a adição da elucidação do perfil fitoquímico dos vegetais e identificação de compostos alternativos com potenciais inseticidas naturais e isso tem despertado o interesse das indústrias de biotecnologia, numa tentativa de buscar produtos mais limpos voltados a preservação e recuperação ambiental (RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2017; VELASQUES et al., 2017).

Muitas espécies vegetais já foram estudadas e evidenciadas as potenciais propriedades inseticidas, como o cravo da Índia [*Syzygium aromaticum*] em que vários

estudos já evidenciaram suas propriedades inseticidas, antibacteriana e antifúngica (CORTÉS-ROJAS et al., 2014; JAIROCE et al., 2016). No entanto, as propriedades inseticidas de muitas espécies vegetais contra os dípteros e as relações dessas propriedades com as informações fitoquímicas dos vegetais ainda se encontra pouco investigada, como é o caso da pitanga [*Eugenia uniflora*] e hortelã-da-folha-miúda [*Mentha villosa*] (RATTMANN et al., 2012; MENDONÇA et al., 2016).

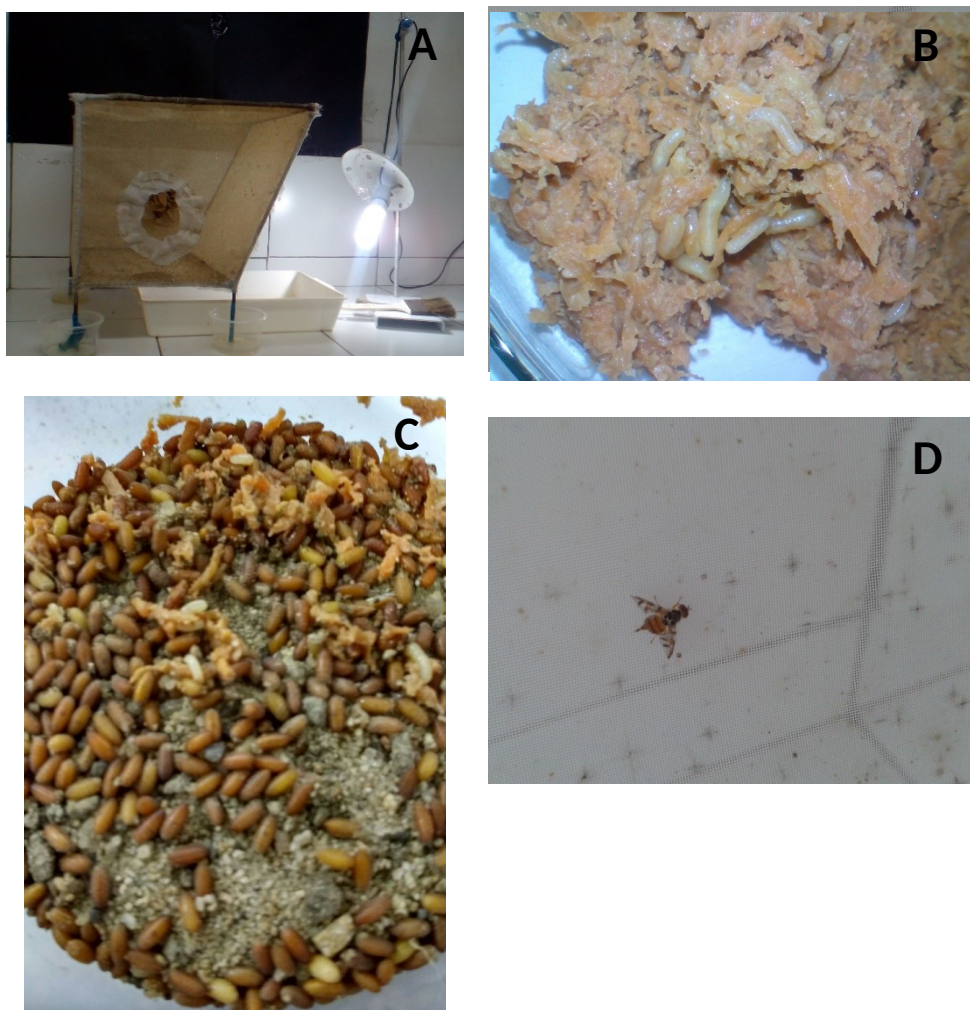
Contudo, a aplicação de inseticidas botânicos no controle e manejo de insetos praga, ainda é limitada por conter poucas informações sobre o perfil fitoquímico das plantas e o modo de ação dos compostos bioativos. Uma vez que a atuação dos compostos bioativos parecem diferir sob o aspecto isolado ou combinado com outros compostos (SILVA et al., 2015; CAMPOS et al., 2018), métodos de propagação local e cultivo do vegetal para extração que assegurem um fornecimento de biomassa sustentável (ISMAN, 2017), além da aplicação em larga escala que é limitada aos ensaios de laboratório e questões tecnológicas para otimizar a eficácia de estratégias de tempo e aplicação no campo (ISMAN, 2017; CAMPOS et al., 2018).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Criação de *C. capitata*

A população de *Ceratitis capitata* foi estabelecida na Clínica Fitossanitária da Universidade Federal da Paraíba, Campus III, no Município de Bananeiras, PB, Brasil. Pupas de *C. capitata* foram colocadas em placas de Petri no interior de gaiolas de aço semitrapezoidal envoltas por tecido voil (70cm por 50cm<sup>2</sup>) e mantidas em condições controladas ( $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas) para emergência dos adultos (Fig. 1a). Na gaiola, foram fornecidos aos adultos uma dieta de solução de água desclorada e mel (proporção 8:2) em chumaços de algodão. A parte posterior da gaiola de criação há um declive de aproximadamente 10cm e foi colocada uma iluminação para estimular a oviposição, permitindo que os ovos fossem depositados em uma bandeja fixa debaixo da gaiola contendo água desclorada.

A cada dia, os ovos coletados eram distribuídos em placas de Petri, estas contendo dieta artificial a base de cenoura crua (80g), levedo seco de cerveja (80g) e Nipagin (4g) para alimentação das larvas mantidas em câmara B.O.D ( $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas). (Fig 1b). Após 8-10 dias, larvas em estágio L3 foram acondicionadas em bandejas plásticas contendo areia esterilizada para obtenção das pupas (Fig 1c). As pupas foram acondicionadas em placas de Petri e colocadas no interior das gaiolas de criação para emergência dos adultos estabelecendo uma próxima geração (Fig 1d).



**Figura 1.** Criação de *C. capitata*. (A) Gaiola semitrapezoidal; (B) Alimentação da larvas a base de uma dieta artificial; (C) Pupas acondicionadas em areia esterilizada; (D) Adulto dentro da gaiola.

### **3.2 Escolha, preparação dos extratos hidroetanólicos e determinação de polifenóis**

#### **3.2.1 Escolha das espécies vegetais e preparação dos extratos**

Os extratos hidroetanólicos foram preparados no período de setembro a dezembro de 2017 com folhas frescas das espécies vegetais listadas na Tabela 1. Esse material botânico foi coletado na horta do projeto “Farmácia Viva”, UFPB/Bananeiras, PB onde são cultivadas plantas com propriedades medicinais, inseticidas e repelentes (Fig 2a).

Para obtenção dos extratos, foram utilizadas 300g de folhas frescas coletadas às 7:00h da manhã; exceto o cravo que foi utilizada a flor desidratada na versão comercial (Fig 2b). Em seguida esse material vegetal foi pulverizado manualmente, diluído na proporção de 30% p/v (peso do vegetal seco / volume de etanol 70%), acondicionadas em garrafas de âmbar e deixados em repouso durante 21 dias, sendo misturados a cada 24h durante este período. Após esse tempo, os extratos foram filtrados e acondicionados novamente em garrafas âmbar e mantidos em ambiente semiclimatizado ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  sem fotofase) (Fig 2c).

**Tabela 1.** Espécies botânicas utilizadas na obtenção dos extratos vegetais hidroetanólicos para o estudo da letalidade em *C. capitata*

Família	Nome científico	Nome comum	Parte utilizada	Número de identificação*
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i> (Raddi)	Aroeira	Folha	556299
Lamiaceae	<i>Melissa officinalis</i> (E. H. L. Krause)	Cidreira	Folha	1273009
Myrtaceae	<i>Syzygium aromaticum</i> (Merr. & L.M.Perry)	Cravo	Flor	1281433
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	Folha	00315932
Lamiaceae	<i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng.	Hortelã-da-folha-grande	Folha	518007
Lamiaceae	<i>Mentha villosa</i> (Huds)	Hortelã-da-folha-miúda	Folha	126615
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> (Lam.)	Jaca	Folha	1288281
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (Osbeck)	Laranja	Folha	518011
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Noni	Folha	1310094
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Folha	309424

\*A tabela acima contém informações básicas das espécies botânicas estudadas comparadas aos modelos das exsicatas depositadas online e disponível em: <http://jabot.jbrj.gov.br/>.



**Figura 2.** Procedimentos de coleta e extração das espécies vegetais. (A) Local na UFPB/Bananeiras onde foram coletadas as espécies vegetais; (B) Seleção das folhas para a extração; (C) Extratos hidroetanólicos.

### 3.2.2 Determinação de fenóis totais pelo método de Folin Ciocalteu

O teor de compostos fenólicos totais nos extratos vegetais foi estimado utilizando a técnica espectrofotométrica do reagente de Folin Ciocalteu (WATERHOUSE, 2002). De cada extrato vegetal hidroetanólico foi retirado 50µl e inserido em tubos de ensaios com 10ml de solução padrão do ácido gálico e água destilada e acrescentado o reagente Folin Ciocalteu. As amostras dos extratos foram homogeneizadas usando agitador de tubos e posteriormente deixando em repouso por 5 minutos. Após o tempo de reação foi adicionado o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) a 20%, seguindo de nova agitação e repouso em banho maria a 40°C por 30 minutos. Decorrido este tempo, as amostras ficaram em repouso em ambiente escuro e posteriormente foram realizadas as leituras em triplicata das absorbâncias em espectrofotômetro a 765 nm, utilizando a solução branco (S1) para zerar o equipamento. O

teor de compostos fenólicos foi calculado com base na curva padrão de ácido gálico e expresso em mg EAG (ácido gálico) por 100g extrato.

### **3.2.3 Delineamento experimental**

A eficiência dos extratos hidroetanólicos sobre *C. capitata* foi avaliada em dois experimentos: i) o efeito sobre a fase larval (L3) e ii) sobre a fase de pupa. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado com dez tratamentos (extratos vegetais hidroetanólicos) em diferentes concentrações de cada tratamento (30%; 15%; 7,50%; 3,75%; 1,87%; 0,93%, 0% - controle com álcool e água) e quatro repetições. Cada unidade amostral foi constituída de copos plásticos descartáveis (250 ml) com papel filtro em seu interior contendo dez larvas L3 ou dez pupas. As dez larvas em estágio L3 ou dez pupas recém-formadas foram acondicionadas no interior dos copos plásticos e umedecidas com 1ml do extrato hidroetanólico nas diferentes concentrações. A avaliação das larvas foi realizada a cada 24 horas durante 3 dias, contando-se o número de larvas mortas. As pupas, após serem submetidas aos tratamentos, foram acondicionadas por oito dias (desenvolvimento pupal) e, decorrido esse tempo, as avaliações foram feitas a cada 24 horas por oito dias e observadas as pupas inviáveis (não emergência para adulto). Os experimentos foram conduzidos em condições de laboratório semiclimatizados ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas).

### **3.2.4 Impressão digital por cromatografia líquida (LC), acoplados a espectrometria de massa (MS/MS) (LC MS/MS)**

Os três extratos que irão obter a melhor eficiência inseticida sobre a fase larval L3 e pupa de *C. capitata* foram caracterizados e quantificados em relação ao perfil fitoquímico através da cromatografia líquida (LC) com espectrometria de massa (MS/MS) (LC MS/MS). Para a caracterização do perfil fitoquímico pesou-se 0.2mg de cada extrato, seguida por adição de 500 $\mu\text{l}$  de água e 500 $\mu\text{l}$  de metanol. Em seguida as amostras foram submetidas a 10min de ondas magnéticas na lavadora ultrassônica e acrescentado a esse material 0,1% de ácido fólico.



Neste procedimento foi utilizada a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) no equipamento da Shimadzu (Prominence) com dois módulos de bombeamento e solvente LC-20AD, auto injetor SIL-20A, um sistema de degaseificação DGU-20A, detector SPD-M20A diode array e CBM-20A. Para fase estacionária a coluna utilizada foi Phenomenex Gemini® C18 (250 mm x 4.6 mm d.i. preenchido com partículas 5 µm), com pré-coluna SecurityGuard Gemini® C18 (4 mm x 3.0 mm d.i. preenchido com partículas 5 µm). Como fase móvel, foi usado metanol 5% durante os primeiros 5 min e sucedeu-se com metanol 50% (10 min) e metanol 100% (90 min), em 115 min volta para 5% e permanece até 135 min, com vazão de 1 mL/min-1. Este CLAE estava acoplado ao espectrômetro de massas de baixa resolução da marca Bruker, modelo Ion Trap-amaZonX utilizando a técnica de Ionização por Eletrospray. Os parâmetros de análise do Ion-Trap foram capilar 4,5 kV, ESI no modo negativo, *offset* da placa final 500 V, nebulizador 28.0 psi, gás seco (N<sub>2</sub>) com fluxo de 8.0 L/h e temperatura de 300 °C. A fragmentação de CID foi conseguida no modo auto MS/MS utilizando o modo de resolução avançada para o modo MS e MS/MS. Os espectros (m/z 50-1000) foram registados a cada 2 s.

### **3.3 Análises estatísticas**

Os dados coletados foram tabulados e submetidos a análise de variância, em delineamento inteiramente casualizado no esquema (Anova-two-way  $p \leq 0,05$ ) para avaliar diferenças entre os fatores extratos, concentrações e réplicas. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Além disso, a influência das concentrações sobre a mortalidade da larvas e pupas inviáveis foi avaliada através de regressões lineares. As análises foram realizadas utilizando o software R versão 3.2.4 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Biodisponibilidade de polifenóis nos extratos vegetais

Os valores de polifenóis totais (Tabela 2) demonstraram diferenças entre os extratos e estão dentro da faixa de 250,98 a 55.182,36 mg EAG g<sup>-1</sup>. Os maiores teores foram encontrados nos extratos *S. aromaticus* (55.182,36 mg EAG g<sup>-1</sup>), *P. guajava* (9.669,81 mg EAG g<sup>-1</sup>) e *E. uniflora* (7.785,68 mg EAG g<sup>-1</sup>).

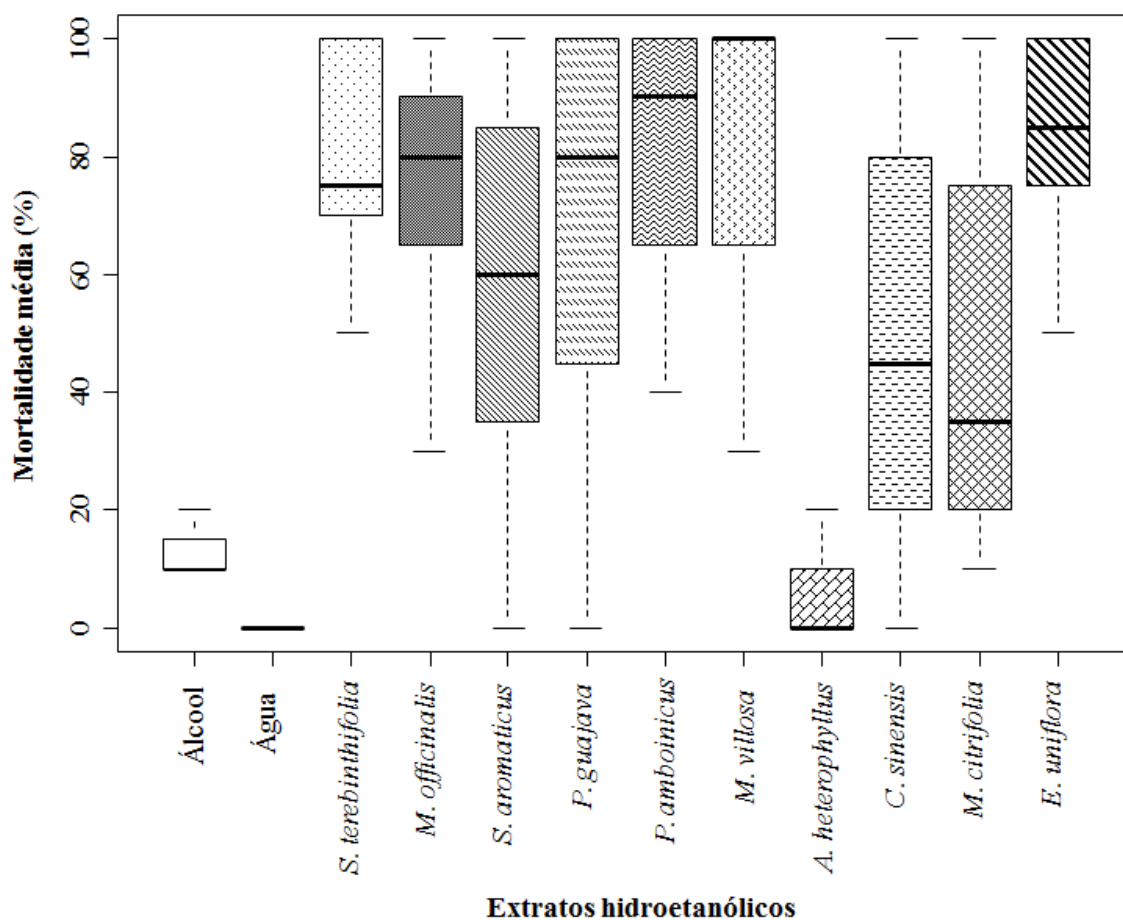
**Tabela 2.** Média ( $\pm$  desvio padrão) do conteúdo biodisponível de polifenóis por extratos expressos em mg equivalentes de ácido gálico (EAG). CV: Coeficiente de variação

Nome popular	Extratos	TPs / mg EAGg <sup>-1</sup>	CV
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolia</i>	3.578,65 $\pm$ 297,15	8,30
Cidreira	<i>Melissa officinalis</i>	250,98 $\pm$ 36,57	14,6
Cravo	<i>Syzygium aromaticus</i>	55.182,36 $\pm$ 2677,33	4,85
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	9.669,81 $\pm$ 1616,16	16,7
Hortelã-da-folha-grande	<i>Plectranthus amboinicus</i>	254,71 $\pm$ 7,60	2,98
Hortelã-da-folha-miúda	<i>Mentha villosa</i>	1.226,78 $\pm$ 40,09	3,26
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	1.172,23 $\pm$ 42,75	3,64
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	1.725,85 $\pm$ 113,73	6,59
Noni	<i>Morinda citrifolia</i>	1.071,20 $\pm$ 119,02	11,1
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	7.785,68 $\pm$ 604,44	7,76

### 4.2 Experimento 1: Atividade inseticida dos extratos hidroetanólicos sobre as larvas

A letalidade das larvas apresentou diferenças entre os extratos hidroetanólicos (ANOVA:  $F_{9,210} = 18$ ;  $p = 0.0001$ ), concentrações (ANOVA:  $F_{6,210} = 3$ ;  $p = 0.0001$ ) e na interação extratos e concentração (ANOVA:  $F_{54,210} = 3$ ;  $p = 0.0001$ ). No entanto, não houve interação entre as concentrações e réplicas (ANOVA:  $F_{18,252} = 1$ ;  $p = 0.281053$ ).

Os extratos hidroetanólicos, com exceção de *A. heterophyllus*, *M. citrifolia* e *C. sinensis*, tiveram efeito inseticida sobre as larvas de *C. capitata*, apresentando letalidade média acima de 50% (Figura 3). Ao analisar a letalidade média das larvas, verificou-se que os extratos hidroetanólicos *M. villosa* e *E. uniflora* tiveram a melhor ação sobre a fase larval, seguidas de *P. amboinicus* e *S. terebinthifolia* com taxas de letalidade média superior a 80%.



**Figura 3.** Mortalidade média (%) de larvas L3 de *C. capitata* submetidas a diferentes vegetais

As concentrações dos extratos tiveram efeitos sobre a letalidade larval, a qual foi linearmente correlacionada com as concentrações testadas, exceto o extrato hidroetanólicos de cidreira [*M. officinalis*], hortelã-da-folha-grande [*P. amboinicus*], noni [*M. citrifolia*] e laranja [*C. sinensis*] ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3). As maiores taxas de letalidade de larvas de *C. capitata* ocorreram nas concentrações de 7.50% a 30% dos extratos.

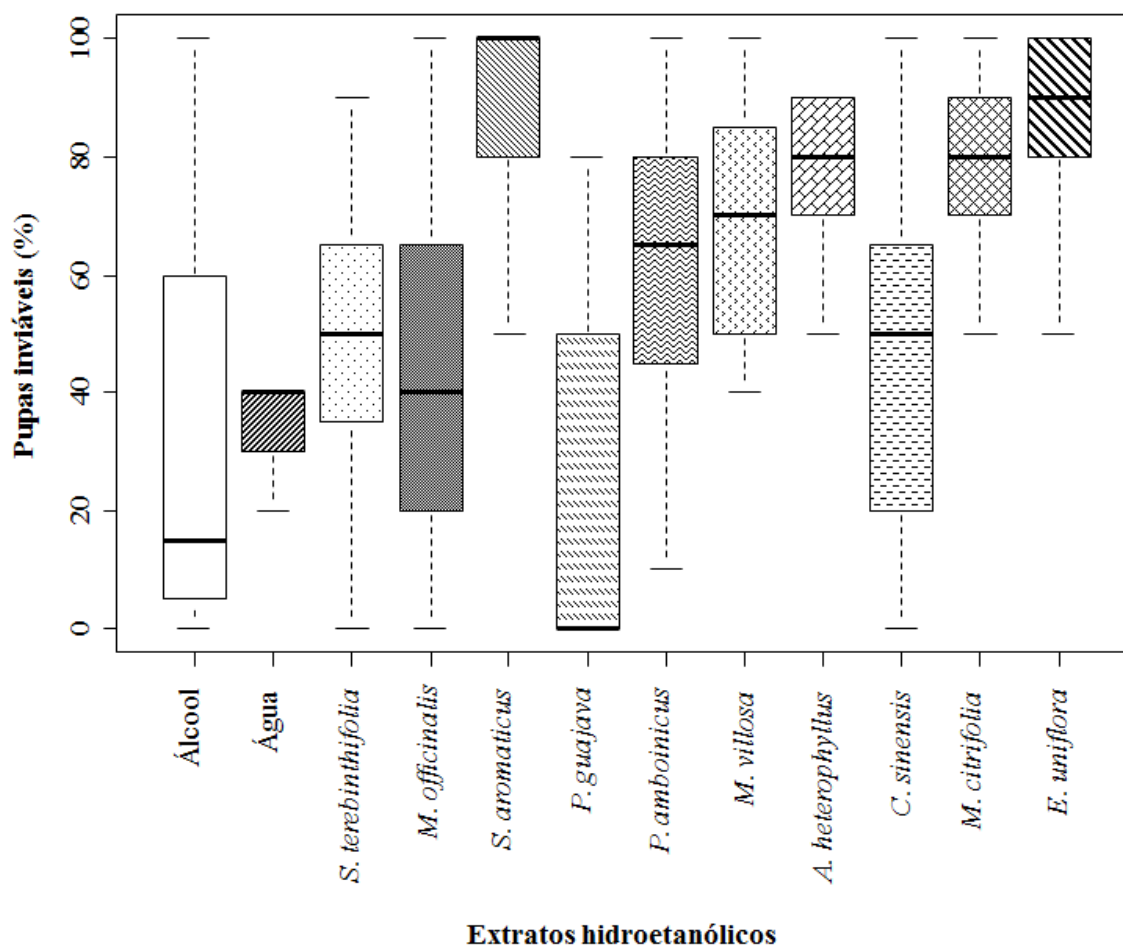
**Tabela 3.** Toxicidade de extratos hidroetanólicos expressos em proporção de mortalidade (%) de larvas de *C. capitata*.

Nome comum	Extratos	Concentração (%)							R <sup>2</sup>	p
		0	0.93	1.87	3.75	7.5	15	30		
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolia</i>	-	80.00 ± 14.14	72.50 ± 20.61	70.00 ± 14.14	85.00 ± 17.32	72.50 ± 5.00	100.00 ± 0.00	0.21	0.001
Cidreira	<i>Melissa officinalis</i>	-	90.00 ± 8.16	97.50 ± 5.00	67.50 ± 45.73	62.50 ± 23.62	65.00 ± 23.80	62.50 ± 29.86	0.08	0.071
Cravo	<i>Syzygium aromaticus</i>	-	7.50 ± 15.00	27.50 ± 22.17	60.00 ± 8.16	67.50 ± 15.00	97.50 ± 5.00	77.50 ± 17.07	0.24	0.004
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	-	60.00 ± 33.66	55.00 ± 52.59	45.00 ± 35.11	85.00 ± 10.00	65.00 ± 19.14	95.00 ± 10.00	0.11	0.044
Hortelã da folha grande	<i>Plectranthus amboinicus</i>	-	75.00 ± 12.90	97.50 ± 5.00	75.00 ± 50.00	100.00 ± 0.00	80.00 ± 21.60	62.50 ± 20.61	0.04	0.147
Hortelã da folha miúda	<i>Mentha villosa</i>	-	75.00 ± 31.09	65.00 ± 25.16	67.50 ± 25.00	100.00 ± 0.00	97.50 ± 5.00	97.50 ± 5.00	0.21	0.007
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	-	37.50 ± 27.53	27.50 ± 9.57	37.50 ± 42.72	25.00 ± 19.14	75.00 ± 20.81	77.50 ± 38.62	0.17	0.016
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	-	52.50 ± 43.49	25.00 ± 25.16	67.50 ± 15.00	20.00 ± 21.60	60.00 ± 36.51	50.00 ± 33.66	-0.03	0.903
Noni	<i>Morinda citrifolia</i>	-	12.50 ± 18.92	12.50 ± 15.00	7.50 ± 5.00	0.00 ± 0.00	2.50 ± 5.00	5.00 ± 10.00	0.08	0.071
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	-	77.50 ± 20.61	90.00 ± 11.54	65.00 ± 10.00	72.50 ± 29.86	100.00 ± 0.00	97.50 ± 5.00	0.22	0.006
	Controle (Álcool)		1.25 ± 0.43							
	Controle (Água)		0.00 ± 0.00							

Porcentagem média (± desvio padrão); R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação; p: p-valor (≤ 0.05)

### 4.3 Experimento 2: Atividade inseticida dos extratos hidroetanólicos sobre fase de pupa

Em experimentos com pupas, diferenças significativas entre os extratos (ANOVA:  $F_{9,210} = 46.290$ ;  $p = 0.0001$ ), concentrações dos extratos (ANOVA:  $F_{6,210} = 5.613$ ;  $p = 0.0001$ ) e sua interação foram detectados (ANOVA:  $F_{54,210} = 3.296$ ;  $p = 0.0001$ ). Semelhante aos resultados com larva, não houve interação entre as concentrações e réplicas (ANOVA:  $F_{18,252} = 0.590$ ;  $p = 0.9054$ ).



**Figura 4.** Proporção de Pupas inviáveis (%) após oito dias da aplicação dos extratos hidroetanólicos.

Os extratos obtidos de *S. aromaticus* e *E. uniflora* foram os mais eficientes para a fase das pupas de *C. capitata*, resultando em taxas de pupas inviáveis, das quais não houve emergência de adultos, superior a 90% (Figura 4). Além disso, as concentrações desses

extratos foram linearmente correlacionadas com o número de pupas inviáveis (Tabela 4). Na concentração de 30%, do extrato de *S. aromaticus* e *E. uniflora*, pupas de *C. capitata* apresentaram mais de 97% de inviabilidade.

**Tabela 4.** Letalidade de extratos hidroetanólicos sobre pupas de *C. capitata*.

Nome comum	Extratos	Concentração (%)							R <sup>2</sup>	p
		0	0.93	1.87	3.75	7.5	15	30		
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolia</i>	-	50.00 ± 8.16	17.50 ± 12.58	37.50 ± 41.13	55.00 ± 10.00	45.00 ± 12.91	67.50 ± 5.00	0.05	0.127
Cidreira	<i>Melissa officinalis</i>	-	45.00 ± 36.97	12.50 ± 9.57	25.00 ± 17.32	70.60 ± 34.64	37.50 ± 18.93	75.00 ± 30.00	0.06	0.097
Cravo	<i>Syzygium aromaticus</i>	-	85.00 ± 5.77	92.50 ± 9.57	92.50 ± 9.57	97.50 ± 5.00	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00	0.27	0.002
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	-	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	50.00 ± 0.00	-0.01	0.394
Hortelã da folha grande	<i>Plectranthus amboinicus</i>	-	70.00 ± 8.16	47.50 ± 29.86	37.50 ± 12.58	75.00 ± 30.00	70.00 ± 33.67	80.00 ± 21.60	0.10	0.047
Hortelã da folha miúda	<i>Mentha villosa</i>	-	67.50 ± 27.54	67.50 ± 26.30	65.00 ± 19.15	75.00 ± 17.32	65.00 ± 23.80	72.50 ± 12.58	-0.03	0.701
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	-	82.50 ± 9.57	75.00 ± 12.91	72.50 ± 20.62	77.50 ± 12.58	82.50 ± 5.00	85.00 ± 10.00	0.01	0.229
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	-	62.50 ± 28.72	62.50 ± 33.04	40.00 ± 27.08	27.50 ± 17.08	10.00 ± 8.16	35.00 ± 19.15	0.15	0.021
Noni	<i>Morinda citrifolia</i>	-	82.50 ± 15.00	87.50 ± 5.00	70.00 ± 0.00	75.00 ± 12.91	70.00 ± 14.14	65.00 ± 26.46	0.08	0.075
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	-	77.50 ± 22.17	85.00 ± 12.91	92.50 ± 9.57	92.50 ± 9.57	97.50 ± 5.00	97.50 ± 5.00	0.22	0.005
	Controle (Álcool)		62.50 ± 15.00							
	Controle (Água)		1.25 ± 2.50							

Porcentagem média (± desvio padrão); R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação; p: p-valor (≤ 0.05)

#### 4.4 Perfil fenólico dos principais extratos vegetais

Os extratos de *E. uniflora*, *S. aromaticum* e *M. villosa*, que tiveram o melhor resultado inseticida sobre a fase de larva e pupa de *C. capitata*, foram analisados e quantificados nos principais ácidos fenólicos. Nove ácidos fenólicos foram detectados nestes três extratos vegetais (Tabela 5).

**Tabela 5.** Análise total da cromatografia por LC-MS/MS dos extratos *E. uniflora* (1); *S. aromaticum* (2) e *M. villosa* (3).

Composto Sugerido	MS	MS/Z	Tempo de Retenção	Referências
Derivados de Miricetina glicosilada (1)	615.02	316.86/462.94	51.1min	Souza et al., (2017)
Derivados de Quercetina(1)	446.99	306.86	52.6min	Souza et al., (2017)
Isohamnetin (2)	315	164/151	20.5mim	Fathoni et al., (2017)
Glicose Digalloyl(glucogalin)(2)	482.96	312.90/330.90	18.7min	Kubatka et al., (2017); Fathoni et al., (2017)
Isobiflorin (2)	352.95	204.98/232.87	29.6min	Fathoni et al., (2017)
Biflorin(2)	352.97	231.86/362.87	31.6min	Fathoni et al., (2017)
Kaempferol(2)	285.0	314.87	60.7min	Fathoni et al., (2017)
Ácido Rosmarínico(3)	359.07	197.0/161.0/135,0	50.1min	Çelik et al., (2016)
Luteolin7-O-rutinoside(3)	593.15	285.0	46.7min	Hossain et al., (2010)



## 5. DISCUSSÃO

Inseticidas botânicos, baseados em extratos de plantas, têm sido amplamente estudados como uma alternativa para substituir o uso de inseticidas químicos no controle de insetos pragas. Uma vez que podem ser facilmente cultivados por agricultores com custos de manejo e métodos de extração acessíveis, curta atividade residual é menos tóxica ao meio ambiente (MAMUN; SHAHJAHAN; AHMAD, 2010; GHOSH, CHOWDHURY, CHANDRA, 2012).

Os resultados desse estudo, demonstram que os extratos hidroetanólicos de *S. aromaticus*, *P. guajava* e *E. uniflora* obtiveram os maiores teores de polifenóis. Os compostos fenólicos têm sido associados como o principal fator determinante do potencial inseticida das plantas (PAOLI et al., 2007; KUMAR et al., 2011; SOSA et al., 2018).

Os extratos hidroetanólicos (*S. terebinthifolia*, *M. officinalis*, *S. aromaticus*, *P. guajava*, *P. amboinicus*, *M. villosa*, *C. sinensis*, *M. citrifolia* e *E. uniflora*) apresentaram efeito inseticida sobre as larvas de *C. capitata*. No entanto, somente os extratos vegetais da *M. villosa*, *E. uniflora*, *P. amboinicus* e *S. terebinthifolia* tiveram efeito inseticida superior a 80% sobre as larvas de *C. capitata*. Enquanto que na fase de pupa deste inseto, apenas *S. aromaticus* e *E. uniflora* reduziram em mais de 90% a viabilidade pupal. Embora o extrato da *P. guajava* apresente alto teor fenólico em relação aos outros extratos, sua atividade inseticida nas fases imaturas de *C. capitata* foi inferior a 70% para larva e 10% na fase de pupa.

Os efeitos inseticidas dos extratos vegetais dependem de fatores como as espécies vegetais, espécies de insetos, condições geográficas, parte da planta utilizada, metodologia de extração adotada e polaridade dos solventes utilizados durante a extração (KUMAR et al., 2011). O etanol, utilizado como solvente neste estudo, possui uma alta polaridade em relação a outros solventes como diclorometano, hexano e água (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013). De tal modo que apesar do extrato da *P. guajava* apresentar altos teores fenólicos, foi observada uma baixa atividade inseticida nos experimentos com as fases imaturas de *C. capitata*. Provavelmente a alta polaridade do etanol tenha extraído uma maior quantidade de compostos não-fenólicos, como açúcares que foram diluídas nos compostos ativos do extrato, diminuindo sua possível ação inseticida (ZIELIŃSKI; KOZIOWSKA, 2000; CUNHA et al., 2006; DO et al., 2014).

Ao analisar as concentrações dos extratos com maior atividade inseticida (*S. aromaticus*, *M. villosa* e *E. uniflora*) verifica-se que essa atividade foi mais expressa nas maiores concentrações 7.5% a 30%. A atividade inseticida provocada pelos extratos *M.*

*villosa* e *E. uniflora* sobre as larvas de *C. capitata*, principalmente na concentração mais elevadas, indicam a ação de alguns componentes ativos mostrados na análise de LC - MS/MS, como o ácido rosmarínico e luteolin7-O-rutinoside para *M. villosa* e os derivados de miricetina glicosilada e quercetina, para *E. uniflora*.

Esses componentes bioativos são fenóis e flavanóides, os quais podem afetar a fisiologia dos insetos de maneiras diferentes e em vários locais receptores (SOSA et al., 2018). Estudos sobre o mecanismo de ação do ácido rosmarínico e luteolin7-O-rutinoside, encontrados no extrato de *M. villosa* e ervas culinárias e medicinais, demonstraram potencial papel fagodeterente, impedindo que as larvas se alimentem do fruto (PETERSEN, 2003), além da ação genotóxica, com atividades mutagênicas e antimutagênicas sobre o crescimento microbiano em placas (BARIS et al., 2011; ORHAN et al., 2012). Além disso, em revisão sobre as propriedades inseticidas de *Mentha* spp., Kumar et al. (2011) evidenciaram seu papel inseticida e larvicida e observou que espécies do gênero de *Mentha* causam inibição da muda de larva e pupa em espécies de diptera, anormalidades morfológicas e letalidade (SHAALAN et al., 2005).

De acordo com os resultados desta pesquisa, os extrato hidroetanólico da *E. uniflora* apresenta uma promissora atividade inseticida contra as larvas e pupas de *C. capitata*. No entanto, a atividade inseticida deste extrato e seu mecanismo de ação no controle de espécies-pragas ainda não foram totalmente esclarecidos. Sabe-se que *E. uniflora* apresenta ação antimicrobiana e antifúngica (ADEBAJO; OLOKE; ALADESANMI et al., 1989; LIMA et al., 1993; RATTMANN et al., 2012). Por isso, os efeitos elucidados por alguns estudos sobre a miricetina glicosilada e quercetina, compostos encontrados na análise fitoquímica para o extrato de *E. uniflora* é atuação no sistema nervoso, principalmente sobre a atividade anticolinesterásica (MARQUES et al., 2013).

A atividade inseticida de *S. aromaticum* foi demonstrada em várias espécies de insetos como *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae), principal praga das sementes de feijão-fava [*Phaseolus lunatus* (Linnaeus)] (Fabaceae) (GIRÃO FILHO et al., 2014) e *Pediculus capitis* (De Geer) (Phthiraptera: Pediculidae), principal ectoparasita de humanos (YANG et al., 2003). Os resultados deste estudo corroboram com as evidências da atividade inseticida do *S. aromaticum*, uma vez que o extrato deste vegetal resultou em taxas de pupas inviáveis (não houve emergência de adultos) superior a 90%. Além disso, os principais compostos bioativos identificados de *S. aromaticum*, foram isohamnetin, gicose digalloyl (glucogalin), isobiflorin, biflorin e kaempferol. Em um estudo realizado por Paoli et al., (2007) demonstraram que os compostos bioativos presentes em *S. aromaticum* atuam no

sistema de transporte de íons, neurotransmissores e alteram a estrutura das membranas celulares dos organismos (ENAN, 2001).

A potencialidade dos extratos vegetais como alternativa ecológica para substituir os inseticidas químicos fornece dados promissores, em razão do crescimento exponencial no número de publicações acadêmicas sobre o uso de pesticidas botânicos no controle de pragas (CAMPOS et al., 2018; ISMAN, 2018). Além disso, diversos estudos forneceram evidências que comprovam as propriedades inseticidas de vários compostos vegetais, como o Azamax oriundo da árvore do nim [*Azadirachta indica* (A. Juss)] (Sapindales: Meliaceae) (SILVA et al., 2015) que atualmente é produzido comercialmente como inseticida natural contra os tefritídeos, além do cravo [*S. aromaticum*], planta empregada há séculos pelos agricultores no manejo e controle de populações de pragas e atualmente tem sido evidenciado seu potencial repelente e larvicida contra várias espécies de insetos como as larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), vespas como *Vespula pensylvanica* (Saussure) e *Polistes dominulus* (Cristo) (Hymenoptera: Vespidae) (SRITABUTRA et al., 2011 ;ZHANG; SCHNEIDMILLER; HOOVER, 2012).

Em suma, os resultados deste estudo evidenciam que os extratos hidroetanólicos de cravo, goiaba e pitanga apresentam elevados teores de polifenóis em relação aos dez extratos vegetais analisados. Além disso, os extratos hidroetanólicos de *M. villosa*, *E. uniflora*, *P. amboinicus* e *S. terebinthifolia* podem ser utilizados como agentes inseticidas em futuro próximo contra as larva de *C. capitata*. Enquanto que para a fase de pupa deste inseto, os extratos vegetais promissores são de *S. aromaticus* e *E. uniflora*. Essas descobertas ampliam o número de extratos eficazes contra *C. capitata* e fornecem novas evidências sobre os principais compostos bioativos atuantes nessa atividade inseticida. Apesar disso, são necessários novos estudos que avaliem o modo de ação dos compostos bioativos na forma isolada e combinada sobre *C. capitata* e estudos em larga escala que analisem a eficácia desses extratos vegetais em campo e sobre os inimigos naturais.

## 6. CONCLUSÕES

- Extratos hidroetanólicos de *S. aromaticus*, *P. guajava* e *E. uniflora* possuem elevados teores de polifenóis.
- Extratos vegetais da *M. villosa*, *E. uniflora*, *P. amboinicus* e *S. terebinthifolia* têm ação letal sobre as larvas de *C. capitata*.
- Extratos de *S. aromaticus* e *E. uniflora* inibem o desenvolvimento pupal de *C. capitata*.
- Derivados de miricetina glicosilada e quercetina são os principais constituintes biativos identificados em *E. uniflora*.
- Isohamnetin, Glicose Digalloyl (glucogalin), Isobiflorin, Biflorin e Kaempferol são os principais constituintes biativos em *S. aromaticus*.
- Ácido rosmarínico e luteolin-7-O-rutinoside são os principais constituintes biativos em *M. villosa*.

## 7. REFERÊNCIAS

- ADEBAJO, A. C.; OLOKE, K.J.; ALADESANMI, A.J. Antimicrobial activities and microbial transformation of volatile oils of *Eugenia uniflora*, *Fitoterapia*, vol. 60, no. 5, pp. 451–455, 1989.
- AMI, Eyal Ben; YUVAL, Boaz; JURKEVITCH, Edouard. Manipulation of the microbiota of mass-reared Mediterranean fruit flies *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) improves sterile male sexual performance. *The Isme Journal*, [s.l.], v. 4, n. 1, p.28-37, 16 jul. 2009.
- BARIS, Ozlem et al. Isolation of 3 Flavonoids from *Mentha longifolia* (L.) Hudson subsp. *longifolia* and Determination of Their Genotoxic Potentials by Using the E. coli WP2 Test System. *Journal Of Food Science*, [s.l.], v. 76, n. 9, p.212-217, nov. 2011.
- BARUD, Flavia Jofré et al. Attractant, sexual competitiveness enhancing and toxic activities of the essential oils from *Baccharis spartioides* and *Schinus polygama* on *Ceratitis capitata* Wiedemann. *Industrial Crops And Products*, [s.l.], v. 62, p.299-304, dez. 2014.
- BEECHAM, J.; SENEFF, S. The Possible Link between Autism and Glyphosate Acting as Glycine Mimetic - A Review of Evidence from the Literature with Analysis. *Journal of Molecular and Genetic Medicine*, v. 09, 1 jan. 2015.
- CAMPOS, Estefânia V.r. et al. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*, [s.l.], p.1-9, abr. 2018.
- ÇELIK, Saliha Esin et al. Identification and Determination of Phenolics in Lamiaceae Species by UPLC-DAD-ESI-MS/MS. *Journal Of Chromatographic Science*, [s.l.], v. 55, n. 3, p.291-300, 24 nov. 2016.
- CORTÉS-ROJAS; D. F.; SOUZA; C. R. F.; OLIVEIRA, W. P. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. Volume 4, Issue 2, Pages 90-96, 2014.
- CUNHA, Uemerson Silva da et al. Frações de *Trichilia pallens* com atividade inseticida sobre *Tuta absoluta*: Fractions of *Trichilia pallens* with insecticidal activity against *Tuta absoluta*. *Pesq. Agropec. Bras*, Brasília, v. 41, n. 11, p.1579-1585, nov. 2006.
- DO, Quy Diem et al. Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal Of Food And Drug Analysis*, [s.l.], v. 22, n. 3, p.296-302, set. 2014.
- ENAN, Essam. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry And Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, [s.l.], v. 130, n. 3, p.325-337, nov. 2001.
- FATHONI, A. et al. Identification of nonvolatile compounds in clove (*Syzygium aromaticum*) from Manado. *American Institute Of Physics*, [s.l.], p.1-10, 2017.

FUKATSU, Tokihiro et al. Field monitoring support system for the occurrence of *Leptocorisa chinensis* Dallas (Hemiptera: Alydidae) using synthetic attractants, Field Servers, and image analysis. *Computers And Electronics In Agriculture*, [s.l.], v. 80, p.8-16, jan. 2012.

GIRÃO FILHO, J.e. et al. Repelência e atividade inseticida de pós vegetais sobre *Zabrotes subfasciatus* Boheman em feijão-fava armazenado. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, [s.l.], v. 16, n. 3, p.499-504, set. 2014

GOLDSHTEIN, E. et al. Development of an automatic monitoring trap for Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) to optimize control applications frequency. *Computers And Electronics In Agriculture*, [s.l.], v. 139, p.115-125, jun. 2017

GUARNIERI, Adriano et al. Automatic trap for moth detection in integrated pest management. *Bulletin Of Insectology* 6, Italia, p.247-251, 2011.

GHOSH A, CHOWDHURY N, CHANDRA G. Plant extracts as potential mosquito larvicides. *Indian J Med Res* .; 135 (5): 581-98. 2012

GUPTA, V.k.; JINDAL, Vikas. *Biotechnological Approaches for Insect Pest Management. Integrated Pest Management*, [s.l.], p.311-335, 2014.

HENDRICHS, J. et al. Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: the importance of mating behavior studies. *Florida Entomologist*, [s.l.], v. 85, n. 1, p.1-13, mar. 2002.

HENDRICHS, Jorge; ROBINSON, Alan. Sterile Insect Technique. *Encyclopedia Of Insects*, [s.l.], p.953-957, 2009.

HOSSAIN, Mohammad B. et al. Characterization of Phenolic Composition in Lamiaceae Spices by LC-ESI-MS/MS. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, [s.l.], v. 58, n. 19, p.10576-10581, 13 out. 2010.

ISMAN, Murray B.. Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops And Products*, [s.l.], v. 110, p.10-14, dez. 2017.

JAIROCE, CARLOS F., TEIXEIRA, CRISTIANO M., NUNES, CAMILA F. P., NUNES, ADRISE M., PEREIRA, CLAUDIO M. P., & GARCIA, FLÁVIO R. M. Insecticide activity of clove essential oil on bean weevil and maize weevil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(1), 72-77, 2016.

KIBIRA, M., AFFOIGNON, H., NJEHIA, B., MURIITHI, B., MOHAMED, S., EKESI, S., Economic evaluation of integrated management of fruit fly in mango production in Embu County, Kenya. *Afr. J. Agric. Resour. Econ.* 10, 343–353. 2010.

KORIR, J.K., AFFOIGNON, H.D., RITHO, C.N et al., Grower adoption of an integrated pest management package for management of mango-infesting fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Embu, Kenya. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 35:1-10. 2015.

KUBATKA, Peter et al. Antineoplastic effects of clove buds (*Syzygium aromaticum* L.) in the model of breast carcinoma. *Journal Of Cellular And Molecular Medicine*, [s.l.], v. 21, n. 11, p.2837-2851, 19 maio 2017.

KUMAR, Peeyush et al. Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Industrial Crops And Products*, [s.l.], v. 34, n. 1, p.802-817, jul. 2011.

LIMA, E. O.; GOMPERTZ, O. F.; GIESBRECHT, A. M.; PAULO, M. Q. "In vitro antifungal activity of essential oils obtained from officinal plants against dermatophytes," *Mycoses*, vol. 36, no. 9-10, pp. 333–336, 1993

LÓPEZ, Otoniel et al. Monitoring Pest Insect Traps by Means of Low-Power Image Sensor Technologies. *Sensors*, [s.l.], v. 12, n. 11, p.15801-15819, 13 nov. 2012..

MALAVASI, Aldo. Biologia, Ciclo de vida, relação com o hospedeiro, espécie importantes e biogeografia de Tefrídeos. In: MALAVASI, Aldo; VIRGINIO, Jair (Ed.). **Biologia, Monitoramento e Controle de Moscas-das-frutas: V Curso internacional de capacitação em Moscas-das-frutas**. Juazeiro: Biofábrica Moscamed Brasil, 2009. Cap. 1. p. 1-96.

MAMUN, Msa; SHAHJAHAN, M; AHMAD, M. Laboratory evaluation of some indigenous plant extracts as toxicants against red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *Journal Of The Bangladesh Agricultural University*, [s.l.], v. 7, n. 1, p.1-5, 16 abr. 2010.

MANOUKIS, Nicholas C.; HALL, Brian; GEIB, Scott M.. A Computer Model of Insect Traps in a Landscape. *Scientific Reports*, [s.l.], v. 4, n. 1, p.1-10, 12 nov. 2014.

MARQUES, Thiago Henrique Costa et al. Atividade anticolinesterásica e perfil químico de uma fração cromatográfica ativa do extrato etanólico das flores *Bellis perennis* L. (Asteraceae). *Química Nova*, [s.l.], v. 36, n. 4, p.549-553, 2013.

MARTINS, Cláudia Rocha; LOPES, Wilson Araújo; ANDRADE, Jailson Bittencourt de. Solubilidade das substâncias orgânicas. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 8, n. 36, p.1248-1255, jul. 2013.

MAZHAWIDZA, Edwin; MVUMI, Brighton M.. Field evaluation of aqueous indigenous plant extracts against the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. and the rape aphid, *Brevicoryne brassicae* L. in brassica production. *Industrial Crops And Products*, [s.l.], v. 110, p.36-44, dez. 2017.

MENDONÇA, Alexandre Tourino et al. A utilização dos extratos hidroalcoólico e alcoólico de *Eugenia uniflora* L. como agente antibacteriano. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, [s.l.], v. 14, n. 1, p.826-833, 2016.

MIGUEL, Maria Graça et al. Toxic Effects of Three Essential Oils on *Ceratitis capitata*. *Journal Of Essential Oil Bearing Plants*, [s.l.], v. 13, n. 2, p.191-199, jan. 2010.

NAVARRO-SILVA, M.A.; MARQUES, F.A.; DUQUE, J.E.L. Review of semiochemicals that mediate the oviposition of mosquitoes: a possible sustainable tool for the control and monitoring of Culicidae. *Revista Brasileira de Entomologia*, Curitiba, v.53, n.1, p.1-6, 2009.

NAVARRO-LLOPIS, Vicente et al. Mediterranean fruit fly suppression using chemosterilants for area-wide integrated pest management. *Pest Management Science*, [s.l.], v. 66, n. 5, p.511-519, maio 2010.

NISHIDA, Ritsuo et al.  $\beta$ -Copaene, A Potential Rendezvous Cue for the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis Capitata*? *Journal Of Chemical Ecology*, [s.l.], v. 26, n. 1, p.87-100, 2000.

OKUYAMA, Toshinori et al. Using automated monitoring systems to uncover pest population dynamics in agricultural fields. *Agricultural Systems*, [s.l.], v. 104, n. 9, p.666-670, nov. 2011.

ORHAN, Furkan et al. Isolation of some luteolin derivatives from *Mentha longifolia* (L.) Hudson subsp. *longifolia* and determination of their genotoxic potencies. *Food Chemistry*, [s.l.], v. 135, n. 2, p.764-769, nov. 2012.

PAOLI, Severo de et al. Effects of clove (*Caryophyllus aromaticus* L.) on the labeling of blood constituents with technetium-99m and on the morphology of red blood cells. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, [s.l.], v. 50, n. , p.175-182, set. 2007.

PAPANASTASIOU, Stella A. et al. Toxic and hormetic-like effects of three components of citrus essential oils on adult Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*). *Plos One*, [s.l.], v. 12, n. 5, p.1-12, 16 maio 2017.

PETERSEN, M. Rosmarinic acid. *Phytochemistry*, [s.l.], v. 62, n. 2, p.121-125, jan. 2003.

R CORE TEAM (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acessado em Novembro de 2018.

RAMPELOTTI-FERREIRA, Fátima Terezinha et al. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). *Ec*

RATTMANN, Yanna D. et al. Analysis of Flavonoids from *Eugenia uniflora* Leaves and Its Protective Effect against Murine Sepsis. *Evidence-based Complementary And Alternative Medicine*, [s.l.], v. 2012, p.1-9, 2012.

RENDON, Pedro et al. The effects of sterile males and two braconid parasitoids, *Fopius arisanus* (Sonan) and *Diachasmimorpha krausii* (Fullaway) (Hymenoptera), on caged populations of Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) at various sites in Guatemala. *Biological Control*, [s.l.], v. 36, n. 2, p.224-231, fev. 2006.

SÁNCHEZ, Guillermo et al. Augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) for *Ceratitis capitata* (Diptera). *Biological Control*, [s.l.], v. 103, p.101-107, dez. 2016.

SHAALAN, Essam Abdel-salam et al. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environment International*, [s.l.], v. 31, n. 8, p.1149-1166, out. 2005.

SHELLY, T. E.. Mate choice by wild and mass-reared females of the Mediterranean fruit fly. *Journal Of Applied Entomology*, [s.l.], v. 136, n. 3, p.238-240, 25 mar. 2011.



SRITABUTRA, Duangkamon et al. Evaluation of herbal essential oil as repellents against *Aedes aegypti* (L.) and *Anopheles dirus* Peyton & Harrion. *Asian Pacific Journal Of Tropical Biomedicine*, [s.l.], v. 1, n. 1, p.124-128, set. 2011

SHELLY, Todd E. et al. Aromatherapy in the Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Journal Of Economic Entomology*, [s.l.], v. 97, n. 3, p.846-853, 1 jun. 2004.

SHELLY, Todd E. et al. Scented Males and Choosy Females: Does Male Odor Influence Female Mate Choice in the Mediterranean Fruit Fly?. *Journal Of Chemical Ecology*, [s.l.], v. 33, n. 12, p.2308-2324, 21 nov. 2007.

SILVA, Cristiano Pereira da et al. Extratos Vegetais de Espécies de Plantas do Cerrado Sul-Matogrossense com Potencial de Bioherbicida e Bioinseticida: Plants Extract from Cerrado Sul-Matogrossense with Bioherbicide and Bioinsecticide Potential. *Uniciências, Paraná*, v. 21, n. 1, p.25-34, 2017.

SILVA, M. A. et al. Threshold Concentration of Limonoids (Azamax) for Preventing Infestation by Mediterranean Fruit Fly (Diptera: Tephritidae). *Journal Of Economic Entomology, Reino Unido*, v. 2, n. 108, p.629-639, abr. 2015.

SOSA, Andrea et al. Insecticidal effects of *Vernonanthura nebularum* against two economically important pest insects. *Saudi Journal Of Biological Sciences*, [s.l.], p.1-9, jan. 2018.

SOUZA, Celestina Elba Sobral de et al. LC-MS characterization, anti-kinetoplastide and cytotoxic activities of natural products from *Eugenia jambolana* Lam. and *Eugenia uniflora*. *Asian Pacific Journal Of Tropical Biomedicine*, [s.l.], v. 7, n. 9, p.836-841, set. 2017.

VAN LENTEREN, Joop C.. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biocontrol*, [s.l.], v. 57, n. 1, p.1-20, 28 jul. 2011.

VARGAS, Roger I. et al. Regional Suppression of *Bactrocera* Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) in the Pacific through Biological Control and Prospects for Future Introductions into Other Areas of the World. *Insects*, [s.l.], v. 3, n. 3, p.727-742, 10 ago. 2012.

VELASQUES, Jannaina et al. The rescue of botanical insecticides: A bioinspiration for new niches and needs. *Pesticide Biochemistry And Physiology*, [s.l.], v. 143, p.14-25, nov. 2017.

VONTAS, John et al. Insecticide resistance in Tephritid flies. *Pesticide Biochemistry And Physiology*, [s.l.], v. 100, n. 3, p.199-205, jul. 2011.

ZHANG, Qing-he; SCHNEIDMILLER, Rodney G; HOOVER, Doreen R. Essential oils and their compositions as spatial repellents for pestiferous social wasps. *Pest Management Science*, [s.l.], v. 69, n. 4, p.542-552, 19 out. 2012.

ZIELIŃSKI, H.; KOZIOWSKA, H. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Cereal Grains and Their Different Morphological Fractions. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, v. 48, n. 6, p.2008-2016, jun. 2000.

ZUCCHI, RA & MORAES, RCB 2012. Moscas-das-frutas no Brasil - Hospedeiros e parasitóides da mosca-das-frutas do Mediterrâneo. Disponível em: [www.lea.esalq.usp.br/ceratitiss/](http://www.lea.esalq.usp.br/ceratitiss/), atualizado em 17 de setembro de 2018.

YANG, Young-cheol et al. Ovicidal and Adulticidal Effects of *Eugenia caryophyllata* Bud and Leaf Oil Compounds on *Pediculus capitis*. Journal Of Agricultural And Food Chemistry, [s.l.], v. 51, n. 17, p.4884-4888, ago. 2003

WAN, Nian-feng et al. An ecological indicator to evaluate the effect of chemical insecticide pollution management on complex ecosystems. Ecological Indicators, [s.l.], v. 53, p.11-17, jun. 2015.

WATERHOUSE, A.L. Determination Of Total Phenolics, in current Protocols in food analytical chemistry. Wiley, Hoboken, NJ. p. I1.1.1-I1.1.18, 2002

