



OZAEL DAVID VALÉRIO DA SILVA

Toxicidade de óleos essenciais sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) em grãos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

TERESINA – PI

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

S586t Silva, Ozael David Valério da
Toxicidade de óleos essenciais sobre *Callosobruchus maculatus*
(Fabr.,1775) em grãos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp / Ozael
David Valério da Silva – 2018.
42 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Pro-
grama de Pós-Graduação em Agronomia, Teresina, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva

1. Fumigação 2. Repelência 3. Concentração letal 4. Feijão-
caupi 5. Controle alternativo I. Título.

CDD 632.94

OZAEL DAVID VALÉRIO DA SILVA

**Toxicidade de óleos essenciais sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775)
em grãos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Piauí, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia-
Agricultura Tropical, para obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva

Orientador

Prof. Dr^a. Solange Maria de França

Coorientador

TERESINA - PI

2018

OZAEI DAVID VALÉRIO DA SILVA

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAS SOBRE *Callosobruchus Maculatus*
(FABR.,1775) EM GRÃOS DE *Vigna Unguiculata* (L.) WALP.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

APROVADO em 26 de junho de 2018.

Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Gutierrez Nelson Silva – IFMA



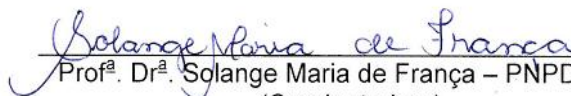
Prof. Dr. Tadeu Barbosa Martins Silva – UESPI



Prof. Dr. Douglas Rafael e Barbosa Silva – IFMA



Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva – CCA/UFPI
(Orientador)



Prof.^a. Dr.^a. Solange Maria de França – PNP/UFPI
(Coorientadora)

TERESINA-PI

2018

A Deus, por ser meu refúgio e fortaleza, socorro bem presente na angústia.
*A minha filha Ana Luiza, que além do apoio e incentivo foi amorosa e compreensiva
quando precisava dividir a atenção e a presença física do pai com os estudos.
Ao meu pai Osmende, minha mãe Socorro, meus irmãos Osmende Filho e Karyne e
a toda minha família e amigos que me apoiaram e incentivaram nessa etapa de
minha vida.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por se lembrar de mim, e pelo seu favor que me faz crescer.

A Universidade Federal do Piauí e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical pela oportunidade de fazer o curso.

A Agência de Defesa Agropecuária do estado do Piauí - ADAPI pela oportunidade de qualificação profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva pelos ensinamentos, orientação, paciência e amizade.

A minha coorientadora Prof^a. Dr^a Solange Maria de França pelos ensinamentos, orientação, paciência, cobranças, convívio e amizade.

A graduanda de Engenharia Agrônoma e estagiária do Laboratório de entomologia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI, Leticia Rodrigues da Silva pelo comprometimento com o trabalho, convívio e amizade.

A Dr^a Kamilla de Andrade Dutra por ter contribuído diretamente nesse trabalho.

Aos amigos e companheiros do Laboratório de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI e de pós-graduação que fizeram parte dessa árdua caminhada e que irão continuar presentes em minha vida.

*“Porque melhor é a sabedoria do que as joias;
e de tudo o que se deseja nada se pode
comparar com ela”*

Salomão

RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma importante cultura no nordeste do Brasil e tem como principal praga de seus grãos armazenados o *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchinae) em condição de armazenamento. O principal método de controle utilizado para esta praga é o químico, principalmente os fumigantes, entretanto uma alternativa promissora é a utilização de compostos provenientes de plantas com propriedades inseticidas no seu controle. O objetivo foi avaliar a toxicidade dos óleos essenciais de *Juniperus communis* (Zimbro), *Pelargonium graveolens* (Gerânio bourbon), *Origanum majorana* (Manjerona), *Amyris balsamifera* (Sândalo) no controle de *C. maculatus*, em grãos de feijão-caupi em condições de armazenamento, avaliando seus efeitos letais e subletais por meio de contato e repelência e seu efeito letal por fumigação. A análise cromatográfica identificou como componentes majoritários os compostos Citronellol (22,07%), Geraniol (12,69%) e Citronellyl formate (11,63%) para *P. graveolens*, α -Pinene (67,03%), β -Pinene (12,85%), Limonene (4,22%) e Myrcene (3,95%) para *J. communis*, Terpinene-4-ol (25,95%), E- Sabinene hydrate (15,19%), γ - Terpinene (13,67%), α - Terpinene (8,29%), Z- Sabinene hydrate (7,05%) e Sabinene (6,07%) para *O. majorana* e Valerianol (23,94%), Elemol (10,83%), β -Eudesmol (10,69%), 7-epi- α -Selinene (10,63%) e 10-epi- γ -eudesmol (8,71%) para *A. balsamifera*. As CL₅₀ dos testes de contato variaram de 0,24 a 3,13 mL/kg de grão, indicando que *J. communis* obteve a maior CL₅₀ e o *O. majorana* a menor. Nos testes de fumigação as CL₅₀ dos óleos essenciais de *J. communis*, *P. graveolens* e *O. majorana* variaram entre 0,032 e 1,132 mL/L de ar e foram respectivamente 0,381, 1,132 e 0,032 mL/L de ar. Nos testes de repelência, os óleos essenciais em todas as concentrações testadas apresentaram efeito repelente e deterrente à oviposição, na menor concentração utilizada (CL₂₅), destacando a repelência como efeito subletal dos óleos. Os óleos essenciais de *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* causaram mortalidade em *C. maculatus* por contato e fumigação e o óleo de *A. balsamifera* apenas por contato. *O. majorana* foi o mais tóxico por contato e por fumigação. Os óleos essenciais de *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* e *A. balsamifera* possuem efeitos repelentes a adultos e deterrentes a oviposição de *C. maculatus*.

Palavras-chave: Fumigação, Repelência, Concentração letal, Feijão-caupi, Controle alternativo

ABSTRACT

The cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is an important crop in the Brazilian northeast and its main pest on stored cowpea beans is *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchinae) on stored conditions. The most common control method for this pest is chemical insecticide, mostly the fumigant ones, however a promising alternative is the use of compounds derived from plants with insecticidal properties on its pest control. The purpose of this work was evaluation of toxicity of essential oils from *Juniperus communis* (Zimbro), *Pelargonium graveolens* (Geranium bourbon), *Origanum majorana* (Marjoram), *Amyris balsamifera* (West Indian sandalwood) on *C. maculatus* control in cowpea seeds at stored conditions, assessing their lethal and sublethal effects by contact and repellency and the lethal effect by fumigation. The chromatographic analysis identified as major components Citronellol (22,07%), Geraniol (12,69%) and Citronellyl formate (11,63%) for *P. graveolens*, α -Pinene (67,03%), β -Pinene (12,85%), Limonene (4,22%) and Myrcene (3,95%) for *J. communis*, Terpinen-4-ol (25,95%), E-Sabinene hydrate (15,19%), γ -Terpinene (13,67%), α -Terpinene (8,29%), Z-Sabinene hydrate (7,05%) and Sabinene (6,07%) for *O. majorana* and Valerianol (23,94%), Elemol (10,83%), β -Eudesmol (10,69%), 7-epi- α -Selinene (10,63%) and 10-epi- γ -eudesmol (8,71%) for *A. balsamifera*. The LC₅₀ from contact test varied from 0,24 to 3,13 mL/kg of seeds, indicating that *J. communis* achieved the largest LC₅₀ and the *O. majorana* the smallest. In fumigation tests, the LC₅₀ of the essential oils from *J. communis*, *P. graveolens* and *O. majorana* varied between 0,032 up to 1,132 mL/L of air and were respectively 0,381, 1,132 and 0,032 mL/L of air. In repellency tests, the essential oils at all tested concentrations presented deterrent effect on oviposition, in the lowest concentration used (LC₂₅), highlighting the repellency as a sublethal effect of the oils. The essential oils from *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* caused mortality in *C. maculatus* by contact and fumigation and the *A. balsamifera* oil only by contact. *O. majorana* presented the most toxic effect by contact and fumigation. The essential oils from *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* and *A. balsamifera* have repellent effects in adults and oviposition deterrence of *C. maculatus*.

Keywords: Fumigation, Repellency, Lethal concentration, cowpea, alternative control

Lista de tabelas

Tabela 1. Perfil químico dos óleos essenciais	19
Tabela 2. Concentrações letais (mL/kg de grão) por contato e razões de toxicidade de óleos essenciais em adultos de <i>C. maculatus</i>	25
Tabela 3. Equações para postura e emergência dos produtos testados e seus respectivos parâmetros de ajuste (F, Teste de Fisher; P, valor da significância e; R ² , coeficiente de determinação)	26
Tabela 4. Índice e classificação de preferência para oviposição de <i>C. maculatus</i> obtidos em feijão-caupi tratados e não tratados com óleos essenciais.....	29
Tabela 5. Porcentagem de redução de emergência de adultos de <i>C. maculatus</i> obtidos em feijão-caupi tratados e não tratados com óleos essenciais.....	31
Tabela 6. Toxicidade por fumigação (mL/L de ar) e razões de toxicidade de óleos essenciais em adultos de <i>C. maculatus</i>	33

Lista de figuras

Figura 1. Teste de repelência	16
Figura 2. Número de insetos atraídos (média \pm EP) (n = 800) em grãos de feijão-caupi tratados e não tratadas com as CL ₉₅ (A), CL ₅₀ (B), CL ₂₅ (C) de diferentes óleos essenciais.....	28

SUMÁRIO

RESUMO	<u>VIVII</u>
ABSTRACT	<u>VIIIVIII</u>
LISTA DE TABELAS	<u>VIIIIX</u>
LISTA DE FIGURAS	<u>IXX</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 <i>VIGNA UNGUICULATA</i> (L.) WALP	2
2.2 <i>CALLOSOBRUCHUS MACULATUS</i>	3
2.3 PRINCIPAIS MÉTODOS DE CONTROLE DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS	4
2.3.1 CONTROLE QUÍMICO	4
2.3.2 CONTROLE FÍSICO	5
2.3.3 VARIEDADES RESISTENTES	5
2.3.4 PLANTAS COM PROPRIEDADES INSETICIDAS	5
2.4 ÓLEOS ESSENCIAIS	6
2.4.1 TOXICIDADE POR CONTATO	7
2.4.2 EFEITO REPELENTE	8
2.4.3 EFEITO FUMIGANTE	8
2.5 <i>JUNIPERUS COMMUNIS</i> L. (ZIMBRO)	9
2.6 <i>PELARGONIUM GRAVEOLENS</i> L'HÉR (GERÂNIO BOURBON)	10
2.7 <i>ORIGANUM MAJORANA</i> L. (MANJERONA)	11
2.8 <i>AMYRIS BALSAMIFERA</i> L. (SÂNDALO)	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 CRIAÇÃO DE <i>C. MACULATUS</i>	12
3.2 GRÃOS DE CAUPI - ORIGEM, CONTROLE DA UMIDADE E DE INFESTAÇÕES	12
3.3 OBTENÇÃO E IDENTIFICAÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS	13
3.4 TOXICIDADE POR CONTATO DOS ÓLEOS VEGETAIS SOBRE <i>C. MACULATUS</i>	14
3.5 EFEITO REPELENTE DOS ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE <i>C. MACULATUS</i>	15
3.6 TESTE DE TOXICIDADE POR FUMIGAÇÃO	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 IDENTIFICAÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS	17
4.2 EFEITO DE TOXICIDADE POR CONTATO DOS ÓLEOS VEGETAIS SOBRE <i>C. MACULATUS</i>	23
4.3 EFEITO REPELENTE DOS ÓLEOS VEGETAIS SOBRE <i>C. MACULATUS</i>	27
4.4 TOXICIDADE POR FUMIGAÇÃO	32
5 CONCLUSÕES	34
6 REFERÊNCIAS	35

1 Introdução

Na região nordeste do Brasil o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma das culturas mais importantes, servindo como fonte de alimento e gerando emprego e renda, principalmente ao pequeno produtor (FREIRE FILHO et al., 2011). O Nordeste é responsável por 58,57% da produção nacional do grão que é de 841,3 mil toneladas. O Piauí destaca-se como 4º produtor nacional e 3º no nordeste, com produção de 94 mil toneladas, área plantada de 240,7 mil hectares e produtividade média de 390kg/ha (CONAB, 2018). Sendo comercializado como grãos secos, feijão verde (vagem verde ou grão verde debulhado) e sementes, ser consumido verde ou grãos secos e tendo a possibilidade dos grãos secos e sementes serem armazenados por longos períodos (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é atacado por diversas pragas, com destaque a uma praga que causa dano direto ao produto de maior valor, a semente. A referida praga, *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchinae), é uma das principais pragas dos grãos de feijão-caupi armazenado. A sua infestação pode ocorrer ainda no campo ou em condições de armazenamento e os danos causados pelo seu ataque reduzem o peso dos grãos e em sementes compromete a formação de novas plantas saudáveis (MARSARO JÚNIOR; VILARINHO, 2011).

Dentre os vários métodos utilizados para controlar pragas de grãos armazenados o de maior uso é o químico, por meio de produtos fumigantes. O que gera situações indesejadas como resistência de insetos e riscos à saúde humana (LORINI et al., 2015). Hoje observamos a necessidade de se evitar ou reduzir o uso de agrotóxicos em todas as situações e em especial no que diz respeito ao uso de inseticidas. Pesquisas vem sendo realizadas visando encontrar alternativas para o controle de pragas, enfatizando o uso de métodos com menor efeito residual, menos tóxico ao meio ambiente e ao ser humano (MELO et al., 2014; CORRÊA & SALGADO, 2011; CORRÊA & VIEIRA, 2007).

Uma alternativa que atualmente vem sendo muito estudada é a utilização de compostos provenientes de plantas com propriedades inseticidas. Em especial o uso de óleos essenciais vem despertando grande interesse por demonstrar eficiência no controle de pragas, sendo estudados seus efeitos tóxicos por contato e fumigação e

ainda seu efeito repelente (ALVES et al., 2015; BRITO et al., 2006; DIMIREL & ERDOGAN, 2017; DUTRA et al., 2016).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os óleos essenciais de *Juniperus communis* (Zimbro), *Pelargonium graveolens* (Gerânio bourbon), *Origanum majorana* (Manjerona), *Amyris balsamifera* (Sândalo) no controle de *C. maculatus*, em sementes de feijão-caupi em condições de armazenamento, por meio de testes de contato e repelência e seu efeito letal por fumigação.

2 Revisão bibliográfica

2.1 *Vigna unguiculata* (L.) Walp

Vigna unguiculata (L.) Walp é uma espécie pertencente à Divisão das Dicotiledôneas; Ordem Fabales; Família Fabaceae; Subfamília Faboideae; Tribo Phaseoleae; Subtribo Phaseolineae (VERDCOURT, 1970). *V. unguiculata* recebe diferentes nomes, que variam de acordo com países e línguas, tais como: feijão-caupi no Brasil, cowpea nos Estados Unidos da América, feijão frade em Portugal, feijão macúndi em Angola, ribiza na Costa Rica, entre outros. No Brasil o feijão-caupi recebe diversos nomes, de acordo com a região do país, chamado de feijão miúdo (Região Sul), feijão fradinho (Estado do Rio de Janeiro), feijão catador e feijão gurutuba no norte de Minas Gerais e em algumas regiões da Bahia, no Nordeste como feijão macassar e feijão-de-corda, na Região Norte, feijão praia e feijão de estrada (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi é uma Fabaceae bastante cultivada nos semiáridos da África, Estados Unidos e nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Na safra 2015/2016 a região Nordeste destacou-se como a maior região produtora, com ênfase especial para os estados do Piauí e da Bahia que totalizaram uma produção de 152,9 mil toneladas, representando 96,96% da produção nacional da cultura (CONAB, 2016). Esse destaque para produção no Nordeste, é devido ser um alimento básico das populações rural e urbana dessa região (LOPES et al., 2001). Na Região Meio-Norte do Brasil (Piauí e Maranhão), historicamente, o feijão-caupi sempre foi considerado uma cultura de pequenos agricultores, com sua produção voltada para o autoconsumo, de baixa absorção tecnológica e de alta concentração de mão-de-obra (FROTA et al., 2000).

O feijão-caupi pode ser consumido verde ou como grãos secos e possui sementes que podem ser armazenadas por longos períodos desde que possuam condições favoráveis de armazenamento e sanidade. O potencial de armazenamento da semente é influenciado pelo estágio de maturação, secagem adequada, danificações mecânicas na operação de trilha/limpeza, sanidade (contaminação por microrganismos), beneficiamento e infestação por insetos ainda no campo, funcionando como fonte de inóculo para o armazém (SMIDERLE et al., 2009). *C. maculatus* é uma importante praga no armazenamento do feijão-caupi, sendo encontrado em todas as regiões tropicais e subtropicais da Terra (FARONI; SOUSA, 2006).

2.2 *Callosobruchus maculatus*

Callosobruchus maculatus (Fabr., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae) é uma praga primária interna do feijão-caupi, atacando sementes, onde grãos inteiros e sadios, perfurando as sementes e nestas penetram para completar seu desenvolvimento, alimentam-se de todo o tecido de reserva da semente e possibilitam a instalação de outros agentes de deterioração. Infestações graves podem levar a perdas de grãos de até 30% dentro de seis meses de armazenamento (SINGH; ALLEM, 1979).

Os Adultos medem de 2 a 3 mm de comprimento, o élitro é marrom avermelhado e tem duas grandes manchas vermelhas. O tórax é coberto com uma seta branca fina (ROBINSON, 2005). É um inseto holometabólico com estágios de ovo a adulto encontrado no grão e estágios larval e pupal vivendo dentro do grão, onde as larvas perfuram os grãos que se tornam inadequados para o consumo humano ou com reduzida viabilidade para o plantio (DEVI; DEVI, 2014). As fêmeas preferem ovipositar em feijão-caupi; a fecundidade é de 100-130 ovos; esses ovos são colocados isoladamente no campo ou nas sementes em armazenamento; os ovos são colados na superfície do grão e são tolerantes a baixas temperaturas. O desenvolvimento larval possui cinco estágios e no caupi leva 21 dias a 30 °C e 70% de Umidade Relativa. A temperatura mínima para o desenvolvimento é 19 °C e a máxima é 37 °C. A pupação ocorre dentro da semente em uma câmara coberta por uma janela fina; o período pupal é de 7 dias e todo o ciclo de vida leva cerca de 35 dias (ROBINSON, 2005). Os adultos emergem da semente através de orifícios na

superfície do grão feitos pelas larvas, que são chamados de janelas de emergência, que facilitam o reconhecimento da infestação (SINGH; ALLEM, 1979).

Esta espécie geralmente está associada a *V. unguiculata* (feijão-caupi), *V. radiata* (mung bean), *V. subterranea* (amendoim), *Cicer arietinum* (grão de bico) e outras leguminosas. Existem formas morfológicamente distintas de *C. maculatus*, a forma sem vôo, que infesta as sementes armazenadas e uma forma voadora que infesta no campo sementes em formação (ROBINSON, 2005).

2.3 Principais métodos de controle de pragas de grãos armazenados

Diversos métodos são utilizados para controlar pragas de grãos armazenados, como o controle químico, controle físico e o uso de variedade resistente. Hoje um segmento dentro do controle de pragas de grãos armazenados que vem crescendo e sendo objeto de pesquisas, é a utilização de plantas com propriedades inseticidas, na forma de extratos vegetais, pós secos, óleos fixos e essenciais.

2.3.1 Controle Químico

O controle químico realizado com inseticidas, apresenta maiores vantagens devido à sua eficiência e facilidade de uso, porém sua utilização contínua, sem seletividade e rotação de produtos pode causar eliminação dos insetos benéficos, explosões populacionais de pragas e perda da eficácia do inseticida mediante a manifestação da resistência dos insetos a esses compostos químicos (MARANGONI, et al., 2012).

O uso de inseticidas é o método de controle de pragas de grãos armazenados mais empregado, podendo ser utilizado de forma preventiva ou curativa. O tratamento preventivo de grãos ou sementes consiste em aplicar inseticidas líquidos sobre os grãos, onde esses inseticidas protegeram contra o ataque de pragas que tentarão se instalar na massa de grãos ou lote de sementes. O tratamento curativo, denominado expurgo ou fumigação é uma técnica empregada para eliminar pragas infestantes em sementes e grãos armazenados mediante uso de gás em local com vedação, devendo ser empregado quando houver infestação no lote, silo ou armazém (LORINI et al., 2015). Inseticidas são substâncias químicas utilizadas para matar, atrair e repelir insetos, sendo sua descoberta, isolamento, síntese, avaliação toxicológica e de impacto ambiental um vasto tópico de pesquisas no mundo inteiro e que tem se desenvolvido bastante nas últimas décadas (VIEGAS JUNIOR, 2003).

No Brasil há apenas um produto registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA indicado para uso no controle de *C. maculatus* em feijão-caupi, o Degesch-Fumicel® que é um inseticida de classe toxicológica I (altamente tóxico), de uso restrito apenas para a Fumigação (expurgo) de produtos agrícolas armazenados. Sua ação é essencialmente citotóxica, é altamente perigoso ao meio ambiente, extremamente tóxico para mamíferos (principalmente por via inalatória) e altamente tóxico para organismos aquáticos (AGROFIT, 2017).

2.3.2 Controle Físico

O controle físico era o principal método de controle de pragas de grãos armazenados, até o surgimento e ampliação do controle químico. Esse controle envolve a manipulação dos fatores físicos para reduzir a população da praga a um nível tolerável ou eliminá-la, assim, podem ser empregados para controle das pragas de grãos armazenados, isoladamente ou combinados. Diversas técnicas podem ser utilizadas, mas as principais consistem na alteração da temperatura e umidade, e a atmosfera modificada, que está baseada na modificação da atmosfera, pela modificação da concentração dos gases CO₂, O₂ ou N₂, o que torna o ambiente letal a insetos (LORINI, 2005).

2.3.3 Variedades Resistentes

A busca por variedades resistentes vem crescendo para controle de *C. maculatus*. Sousa et al. (2016) observaram que diferentes variedades de feijão-caupi demonstram diferentes graus de resistência a *C. maculatus* pois afetam parâmetros biológicos, como a emergência de adultos, a viabilidade e duração da fase imatura e concluiu que algumas variedades poderiam ser utilizadas no manejo integrado de *C. maculatus*. Algumas variedades de feijão-caupi demonstram resistência do tipo não preferência e outras resistência do tipo antibiose, assim, futuros cruzamentos entre variedades resistentes tem potencial para se obter variedades com maiores níveis de resistência (CASTRO et al., 2013).

2.3.4 Plantas com propriedades inseticidas

As plantas possuem defesas químicas sutis sobre herbívoros, defesas essas que foram moldadas em processo de evolução. Extratos vegetais são utilizados por conterem compostos de defesa de plantas por possuírem propriedades inseticidas.

Embora os extratos vegetais possuam numerosos compostos mais complexos que os inseticidas sintéticos, dificultando o desenvolvimento de resistência de herbívoros, esses extratos não são exceção a possibilidade do aparecimento dessa resistência (RATTAN, 2010). O estudo de mecanismos de defesas de plantas pode ser instrumento para seleção de novos inseticidas que preencham os requisitos de eficácia, segurança e seletividade, devido a coevolução dos insetos com as plantas, sendo as plantas fontes naturais de substâncias inseticidas (MARANGONI, et al., 2012). Algumas plantas já vêm sendo utilizadas no controle de pragas como inseticidas naturais na forma de pós, extratos botânicos e óleos essenciais, que podem ser utilizados no manejo integrado de pragas. Sendo objeto de estudos os mecanismos de defesa de plantas e de seus princípios ativos. Desde a Idade Antiga até os dias atuais extratos de plantas são utilizados pelo homem. Em trabalho realizado no Havaí, o botânico Salen catalogou mais de 2000 espécies de plantas reconhecidas por possuírem propriedades inseticidas. Dentre elas: Saboneteira (*Sapindus saponaria* L.), que controla piolho e pragas de grãos armazenados; Esporinha (*Delphinium ajacis* L.), que atrai e mata larvas de gafanhotos; Cravo-de-defunto (*Tagetes minuta* L.), que, além de nematicida, é repelente de pulgões; Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), que possui propriedades inseticidas e nematicidas já comprovadas em nível de laboratório e campo (MARAGONI et al., 2012).

Algumas plantas já vêm sendo utilizadas no controle de pragas e em estudos de seus princípios ativos como plantas dos gêneros *Chrysanthemum* (Asteraceae) e *Nicotiana* (Solanaceae) e das famílias Meliaceae, Rutaceae e Cneoraceae.

Diversos estudos mostram que há diferentes plantas com propriedades inseticidas e com diferentes formas de utilização. Os produtos a base de plantas têm ocasionado mortalidade por contato e fumigação, e atuado na reprodução reduzindo a postura e emergência de *C. maculatus* e podem ser utilizados na forma de pó vegetal, óleos essenciais e fixos (PEREIRA et al., 2009; MELO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017).

2.4 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são constituídos principalmente de monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanoides, ésteres e outras substâncias de baixo peso molecular e são utilizados normalmente, como misturas, pois suas propriedades

organolépticas estão associadas a vários componentes formando um “bouquet” para cada óleo em particular (CRAVEIRO; QUEIROZ, 1993). Ootani et al. (2013), destaca a utilização de óleos essenciais com efeito inseticida na agricultura, em especial os com efeitos como mortalidade, repelência, deterrência na alimentação, diminuição da oviposição e redução no crescimento em pragas de grãos armazenados e ainda seu estudo como fonte de novos compostos químicos.

Os óleos essenciais são inseticidas de amplo espectro, possuem persistência limitada por serem altamente voláteis, são de menor risco (ambiental e humano) e custo reduzido (CORREIA; VIEIRA, 2007). Além do mais, afetam processos bioquímicos que agem perturbando especificamente o equilíbrio endócrino dos insetos, podendo ser neurotóxico ou atuar como regulador de crescimento, alterando o processo normal de desenvolvimento. Os sintomas mais proeminentes da ação neurotóxica dos óleos essenciais são a hiperatividade seguida de hiper-excitação levando a rápida knockdown e imobilização. Podendo citar como exemplo de ação neurotóxica em insetos o linalol como um inibidor de acetilcolinesterase e thujone que atua sobre receptores GABA (RATTAN, 2010).

2.4.1 Toxicidade por contato

Além de substâncias que atuam por sua ingestão pelo inseto, há substâncias que atuam por contato, sendo absorvidas pelo exoesqueleto ou pelas vias respiratórias (ação fumigante), e possuem potencial para serem usadas no controle de pragas de grãos armazenados.

Mahfuz & khalequzzaman (2007) observaram que entre os óleos essenciais de cardamom [*Elettaria cardamomum* (L.) Maton.], canela (*Cinnamomum aromaticum* Nees), cravo-da índia [*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry], eucalipto (*Eucalyptus spp.*) e neem (*Azadirachta indica* A. Juss.), que os óleos possuem diferentes níveis de toxicidade para adultos de *C. maculatus*, seguindo a seguinte ordem eucalipto > cravo-da-índia > canela > cardamomo > neem. Pereira et al. (2008) observaram que os óleos essenciais de [*Cymbopogon martini* (Roxb.) J.F. Watson], *Piper aduncum* L., *P. hispidinervum* C. DC., *Melaleuca sp.*, *Lippia gracillis* Shauer, testados por meio de contato, foram efetivos na mortalidade de adultos de *C. maculatus* e ainda demonstraram efeitos subletais como redução da postura e emergência de insetos em grãos de caupi.

Concentração subletal (CL₂₀) dos óleos essenciais de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Heracleum persicum* Desf. afetaram negativamente a longevidade, a fecundidade e a fertilidade das fêmeas adultas de *C. maculatus* (IZAKMEHRI et al., 2013).

2.4.2 Efeito Repelente

Estudos recentes em vários países confirmam que alguns óleos essenciais de plantas possuem além da ação inseticida por contato e fumigação a capacidade de repelir insetos. A atividade repelente de óleos essenciais e o efeito sinérgico entre seus componentes vem sendo demonstrada e o seu uso contra insetos é crescente, sendo utilizado até contra vetores de doenças como a malária e na fabricação de repelentes de mosquitos e borrachudos (CORRÊA; SALGADO, 2011).

Oliveira et al. (2017) observaram que entre os óleos essenciais de *Schinus terebenthifolius* Raddi, *Piper aduncum* L., *P. hispidinervum* C. DC., *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry, *Jatropha curcas* L. e *Ricinus communis* L., somente os óleos essenciais de *S. terebenthifolius* e *P. hispidinervum* possuíam efeito repelente sobre adultos de *C. maculatus* em caupi. Cruz et al. (2012) avaliando diferentes óleos observaram que entre os óleos testados (*Hyptis suaveolens* Poit., *Foeniculum vulgare* Miller e *Cytopogon winteriannus* Jowit) o óleo de *C. winteriannus* foi mais eficiente que outros quando se avalia a repelência a *C. maculatus*. Zandi-Sohani et al. (2013), observaram que o óleo essencial de *Lantana camara* L. teve forte atividade repelente contra adultos de *C. maculatus* em todas as concentrações testadas. Esses estudos destacaram a propriedade repelente de alguns óleos essenciais e que nem todos os óleos possuem esse efeito sobre *C. maculatus*.

2.4.3 Efeito fumigante

A fumigação é uma técnica que faz uso de gás em local com vedação, utilizada como tratamento curativo no controle insetos-praga de grãos armazenados (LORINI et al., 2015), e vem sendo feito uso de óleos essenciais que são substâncias voláteis e de baixo peso molecular (CORRÊA; VIEIRA, 2007; OLIVEIRA et al., 2017; ALVES et al., 2015).

O efeito fumigante de óleos essenciais de diversas plantas é observado e comprovado em diversos estudos com pragas de grãos armazenados (CORRÊA;

VIEIRA, 2007; BRITO et al. 2006; OLIVEIRA et al. 2017). Diversos óleos essenciais possuem efeitos fumigantes sobre *C. maculatus* entre eles *Lavandula officinalis* (L.), *Artemisia dracunculoides* (L.), *Heracleum persicum* (Desf.), *Ocimum gratissimum* (L.), *Ocimum basilicum* (L.), *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle, *Lippia alba* (Mill) NE Brown, *Mentha arvensis* (L.) (ALVES et al., 2015; MOTAGHI et al., 2014; MANZOOMI et al., 2010). Entretanto, nem todos os óleos essenciais possuem efeito tóxico a *C. maculatus* por fumigação. Além do mais, óleos essenciais usados por fumigação além da mortalidade produzem efeitos subletais sobre o ciclo de vida de *C. maculatus*, podendo inibir a postura de ovos e a emergência de novos insetos (ALVES et al., 2015).

Alguns fatores devem ser considerados ao avaliar o efeito fumigante como o tempo de exposição de *C. maculatus*, que é inversamente proporcional a Concentração Letal, à medida em que se aumenta a concentração a sua eficiência se dá em menor tempo de exposição e aumentando o tempo de exposição uma dose menor se mostra eficiente (BRITO et al., 2006).

2.5 *Juniperus communis* L. (Zimbro)

Juniperus communis L., também chamado de cedro, genebreiro, junípero, junípero-comum, zimbrão, zimbro, zimbro-anão, zimbro-comum, zimbro-rasteiro e zimbro-vulgar, é uma planta arbustiva perene da família das cupressáceas que ocorre principalmente na Europa. De modo geral não atingem mais de um metro de altura, podendo ocorrer espécimes que atingem dos 2 aos 7 m. Os seus óleos são ricos em hidrocarbonetos monoterpênicos, α -Pino (6,3-38,0%), limoneno (7,0-34,6%), α -phellandreno (2,2-13,1%) e β -cimeno (4,8-10,3%) como os principais constituintes dos óleos das folhas e β -mirceno (25,8%) e α -pino (24,4%) os principais do óleo de frutos secos (CAVALEIRO et al., 2003).

O óleo de *J. communis* possui atividade antifúngica sobre fungos, com comprovada eficiência contra dermatófitos em especial a *Microsporum canis* e *Trichophyton rubrum* (CABRAL et al., 2012). Carroll et al. (2011) observaram sua atividade repelente a *Aedes aegypti* (L.), *Amblyomma americanum* (L.) e *Ixodes scapularis* Say, mostrando-se muito eficiente e impedindo a picada da fêmea de *A. aegypti* em sua menor dose testada. Vardhini et al. (2001) observaram a atividade reguladora de crescimento de um dos compostos presentes em seu óleo essencial, o Sujiol, que interferiu no desenvolvimento das larvas do último instar de *Spodoptera*

litura Fabricius, causando anormalidades morfológicas graves e a aplicação em concentrações mais baixas resultou em formação de adultos que sobreviveram apenas por algumas horas.

2.6 *Pelargonium graveolens* L'Hér (Gerânio Bourbon)

Pelargonium spp. são plantas herbáceas, pertencente à família Geraniaceae, encontradas em regiões tropicais e sua maior diversidade concentra-se na África, entretanto é cultivada em diferentes regiões, inclusive no Brasil, como ornamental e medicinal (GRANDI, 2014). *Pelargonium graveolens* L'Hér é uma planta nativa das encostas secas do Cabo Província da África do Sul e se espalhou para diferentes partes do mundo. Conhecido como gerânio perfumado de rosa, dele se produz um óleo essencial através da destilação da sua biomassa fresca conhecida como óleo de gerânio. O óleo possui um delicado perfume de rosa e é utilizado em perfumes, cremes para mãos, sabões e outros artigos de higiene pessoal (KULKARNI et al., 2002). Como erva medicinal ela é empregada para redução de dores musculares, como tônico, adstringente, inflamações da boca e garganta e no tratamento de úlceras (GRANDI, 2014). Xie et al. (2017) em seu estudo encontraram como os principais constituintes do óleo essencial de gerânio o Citronellol (24,88%), linalool (14,46%), menthone (8,51%) e o geraniol (7,89%).

Há diversos trabalhos com a utilização de plantas do gênero *Pelargonium* e em especial a espécie *P. graveolens* que demonstram seu potencial como inseticidas naturais. Os óleos de diferentes espécies de gerânio perfumado de rosa (*Pelargonium spp.*) são tóxicos para *Stephanitis pyrioides* Scott (Hemiptera: Tingidae), sendo mais potentes que o malathion e nim (ALI et al., 2013). Os extratos de folhas de *P. citrosa* Leaf causaram mortalidade, interferiram na ovoposição e incubação dos ovos, teve efeito inibidor do crescimento de larvas e efeito repelente em adultos de *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae) (JEYABALAN et al., 2003). O óleo essencial de uma espécie de *Pelargonium sp* possui ação inseticida sobre lagartas de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (NICULAU et al., 2013). O óleo essencial de *P. graveolens* possui atividade inseticida sobre as larvas de *Aedes aegypti*, bem como reduz significativamente o número de *Bemisia tabaci* Gennadius biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas jovens de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), além de possuir efeito fumigante sobre essa espécie em baixas

concentrações. Sobre pragas de grãos armazenados, sua eficiência já foi comprovada sobre *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) (RIOS et al., 2017; ABDELGALEIL et al., 2015; BALDIN et al., 2015).

2.7 *Origanum majorana* L. (Manjerona)

Origanum majorana é uma planta da família Lamiaceae, de origem europeia adaptada ao Brasil, onde é largamente cultivada como planta ornamental e medicinal, é chamada vulgarmente por manjerona. Planta herbácea cujo caule flexível, quadrangular, se dispõe de tal modo que forma touceira ou moita que ostenta ramos finos de delicada consistência, alcançando a altura de 40 a 60 cm. Suas folhas são pequenas e pecioladas, de forma oval e revestidas de pelos esbranquiçados, aveludados e finos. As flores são muito pequenas, pedunculadas, de cor branca e reunidas em cachos (GRANDI, 2014).

A manjerona possui um cheiro muito agradável, é usada principalmente na indústria de perfumes e como planta medicinal (GRANDI, 2014). Busatta et al. (2008) relataram que o óleo essencial de manjerona adicionado a salsicha fresca exerceu um efeito bacteriostático em concentrações de óleo menores do que a concentração inibitória mínima (MIC) e que em maiores concentrações de óleo foi demonstrado efeito bactericida. Daferera et al. (2000) observaram que o óleo essencial de manjerona foi eficaz na inibição da germinação dos conídios de *Penicillium digitatum*. Em estudo realizado por Vera & Chane-Ming (1999), foi observado que no óleo essencial de *O. majorana* os componentes em maior quantidade são terpinen-4-ol (38%), hidrato de cis-sabineno (15%), p-cimeno (7%) e terpineno (7%), juntamente com sabineno (5%), terpineol (5%) e terpineno (3%), que somados representaram cerca de 80% do óleo essencial total.

2.8 *Amyris balsamifera* L. (sândalo)

Amyris balsamifera, ou sândalo das Índias Ocidentais, é uma pequena árvore da família Rutaceae, que cresce nas florestas do Haiti e Jamaica, as vezes confundida com Sândalo da Índia Oriental (*Santalum album* L.) (BURDOCK; CARABIN, 2008).

Na composição química do óleo essencial de *A. balsamifera* observa-se que seus principais compostos são β -sesquiphellandrene, elemol, IO-epi- γ -eudesmol, γ -

eudesmol, valerianol, α -eudesmol, 7-epi- α -eudesmol e β -eudesmol (VAN BEEK et al., 1989).

O óleo essencial de *A. balsamifera* vem sendo estudado em diferentes linhas de pesquisa e mostrou uma eficiente atividade repelente sobre *Ixodes scapularis* e *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae), atividade larvicida sobre *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) (CARROLL et al., 2010; PARK; PARK, 2012). Da mesma forma Amer e Mehlhorn (2006), avaliando o efeito larvicida de diversos óleos essenciais, entre eles o de *A. balsamifera*, observou que ele no intervalo de 24 horas causava 100% de mortalidade nas larvas de *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* e *C. quinquefasciatus* (Diptera, Culicidae).

3 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia, do setor de Fitossanidade, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Agrárias- CCA, Campus Ministro Petrônio Portela da Universidade Federal do Piauí- UFPI.

3.1 Criação de *C. maculatus*.

Para todos os experimentos foram criados insetos por várias gerações em grãos de feijão-caupi, variedade Fradinho, pertencente ao grupo sempre verde, em potes de plástico de volume de 1 litro com tampas perfuradas para permitir as trocas gasosas. Os insetos foram confinados por três dias nos recipientes com feijão para efetuarem a oviposição. Após o confinamento os grãos eram peneirados e os insetos descartados. Os recipientes eram mantidos em sala de criação com temperatura controlada em aproximadamente $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até a emergência dos adultos. Esse procedimento foi repetido por sucessivas gerações até se finalizar a montagem dos testes, a fim de assegurar a quantidade de adultos necessários para realização dos experimentos (adaptada de OLIVEIRA et al., 2017).

3.2 Grãos de caupi - Origem, Controle da umidade e de infestações

Com a finalidade de garantir a qualidade e identidade dos grãos para os testes de contato e repelência, foram utilizadas sementes de feijão-caupi, cultivar BR Guariba, limpos e secos, obtidos de produtor rural no município de Teresina. Para eliminação de eventuais infestações de insetos provenientes do campo e do

armazenamento os grãos foram acondicionados em sacos plásticos mantidos em freezer sob temperatura média de -10°C por um período de sete dias. Para atingir o equilíbrio higroscópico após o período de eliminação de possíveis infestações os grãos foram mantidos no laboratório à temperatura ambiente por dez dias e após esse período pesados e transferidos para potes plásticos onde foram realizados os experimentos (adaptado de OLIVEIRA et al., 2017).

3.3 Obtenção e identificação química dos óleos essenciais

Os óleos de *Juniperus communis* (Zimbro), *Pelargonium graveolens* (Gerânio bourbon), *Origanum majorana* (Manjerona), *Amyris balsamifera* (Sândalo), foram adquiridos na empresa FERQUIMA® Indústria e Comércio Ltda. A identificação dos compostos foi realizada no Laboratório de Ecologia Química da Universidade Federal de Pernambuco, através de cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas em um sistema quadropolo Agilent 5975C Series GC/EM (Agilent Technologies, Palo Alto, EUA), equipado com uma coluna apolar DB-5 (Agilent J&W; 60 m x 0,25 mm d.i., 0,25 μm espessura da película). Uma solução de 1 μL de concentração conhecida, contendo o respectivo óleo essencial diluído em hexano e injetada em split 1:20, assim como a solução da mistura de padrões de hidrocarbonetos: C9-C34, sendo esta solução hexânica composta por padrões comerciais da sigma-Aldrich®. A temperatura do GC foi ajustada em 60°C por 3 minutos, sendo então aumentada em $2,5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até alcançar 240°C e mantida nessa temperatura por 10 minutos. O fluxo do hélio foi mantido em pressão constante de 100 Kpa. A interface do EM foi definido em 200°C e os espectros de massa registrados em 70eV (em modo EI) com uma velocidade de escaneamento de 0,5 scan-s de m/z 20-350.

A partir da obtenção dos tempos de retenção dos compostos na amostra do óleo essencial, no padrão de hidrocarboneto e na combinação do óleo essencial com a mistura deste padrão foi calculado o índice de retenção para cada componente do óleo, segundo a equação de Van Den Dool & Kratz (1963). Os componentes dos óleos essenciais foram previamente identificados por similaridade dos valores dos índices de retenção e posteriormente confirmados por comparação dos respectivos espectros de massa com aqueles disponíveis na biblioteca do GC/EM: MassFinder 4, NIST08 e Wiley Registry™ 9th Edition e com os descritos por Adams (2005). As áreas dos picos

nos cromatogramas foram integradas e seus valores utilizados para determinar as proporções relativas respectivas a cada composto.

3.4 Toxicidade por contato dos óleos vegetais sobre *C. maculatus*.

Os ensaios de toxicidade por contato foram realizados em recipientes plásticos de 200ml de volume cada, com a tampa perfurada para permitir as trocas gasosas, a temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, Umidade Relativa de $60 \pm 10\%$. As parcelas experimentais foram constituídas de 20 g de feijão-caupi variedade BR Guariba nos recipientes plásticos, tratados com as diferentes concentrações dos óleos constituídas por grãos de feijão sem a impregnação dos óleos. Depois de adicionadas aos grãos as respectivas concentrações dos óleos por meio de micropipetador automático de volume variável, os potes foram submetidos a agitação manual por 2 minutos, para se obter uma distribuição uniforme do óleo nos grãos. Após a uniformização em cada recipiente foram adicionadas 10 fêmeas de *C. maculatus* possuindo de 0 a 48 horas de idade. A avaliação da mortalidade foi realizada 48 horas após a montagem do experimento, sendo considerado morto o inseto que após provocação mecânica por meio de pinça não demonstrou nenhuma resposta ao estímulo. A contabilização do número de ovos nos grãos e emergência dos insetos foram realizadas respectivamente aos 12 e 32 dias após montagem do experimento (adaptado de DUTRA et al., 2016).

Foram utilizadas diferentes concentrações para cada óleo essencial, *J. communis* (1,50; 2,00; 2,50; 3,00; 4,00 e 4,50 mL/kg), *P. graveolens* (0,50; 1,00; 2,00 e 2,50 mL/kg), *O. majorana* (0,10; 0,16; 0,37; 0,50; 0,55 e 0,60 mL/kg), *A. balsamifera* (0,05; 0,13; 0,25; 0,75; 1,00; 1,25; 2,50 e 3,00 mL/kg). As concentrações utilizadas foram extrapoladas para mL/kg. Em cada tratamento foram utilizadas cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado, sendo que o número de tratamentos variou conforme as concentrações utilizadas. As concentrações letais necessárias para matar 50% da população (CL_{50}) dos óleos foram calculadas pelo PROC PROBIT do programa estatístico SAS version 8.02. As Razões de Toxicidade (RT) foram calculadas, através da razão: $RT = CL_{50}$ do óleo de menor toxicidade / CL_{50} dos demais óleos, individualmente. As médias do número de ovos e de adultos emergidos foram submetidas à análise de variância e no caso de resposta significativa os resultados foram submetidos à análise de regressão para a sua interpretação e selecionadas as equações com base na sua significância (F e P) e maior coeficiente

de determinação (R^2). Todas as análises foram conduzidas utilizando o Programa Estatístico SAS (SAS Institute 2001).

3.5 Efeito repelente dos óleos essenciais sobre *C. maculatus*.

Para avaliação do efeito repelente foram realizados testes em arenas compostas por 3 potes plásticos de 200 ml, alinhados, sendo o recipiente central interligado e equidistante aos demais por tubos cilíndricos de plástico com 0,6 cm de diâmetro e 10cm de comprimento (Figura 1). Nos dois recipientes laterais foram colocados 20g de feijão-caupi variedade BR guariba, sendo que em um dos dois potes os grãos foram tratados com óleo essencial e passaram pelo mesmo processo de uniformização que no teste de toxicidade por contato. No recipiente central foram liberadas 20 fêmeas de *C. maculatus* possuindo de 0 a 48 horas de idade. O número de insetos presentes em cada recipiente foi contabilizado após 48 horas da montagem do experimento, o número de ovos com 12 dias e a emergência de insetos adultos com 32 dias (adaptado de OLIVEIRA et al., 2017).

Foram utilizadas as CL_{25} , CL_{50} e CL_{95} calculadas nos testes de contato, dos óleos essenciais de *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* e *A. balsamifera*, afim de se observar o comportamento do efeito repelente de cada óleo em diferentes concentrações.

Utilizou-se para cada experimento o delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (grãos tratados com óleo e testemunha) e 10 repetições. O número de insetos atraídos foi comparado usando o Proc FREQ do programa estatístico SAS version 8.02 e interpretado pelo teste de qui-quadrado considerando que a frequência 50:50 indica a inexistência de escolha por um dos tratamentos (SAS Institute, 2001). O número de ovos foi utilizado para calcular o índice de preferência para oviposição (IPO) por meio da expressão sugerida por Fenemore (1980): $IPO = [(T-P)/(T+P)] \times 100$, em que: T é o número de ovos contados nos grãos tratados com óleos; P é o número de ovos contados nos grãos não tratados. O índice varia de +100 (muito estimulante) a -100 (total deterrência ou inibição de oviposição). As porcentagens de redução de emergência de adultos foram calculadas mediante a contagem dos insetos emergidos na testemunha e em cada tratamento, como no teste de contato, seguindo fórmula: $PR = (NC - NT)/(NC + NT) \times 100$, adaptada de OBENG-OFORI (1995), sendo PR, a porcentagem média de redução de emergência; NC, o número médio de insetos emergidos na testemunha; e NT, o número médio de insetos

emergidos em cada tratamento com óleo essencial. Os resultados foram analisados pelo teste *t* de Student ao nível de 5% de probabilidade, após atender aos testes de homogeneidade e normalidade dos dados, utilizando-se o programa computacional SAS version 8.02 (SAS Institute, 2001).

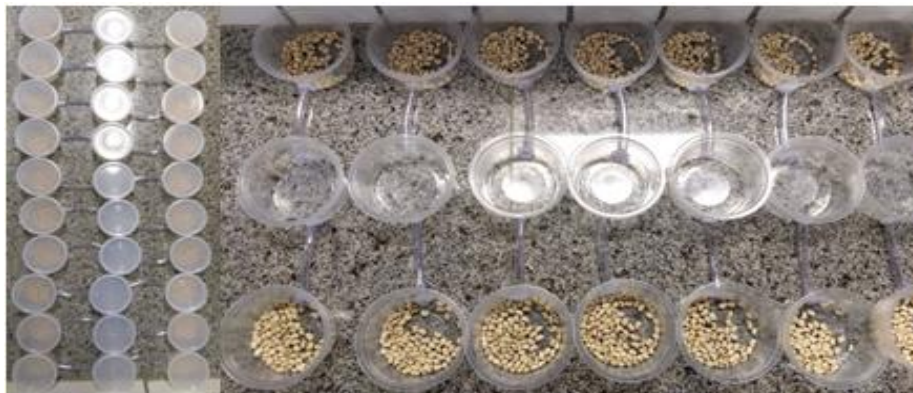


Figura 1. Teste de repelência, arena com grãos tratados e não-tratados.

3.6 Teste de toxicidade por fumigação

Empregou-se para esse teste, câmaras de fumigação compostas de recipiente de plástico com volume de 80 ml, contendo 20 insetos não sexados com 0-48 horas de idade. Os óleos foram utilizados separadamente nas concentrações obtidas nos testes preliminares para *J. communis* (0,25; 0,37; 0,5 e 0,62 mL/L de ar), *P. graveolens* (0,18; 0,37; 0,87; 1,12; 1,37; 1,62; 1,87 e 2,5 mL/L de ar), *O. majorana* (0,02; 0,06; 0,12; 0,18 e 0,25 mL/L de ar) e uma testemunha, com 5 repetições cada. Os óleos essenciais foram adicionados com auxílio de micropipeta automática de volume regulável, em tiras de papel de filtro de 5x2 cm, fixadas na parte inferior da tampa do recipiente. Para evitar o contato direto dos insetos com os óleos foi utilizado tecido poroso (*voil*), entre a tampa e o recipiente. Os recipientes foram vedados com filme plástico e fita adesiva, visando evitar a saída de vapores. Após 48 horas da montagem dos experimentos, foi avaliada a mortalidade (Adaptado de OLIVEIRA et al., 2017).

Em cada tratamento foram utilizadas cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado, sendo que o número de tratamentos variou conforme as concentrações utilizadas. As concentrações utilizadas foram extrapoladas para mL/L. As concentrações letais necessárias para matar 50% da população (CL_{50}) dos óleos foram calculadas pelo PROC PROBIT do programa estatístico SAS version 8.02. As

Razões de Toxicidade (RT) foram calculadas, através da razão: $RT = CL_{50}$ do óleo de menor toxicidade / CL_{50} dos demais óleos, individualmente.

4 Resultados e discussão

4.1 Identificação química dos óleos essenciais

Os valores e proporções dos componentes majoritários de cada óleo foram similares aos valores indicados nos laudos técnicos da empresa FERQUIMA® Indústria e Comércio Ltda.

O óleo de *P. graveolens* apresentou 45 compostos, onde os compostos majoritários foram citronellol (22,07%), geraniol (12,69%) e citronellyl formate (11,63%) (Tabela 1). Diversos fatores podem alterar a composição química e o teor de óleo essencial. Os fatores que mais afetam a produção de metabólitos secundários incluem microorganismos causadores de doenças ou estresse, sazonalidade, excesso ou ausência de luz, disponibilidade hídrica, temperatura, altitude, radiação ultravioleta, poluição atmosférica, idade da planta e momento de coleta (VALLAT et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2006; GOBBO-NETO; LOPES, 2007; SCHMIDT, 2010; CUNHA et al., 2012; VERMA et al., 2013; YAPI et al., 2014), em comparação ao resultado obtido no presente trabalho, o óleo extraído de *P. graveolens* de origem egípcia continha as seguintes porcentagens dos compostos geraniol (11,66%), Citronellyl formate (11,40%) e Citronellol (35,92%) (ABDELGALEIL et al., 2015). Enquanto, os óleos de *P. graveolens* obtidos de Shanghai (China) possuíam maior concentração de citronellol (24,88%) e valores inferiores para Geraniol (7,89%), Citronellyl formate (6,21%) e Linalool (14,46%) (XIE et al., 2017). Embora os óleos originados de diferentes países possuam os mesmos compostos majoritários (citronell, geraniol e citronellyl formate), a concentração desses compostos varia de acordo com a origem da planta.

O óleo de *J. communis* apresentou 33 compostos, e os compostos majoritários foram o α -Pinene (67,03%), β -Pinene (12,85%), Limonene (4,22%) e Myrcene (3,95%) (Tabela 1). Carroll et al. (2011), em sua análise obtiveram valores diferentes para os componentes majoritários do óleo essencial de *J. communis* (α -Pinene 27,00%), β -Pinene (5,20%), Limonene (6,20%), Myrcene (2,50%) e α -Terpineol (14,00%) e ainda a presença de um outro composto majoritário o Linalool (10,90), não observado na análise do presente trabalho. A composição do óleo essencial de *J. communis* e a

porcentagem de cada composto variam com as características químicas do solo de diferentes locais de cultivo (KAZEMI et al., 2017), o que pode justificar a ausência desse composto no óleo utilizado nesse trabalho.

Na análise de *O. majorana* observou-se a presença de 22 compostos, com destaque para os compostos majoritários Terpinene-4-ol (25,97%), E- Sabinene hydrate (15,19%), γ - Terpinene (13,67%), α - Terpinene (8,29%), Z- Sabinene hydrate (7,05%) e Sabinene (6,07%) (Tabela 1). Vera & Chane-Ming (1999), em sua análise observaram uma maior quantidade de compostos totalizando 45 no total, e comparando os componentes majoritários apenas o Terpinene-4-ol (38,40%) foi superior em porcentagem, o E- Sabinene hydrate (14,95%) possuiu valor próximo e γ - Terpinene (6,89%), α - Terpinene (2,75%), Z- Sabinene hydrate (3,49%) e Sabinene (4,94%) possuíram valores inferiores.

O óleo de *A. balsamifera* apresentou 29 compostos, sendo os compostos majoritários o valerianol (23,63%), o elemol (10,83%), o β -Eudesmol (10,69%) e 10-epi- γ -eudesmol (8,71%) (Tabela 1). Em comparação com o resultado de Van Beek et al. (1989), o óleo de *A. balsamifera* apresentou como majoritários os compostos valerianol (21,50%), elemol (9,10%), β -Eudesmol (7,90%) e 10-epi- γ -eudesmol (9,70%) e o composto 7-epi- α -Eudesmol (10,70%). Vale ressaltar a diferença nos valores encontrados no presente trabalho e o da literatura, inclusive com diferença entre os compostos majoritários, ressaltando assim a importância da realização da GC/EM dos óleos testados. Fatores ambientais, nutricionais, idade da planta e o genótipo das plantas podem interferir na composição química dos óleos vegetais (MARTINS et al., 2006).

Tabela 1. Perfil químico dos óleos essenciais.

Nº	Compostos ¹	<i>Pelargonium graveolens</i>			<i>Juniperus communis</i>		<i>Origanum majorana</i>		<i>Amyris balsamifera</i>	
		IR ²	IR ³	(%)	IR ³	(%)	IR ³	(%)	IR ³	(%)
1	Tricyclene	921	-	-	918	0,06	-	-	-	-
2	α-Thujene	924	-	-	925	0,34	924	0,65	-	-
3	α-Pinene	932	930	0,24	930	67,03	930	0,69	-	-
4	Camphene	946	-	-	945	0,63	-	-	-	-
5	Sabinene	969	-	-	-	-	970	6,07	-	-
6	β-Pinene	974	-	-	973	12,85	-	-	-	-
7	Myrcene	988	-	-	990	3,95	990	1,20	-	-
8	α-Phellandrene	1002	-	-	1002	0,18	1002	0,38	-	-
9	α-Terpinene	1014	-	-	1015	0,13	1014	8,29	-	-
10	o-Cymene	1022	-	-	1023	0,81	1022	2,64	-	-
11	Limonene	1024	1027	0,17	1027	4,22	-	-	-	-
12	β- Phellandrene	1025	-	-	-	-	1026	3,85	-	-
13	γ-Terpinene	1054	-	-	1058	0,51	1057	13,67	-	-
14	Z- Sabinene hydrate	1065	-	-	-	-	1065	7,05	-	-
15	Terpinolene	1086	-	-	1087	0,58	1087	2,74	-	-
16	Linalool	1095	1099	2,09	-	-	1099	1,17	-	-
17	E- Sabinene hydrate	1097	-	-	-	-	1096	15,19	-	-
18	α-Pinene oxide	1099	-	-	1096	0,08	-	-	-	-
19	Z-Rose oxide	1106	1110	0,89	-	-	-	-	-	-
20	Z-p- Menth-2-en-1-ol	1118	-	-	-	-	1120	1,04	-	-
21	E-Rose oxide	1122	1127	0,35	-	-	-	-	-	-
22	E-Pinocarveol	1135	-	-	1137	0,08	-	-	-	-
23	E-p- Menth-2-en-1-ol	1136	-	-	-	-	1138	0,76	-	-
24	Menthone	1148	1152	2,11	-	-	-	-	-	-
25	<iso->Menthone	1158	1163	4,48	-	-	-	-	-	-
26	Terpinene-4-ol	1174	-	-	1176	1,01	1176	25,97	-	-
27	α-Terpineol	1186	1190	0,16	1190	0,43	1189	3,04	-	-
28	Myrtenol	1194	-	-	1196	0,11	-	-	-	-

Tabela 1. continua

Nº	Compostos ¹	<i>Perlagonium graveolens</i>			<i>Juniperus communis</i>		<i>Origanum majorana</i>		<i>Amyris balsamifera</i>	
		IR ²	IR ³	(%)	IR ³	(%)	IR ³	(%)	IR ³	(%)
56	β-Acoradiene	1469	-	-	-	-	-	-	1461	1,40
57	Geranyl propanoate	1476	1475	1,24	-	-	-	-	-	-
58	β-Chamigrene	1476	-	-	-	-	-	-	1476	0,26
59	γ-Murolene	1478	-	-	1477	0,16	-	-	-	-
60	α-Curcumene	1479	-	-	-	-	-	-	1483	2,36
61	Germacrene D	1480	1482	0,89	1482	0,32	-	-	-	-
62	γ-curcumene	1481	-	-	-	-	-	-	1480	0,69
63	β-Selinene	1489	1487	0,64	1487	0,06	-	-	-	-
64	α-Zingiberene	1493	-	-	-	-	-	-	1496	2,25
65	Valencene	1496	1495	0,19	1496	0,14	-	-	-	-
66	4-epi-Z-Dihydroagarofuran	1499	-	-	-	-	-	-	1501	1,21
67	Bicyclogermacrene	1500	-	-	1501	0,13	1497	0,74	-	-
68	α-Murolene	1500	1500	0,28	-	-	-	-	-	-
69	β-Dihydro agarofuran	1503	-	-	-	-	-	-	1505	0,36
70	β-Bisabolene	1505	-	-	-	-	-	-	1509	1,08
71	δ-Amorphene	1511	1508	0,15	-	-	-	-	-	-
72	γ-Cadinene	1513	1514	0,49	1515	0,16	-	-	-	-
73	7-epi-α-Selinene	1520	-	-	-	-	-	-	1518	0,57
74	β-Sesquiphellandrene	1521	-	-	-	-	-	-	1525	2,60
75	δ-Cadinene	1522	1524	1,46	1524	0,61	-	-	-	-
76	Citronellyl butanoate	1530	1529	0,68	-	-	-	-	-	-
77	E-Cadina-1,4-diene	1533	1533	0,22	-	-	-	-	-	-
78	Silphiperfol-5-em-3-ol B	1534	-	-	-	-	-	-	-	-
79	Furopelargone A	1538	1541	0,74	-	-	-	-	-	-
80	Selina-3,7(11)-diene	1545	-	-	-	-	-	-	1543	1,11
81	α-Agarofuran	1548	-	-	-	-	-	-	1547	0,83
82	Elemol	1548	-	-	-	-	-	-	1551	10,83

Tabela 1. Continua

Nº	Compostos ¹	<i>Perlagonium graveolens</i>			<i>Juniperus communis</i>		<i>Origanum majorana</i>		<i>Amyris balsamifera</i>	
		IR ²	IR ³	(%)	IR ³	(%)	IR ³	(%)	IR ³	(%)
83	Germacrene B	1559	-	-	1558	0,17	-	-	-	-
84	E-Nerolidol	1561	-	-	-	-	-	-	1564	0,42
85	Geranyl butanoate	1562	1562	1,29	-	-	-	-	-	-
86	Caryophyllen oxide	1582	1584	0,81	1584	0,32	-	-	-	-
87	Rosifoliol	1600	-	-	-	-	-	-	1603	0,81
88	Geranyl 2-methyl butanoate	1601	-	0,34	-	-	-	-	-	-
			1603							
89	Eudesmol <5-epi-7-epi- α ->	1607	-	-	-	-	-	-	1607	1,18
90	Humulene epoxide II	1608	1610	0,23	-	-	-	-	-	-
91	<1,10-di-epi->-Cubenol	1618	1616	0,38	-	-	-	-	-	-
92	<10-epi-y->Eudesmol	1622	-	-	-	-	-	-	1622	8,71
93	<1-epi->-Cubenol	1627	1630	0,23	-	-	-	-	-	-
94	y-Eudesmol	1633	-	-	-	-	-	-	16,34	7,36
95	Hinesol	1640	-	-	-	-	-	-	1641	0,40
96	Cubenol	1645	1644	0,23	-	-	-	-	-	-
97	β -Eudesmol	1649	-	-	-	-	-	-	1653	10,69
98	Valerianol	1656	-	-	-	-	-	-	1657	23,63
99	Eudesm-7(11)-em-4-ol	1700	-	-	-	-	-	-	1697	0,31
100	Caryophyllene acetate	1701	-	-	-	-	-	-	1702	1,42
101	Bisabolone (6R,7R)	1740	-	-	-	-	-	-	1741	0,24
102	Bisabolone (6S,7R)	1748	-	-	-	-	-	-	1748	0,77
103	Drimenol	1766	-	-	-	-	-	-	1764	1,71
Total				95,70		100,00		100,00		94,87

¹ Constituintes listados em ordem de eluição na coluna apolar DB-5;

² índice de retenção de Kratz da literatura (Adams. 2005);

³ índice de retenção de Kratz calculado;

% Porcentagem do composto;

- Ausência do composto.

4.2 Efeito de toxicidade por contato dos óleos vegetais sobre *C. maculatus*.

As CL_{50s} estimadas para os óleos essenciais de *J. communis* (Zimbro), *P. graveolens* (Gerânio bourbon), *O. majorana* (Manjerona) e *A. balsamifera* (Sândalo) variaram de 0,24 a 3,13 mL/kg de grão, sendo a menor de *O. majorana* e maior concentração de *J. communis*. A razão de toxicidade variou de 4,50 a 13,11 vezes menor que a maior CL₅₀, onde *O. majorana* apresentou a maior razão de toxicidade com RT₅₀ = 13,11, destacando-se como o mais tóxico entre os óleos testados. A menor razão de toxicidade foi para *P. graveolens* RT₅₀ = 4,50 (Tabela 2). Para as CL₂₅, CL₅₀ e CL₉₅ avaliadas *O. majorana* foi o óleo que demonstrou maior razão de toxicidade com valores de 17,00, 13,04 e 9,63 vezes o óleo com maior CL respectivamente.

Comparando os valores das CL₂₅ e das CL₅₀, observou-se que demonstraram mesma relação entre os óleos, onde as concentrações decresceram e seguiram a seguinte ordem *J. communis* > *P. graveolens* > *A. balsamifera* > *O. majorana*. Na CL₉₅ a ordem decrescente em relação a CL₅₀ foi alterada ficando *A. balsamifera* > *J. communis* > *P. graveolens* > *O. majorana* (Tabela 2).

Pereira et al. (2008) avaliando em *C. maculatus* os efeitos dos óleos essenciais [(*Cymbopogon martini* (Roxb.) J.F. Watson], *Piper aduncum* L., *P. hispidinervum* C.DC., *Melaleuca* sp., *Lippia gracillis* Shauer) em diferentes concentrações, observaram que *C. martini*, *P. aduncum* e *L. gracillis* causaram 100% de mortalidade em todas as concentrações testadas e *P. hispidinervum* e *Melaleuca* sp. nas maiores concentrações, resultado que segue o observado no presente trabalho, onde óleos diferentes demonstram toxicidades diferentes para *C. maculatus*.

Os monoterpenos, entre eles linalol, γ -Terpinene, elemol e geraniol, tem apresentado potencial no manejo de pragas de grãos armazenados, em especial *C. maculatus* causando mortalidade das fases de ovos, larvas, pupas e adultos (NAYMADOR et al., 2010; MBATA; PAYTON, 2013). Alguns compostos desses compostos como limoneno (4,22%) e γ -Terpinene (0,51%) estão presentes no óleo essencial de *J. communis*, bem como em *P. graveolens* os compostos linalol (2,09%), geraniol (12,9%) e limoneno (0,17%), em *O. majorana* os compostos γ -Terpinene (13,67%) e linalol (1,17%) e em *A. balsamifera* o composto elemol (10,83%), sendo assim podemos inferir que esses podem ser os possíveis causadores de mortalidade, embora estudos aprofundados necessitam ser realizados, onde os compostos majoritários ou minoritários de cada óleo seja testado separadamente.

Os óleos essenciais de *J. communis* (Zimbro), *P. graveolens* (Gerânio bourbon), *O. majorana* (Manjerona) e *A. balsamifera* (Sândalo) demonstraram eficiência no controle de *C. maculatus* causando mortalidade, entretanto, se faz necessário estudos mais aprofundados sobre seus compostos químicos a fim de identificar os compostos mais letais a praga e seus efeitos sinérgicos.

As inclinações das curvas de concentração-mortalidade variaram entre os tratamentos, sendo a maior para o óleo de *J. communis* ($5,66 \pm 0,87$) e a menos para o óleo de *A. balsamifera* ($1,45 \pm 0,13$) (Tabela 2). Em geral o teste X^2 foi baixo ($< 12,00$), isso indica que a reta é adequada para descrever a relação concentração-resposta. Isso possibilita as estimativas das concentrações e respostas para os quatro óleos testados.

Foi observado sobreposição dos intervalos de confiança entre os tratamentos *O. majorana* e *A. balsamifera* na CL_{25} , *P. graveolens* e *A. balsamifera* na CL_{50} e *J. communis* e *A. balsamifera* na CL_{95} .

Tabela 2. Concentrações letais (mL/kg de grão) por contato e razões de toxicidade de óleos essenciais em adultos de *C. maculatus*.

Tratamento	N	Inclinação ± EP	CL ₂₅ (IC)	RT ₂₅	CL ₅₀ (IC)	RT ₅₀	CL ₉₅ (IC)	RT ₉₅	χ ²
<i>Juniperus communis</i>	300	5,66 ± 0,87	2,38 (1,87 – 2,74)	-	3,13 (2,70 – 3,73)	-	6,11 (4,75 – 10,97)	1,37	8,78
<i>Pelargonium graveolens</i>	200	3,03 ± 0,42	0,42 (0,28 – 0,52)	5,66	0,69 (0,55 – 0,82)	4,53	2,42 (1,90 – 3,55)	3,46	2,92
<i>Amyris balsamifera</i>	450	1,45 ± 0,13	0,21 (0,14 – 0,27)	11,33	0,62 (0,49 – 0,75)	5,04	8,38 (5,51 – 15,02)	-	11,31
<i>Origanum majorana</i>	300	2,93 ± 0,28	0,14 (0,11 – 0,16)	17,00	0,24 (0,20 – 0,27)	13,04	0,87 (0,68 – 1,22)	9,63	6,40

N = número de insetos usados no teste, EP = erro padrão da média, IC = intervalo de confiança, RT = razão de toxicidade,

χ² = Qui-quadrado.

Tabela 3. Equações para postura e emergência dos produtos testados e seus respectivos parâmetros de ajuste (F, Teste de Fisher; P, valor da significância e; R², coeficiente de determinação).

Tratamento	Parâmetros	Equações	F ^P	R ²
<i>Amyris balsamifera</i>	Postura	$\hat{y} = 43,57 - 20,24x$	13,74 ^{<0,0006}	0,24
	Emergência	$\hat{y} = 30,76 - 14,45x$	11,16 ^{<0,0017}	0,21
<i>Juniperus communis</i>	Postura	$\hat{y} = 170,55 - 39,25x$	149,19 ^{<0,0001}	0,81
	Emergência	$\hat{y} = 130,65 - 32,72x$	145,30 ^{<0,0001}	0,81
<i>Pelargonium graveolens</i>	Postura	$\hat{y} = 82,25 - 42,60x$	16,34 ^{<0,0005}	0,67
	Emergência	$\hat{y} = 73,74 - 38,54x$	16,59 ^{<0,0005}	0,42
<i>Origanum majorana</i>	Postura	$\hat{y} = 61,76 - 122,42x$	23,81 ^{<0,0001}	0,41
	Emergência	$\hat{y} = 51,95 - 104,60x$	17,68 ^{<0,0002}	0,34

O número de ovos viáveis e a emergência dos adultos de *C. maculatus* decresceram com o aumento da concentração de *J. communis*, indicando que o efeito deste óleo relaciona-se com a concentração utilizada, ajustando ao modelo linear de regressão, como pode ser observado pelos seus coeficientes de determinação elevados. Esse modelo também foi o mais adequado para a redução de postura ocasionada por *P. graveolins* (R²=0,67; F=16,34; P<0,0005), entretanto a redução de emergência de *C. maculatus* ocasionada pelas concentrações deste óleo apresentou apenas 42% de ajuste ao modelo linear (R²=0,42; F=16,59; P<0,0005). Enquanto os óleos de *O. majorana* e *A. balsamifera* apresentaram baixos coeficientes de determinação para essas variáveis em todos os modelos propostos (linear, quadrático e cúbico) (Tabela 3). Os baixos índices de ajustes ao modelo linear podem ter sido ocasionados pelas diminuições bruscas das posturas e emergências de *C. maculatus* ocasionado pelos óleos, a partir das menores concentrações, como observado em *P. graveolens* a partir da menor concentração utilizada (0,50 mL/kg) reduziu drasticamente a oviposição, bem como *O. majorana* a partir da concentração 0,10 mL/kg (menor concentração utilizada), demonstrou eficiência para reduzir a oviposição. Os monoterpenos presentes em óleos essenciais tem tido comprovado efeito ovicida para *C. maculatus*, como 1-8-Cineole e carvacrol que causou 100% de redução de oviposição em todas as concentrações testadas e o eugenol, mentona,

linalol e limoneno e dois isômeros estruturais do pineno que diminuíram o número de ovos com doses crescentes (AJAYI et al., 2014). Para controle de *C. maculatus* com óleos essenciais os esforços na busca de estratégia devem ser direcionados para aplicação de óleo essencial para controlar fases críticas como ovos e adultos com vista a proteger os grãos da penetração das larvas e oviposição (NYAMADO et al., 2010).

Foi observado nos óleos de *P. graveolens* e *O. majorana* que a partir da menor concentração testada houve uma redução significativa do número de insetos emergidos. Os óleos de *J. communis* e *A. balsamifera* demonstraram sua eficiência conforme o aumento das concentrações utilizadas.

4.3 Efeito repelente dos óleos vegetais sobre *C. maculatus*.

O número de adultos de *C. maculatus* atraídos para grãos de feijão-caupi tratados com óleos essenciais de *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana*, *A. balsamifera* foi significativamente menor que a testemunha para as concentrações letais testadas, indicando que os mesmos foram repelentes (Figura 2). Entretanto, vale ressaltar, que todos os óleos mostraram efeito repelente significativo na menor concentração (CL₂₅), comprovando que a repelência é um efeito subletal destes óleos (Figura 4). Óleos essenciais extraídos de seis plantas de Kabylia (Argélia), *Eucalyptus globulus* (Labill.), *E. radiata* (A. Cunn. ex DC.), *Myrtus communis* (L.), *Salvia officinalis* (L.), *Laurus nobilis* (L.) e *Pistacia lentiscus* (L.) possuem, dois compostos comuns a todos, o α -Pinene e apresentam efeito repelente significativo sobre os adultos de *C. maculatus*, sendo que os óleos de *E.globulus*, *E.radiata* e *S.officinalis* ocasionaram 100% de repelência com a dose de 12 μ l, enquanto os demais óleos obtiveram esse resultado na maior dose testada (16 μ l) (TOUDERT-TALEB et al., 2014). O óleo *P. graveolens*, *J. communis* e *O. majorana* possuem α -Pinene na sua constituição normal, assim pode-se inferir que esse composto pode ocasionar efeito repelente sobre adultos de *C. maculatus*.

O efeito repelente de óleos essenciais é uma grande ferramenta no manejo de *C. maculatus* e tem sido comprovado para diversas espécies vegetais. Oliveira et al. (2017), avaliaram que o óleo essencial de *P. aduncum* embora tenha possuído efeito tóxico por fumigação (mortalidade), não possui efeito deterrente para oviposição e a alimentação, enquanto o *P. hispidinervum* embora não tenha ocasionado mortalidade

em teste de confinamento foi significativamente repelente a *C. maculatus*, destacando assim a importância de se estudar as diferentes formas de atuação dos óleos essenciais, pois muitas vezes os óleos não apresentam efeitos letais, ou seja, não ocasionam mortalidade, mas atuam através de efeitos subletais de repelência e redução da oviposição.

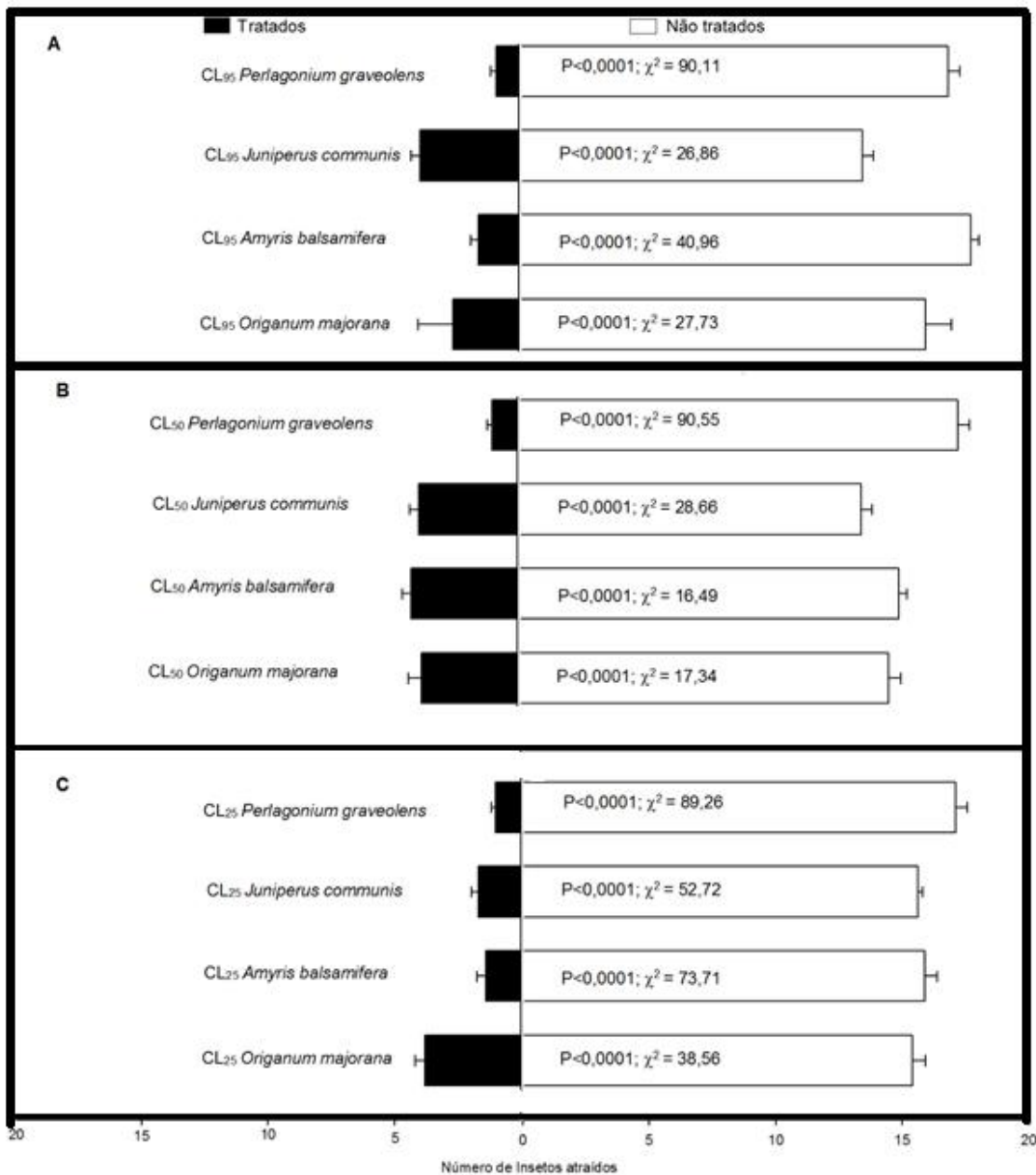


Figura 2. Número de insetos atraídos (média \pm EP) ($n = 800$) em grãos de caupi tratados e não tratados com as CL₉₅ (A), CL₅₀ (B), CL₂₅ (C) de diferentes óleos essenciais.

O número de ovos de *C. maculatus* em grãos de feijão-caupi foi significativamente menor para todos os óleos em comparação com a testemunha, comprovando o efeito deterrente de oviposição destes óleos. O número médio de ovos viáveis para os tratamentos variou de 0,5 a 45,9, com menor média para *P. graveolens* com a CL₉₅ e a maior de 45,9 em grãos tratados na CL₅₀ de *J. communis*. O índice de preferência para oviposição (IPO) variou de -75,58 a -99,75, sendo todos os óleos classificados como deterrentes de oviposição, mas *P. graveolens* demonstrou melhor desempenho entre os óleos testados, com IPO de -99 nas concentrações testadas (Tabela 4).

Tabela 4. Índice e classificação de preferência para oviposição de *C. maculatus* obtidos em feijão-caupi tratados e não tratados com óleos vegetais. Teresina – PI.

Tratamento	Conc ($\mu\text{L}/20\text{g}$)	Ovos Totais (Média \pm EP)		IPO ¹	Classificação
		Testemunha	Óleo		
<i>Origanum majorana</i> CL ₂₅	2,81	424,1 \pm 21,28	27,2 \pm 5,38*	-87,94	Deterrente
<i>Amyris balsamifera</i> CL ₂₅	4,24	389,9 \pm 19,56	24,2 \pm 4,23*	-88,31	Deterrente
<i>Juniperus communis</i> CL ₂₅	47,55	427,4 \pm 18,77	14,7 \pm 4,15*	-93,38	Deterrente
<i>Pelargonium graveolens</i> CL ₂₅	8,33	450,1 \pm 17,80	1,1 \pm 0,29*	-99,51	Deterrente
<i>Juniperus communis</i> CL ₅₀	62,56	330,1 \pm 9,91	45,9 \pm 7,30*	-75,58	Deterrente
<i>Pelargonium graveolens</i> CL ₅₀	13,90	435,33 \pm 11,24	2,0 \pm 0,77*	-99,08	Deterrente
<i>Juniperus communis</i> CL ₉₅	192,14	343,6 \pm 22,66	31,4 \pm 7,51*	-83,25	Deterrente
<i>Pelargonium graveolens</i> CL ₉₅	48,40	411,0 \pm 23,33	0,5 \pm 0,25*	-99,75	Deterrente

¹IPO – Índice de Preferência para oviposição $[(T-P)/(T+P)] \times 100$. IPO varia de 100 para mais estimulante, zero para neutro e -100 para total deterrência. * Significativo pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Pascual-Villalobos & Ballestra-Acosta (2003), em seu estudo comparando a composição química dos óleos essenciais de diferentes acessos de *Ocimum basilicum* e avaliando o efeito desses óleos sobre *C. maculatus*, observaram que alguns óleos essenciais inibiram a oviposição e outros causaram a mortalidade dos insetos, onde os acessos que continham altos níveis de metil chavicol, geranial, linalol e geraniol ou linalol e eugenol, demonstraram resultados estatisticamente significativos na redução da oviposição da praga. Deste modo, pode-se inferir que geranial, linalol e geraniol presentes no óleo de *P. graveolens* testado em nosso

estudo sejam responsáveis pela redução de oviposição. Zandi-Sohani et al. (2012), estudando a composição química e o efeito do óleo essencial de folhas de *Callistemon citrinus* (Curtis) em *C. maculatus*, observaram que um dos principais componentes do óleo era o α -pineno (29,0%) e que o mesmo teve um efeito repelente após 2 e 4 h. Esse componente também está presente nos óleos de *P. graveolens* (0,24%) e *O. majorana* (0,69%), sendo o majoritário de *J. communis* (67,03%), estudados nessa pesquisa.

Estudos quanto aos efeitos repelentes de óleos essenciais sobre adultos e deterrentes sobre ovos de *C. maculatus* vêm aumentando na última década, principalmente a fim de identificar moléculas que ocasionam esses efeitos. Abd-Elhady (2012) investigando a composição química e as propriedades inseticidas do óleo essencial de *Artemisia judaica* L. sobre *C. maculatus*, observou a atividade repelente do óleo essencial nas concentrações de 63,7; 31,9; 15,9; 8,0 ou 4,0 $\mu\text{g} / \text{cm}^2$, em que foi reduzida a postura de ovos em 92,5, 86,0, 61,8, 42,7 e 12,5%, respectivamente.

O óleo essencial de *A. judaica* possui em sua composição diversos componentes que também estão presentes nos óleos essenciais estudados no presente trabalho como α -Pinene, Camphene, β -Pinene, Myrcene, α -Terpinene, Linalol, Terpinene-4-ol, Geraniol e Geraniol. Os óleos essenciais de *Xylopiya parviflora* e *Hoslundia opposita* foram estudados quanto a sua composição e observou-se que em *X. parviflora* os principais compostos foram β -hialáquico (22,68%), 1,7,7, Trimetilbicyclo [2.2.1] hept-5en-2-ol (19,68%) e β -eleneno (14,41%) e em *H. opposita* foram o 1,8-cineol (61,15%), seguido do α -terpineol (16,81%) (presente nos óleos de *P. graveolens*, *J. communis* e *O. majorana*) e do β -felandrene (13,25%) e ainda que a DR_{50} (dose repelente para 50% dos adultos tratados) foram semelhantes para *H. opposita* e *X. parviflora*, sendo os dois óleos eficientes na repelência de *C. maculatus*. Entretanto, os resultados da correlação dos grupos químicos dos óleos essenciais com a atividade inseticida indicam que a bioatividade observada foi devida aos efeitos sinérgicos dos grupos químicos (BARBARINDE et al., 2017). O efeito sinérgico pode ser associado não somente aos compostos majoritários, mas também a presença de componentes que estejam em quantidades menos expressivas.

O número de insetos emergidos de *C. maculatus* em grãos de feijão-caupi foi significativamente menor para todos os óleos e concentrações utilizadas em comparação com a testemunha e variou de 0,30 a 34,00 nos tratamentos, com menor

média para *P. graveolens* na CL₉₅ e a maior de 34,00 na CL₅₀ de *J. communis*, coincidindo com o resultado observado na oviposição (Tabela 5).

A porcentagem de redução de emergência de adultos variou de 75,38 a 99,71, sendo que todos os óleos reduziram o número na emergência de insetos adultos de *C. maculatus*. Entretanto, *P. graveolens* demonstrou melhor desempenho entre os óleos testados, com 99,71% de redução na menor concentração testada para o óleo (Tabela 5).

Abd-Elhady (2012), estudando as propriedades inseticidas do óleo essencial de *A. judaica* contra *C. maculatus*, com ênfase ao efeitos sub-letais sobre a fecundidade e a progênie pela exposição de fêmeas adultas a sementes tratadas, observou que a CL₂₅ e a CL₅₀ do óleo essencial reduziram significativamente a produção de progênies em comparação ao controle. Resultado também encontrado no presente trabalho onde o número de insetos emergidos teve uma redução maior que 70% nas três concentrações testadas para cada óleo essencial.

Tabela 5. Porcentagem de redução de emergência de adultos de *C. maculatus* obtidos em feijão-caupi tratados e não tratados com óleos vegetais. Teresina – PI.

Tratamento	Concentração ($\mu\text{L}/20\text{g}$)	Emergência de adultos (Média \pm EP)		PR %
		Testemunha	Óleo	
<i>Origanum majorana</i> CL ₂₅	2,81	325,90 \pm 19,64	24,20 \pm 5,32*	86,17
<i>Amyris balsamifera</i> CL ₂₅	4,24	262,60 \pm 8,47	15,30 \pm 2,01*	88,98
<i>Juniperus communis</i> CL ₂₅	47,55	303,87 \pm 16,88	11,87 \pm 3,90*	92,46
<i>Pelargonium graveolens</i> CL ₂₅	8,33	280,00 \pm 10,87	0,40 \pm 0,15*	99,71
<i>Juniperus communis</i> CL ₅₀	62,56	242,20 \pm 2,60	34,00 \pm 5,94*	75,38
<i>Pelargonium graveolens</i> CL ₅₀	13,90	262,55 \pm 6,69	0,55 \pm 0,27*	99,61
<i>Juniperus communis</i> CL ₉₅	192,14	240,60 \pm 16,46	15,40 \pm 3,78*	87,96
<i>Pelargonium graveolens</i> CL ₉₅	48,40	250,90 \pm 10,72	0,30 \pm 0,15*	99,60

¹ PR – Porcentagem de Redução de Emergência de Adultos $((N_c - N_T) / (N_c + N_T)) \times 100$. * Significativo pelo teste t, à 5% de probabilidade.

Os óleos de *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* e *A. balsamifera* demonstraram eficiência na repelência de insetos adultos, na redução do número de ovos e redução do número de insetos emergidos por grãos tratados, podendo ser excelentes ferramentas para o manejo preventivo de feijão-caupi em condições de armazenamento.

4.4 Toxicidade por fumigação

As concentrações letais CL_{50} estimadas para os óleos de *O. majorana*, *J. communis* e *P. graveolens* foram 0,032; 0,381 e 1,132 mL/L, respectivamente e as CL_{95} para *O. majorana*, *J. communis* e *P. graveolens* foram 0,064; 0,637 e 23,675 mL/L, respectivamente. O óleo essencial de *A. balsamifera* não demonstrou efeito tóxico até a concentração de 2,50 mL/L. A potencialidade de *O. majorana* entre os demais óleos é destacada na sua razão de toxicidade na CL_{50} 35,37 vezes maior que o *P. graveolens* (Tabela 6). Demirel & Erdogan (2017) testando o efeito fumigante do óleo de manjerona (*O. majorana*), obtiveram uma CL_{50} de 1,88 μ g/mL em um primeiro teste e 2,01 μ g/mL quando testados para controle de *C. maculatus*. Mbata & Payton (2013), investigando a utilização de monoterpenoides como impedidores da oviposição de *C. maculatus*, observaram que o γ -terpineno apresentou CL_{99} de 14,1 μ l/L, o linalol apresentou CL_{99} de 13,4 μ l/L e o geraniol apresentou CL_{99} de 12,9 μ l/L. O γ -terpineno está presente nos óleos essenciais de *J. communis* (0,51%) e *O. majorana* (13,67%) e o linalol é um dos compostos de *P. graveolens* (2,09%) e *O. majorana* (1,17%) e geraniol presente no óleo de *P. graveolens* (12,9%) (Tabela 1), sendo assim esses compostos podem ter contribuído para efeito fumigante desses óleos. O eugenol é um monoterpeno com elevado potencial tóxico para ser utilizado em fumigação, mesmo em baixas concentrações, sendo promissor para o manejo de *C. maculatus* (OLIVEIRA et al., 2017)

O limoneno é um dos principais compostos do óleo de *Cymbopogon giganteus*, e esse óleo mostrou-se eficiente controle de *C. maculatus*, causando mortalidade de 87,5% na concentração de 40 μ L/L, indicando o grande potencial do limoneno para o manejo dessa praga (NAYMADOR et al., 2010). O limoneno também está presente nos óleos de *J. communis* (0,51%) e *P. graveolens* (2,09%) neste estudo, embora em menores concentrações. O óleo essencial de *C. nardus*, cujo compostos majoritários são geraniol (24%), Elemol (12,04%) e Citronelol (7,65 %) apresentou taxa de

mortalidade de 47,5% com a concentração de 40 µL/L em adultos de *C. maculatus* (NAYMADOR et al., 2010). O efeito fumigante do óleo essencial de *P. graveolens* pode ser indicado pela presença dos compostos geraniol e Citronelol (12,69 e 22,07%, respectivamente) e no óleo essencial de *A. balsamifera* a presença do elemol (10,83%), pode responsável pelo efeito tóxico desse óleo.

Tabela 6. Toxicidade por fumigação (mL/L) e razões de toxicidade de óleos essenciais em adultos de *C. maculatus*. Teresina – PI.

Tratamento	N	Inclinação ± EP	CL ₅₀ (IC)	RT ₅₀	CL ₉₅ (IC)	RT ₉₅	χ ²
<i>Origanum majorana</i>	500	3,42 ± 0,28	0,032 (0,027 – 0,036)	35,37	0,064 (0,053 – 0,091)	369,92	0,17
<i>Juniperus communis</i>	400	7,37 ± 0,60	0,381 (0,362 – 0,399)	2,97	0,637 (0,590 – 0,705)	37,16	4,51
<i>Pelargonium graveolens</i>	800	2,75 ± 0,51	1,132 (0,0,695 – 3,139)	-	23,675 (6,423 – 550,825)	-	2,46

N = número de insetos usados no teste, EP = erro padrão da média, IC = intervalo de confiança, RT = razão de toxicidade, χ² = Qui-quadrado.

Bozhüyük et al. (2016) testaram a atividade inseticida dos óleos essenciais de seis plantas (*Artemisia dracunculus* L., *A. santonicum* L., *A. spicigera* C. Koch, *Origanum onis* L., *Satureia thymbra* L. e *Thymus sipyleus* Boiss) sobre adultos de *C. maculatus* e observaram que houve mortalidade em todas as concentrações e tempos de exposição testados. A mortalidade de adultos de *C. maculatus* aumentou com o aumento das concentrações dos óleos e tempos de exposição. No mesmo estudo foi observado que o óleo essencial de *O. onites*, planta de mesmo gênero de *O. majorana*, ocasionou taxas de mortalidade de 16,6 % (5 µL/l após 12 h) e 93,3% (10 µL/l após 72h) em adultos de *C. maculatus*, destacando o potencial inseticida desse gênero. Com os resultados dos teste de fumigação do presente trabalho, *O. majorana* por apresentar elevada toxicidade por fumigação podendo ser ferramenta para o manejo curativo de *C. maculatus* em feijão-caupi em condições de armazenamento.

5 Conclusões

Os óleos de *Juniperus communis* (Zimbro), *Pelargonium graveolens* (Gerânio bourbon), *Origanum majorana* (Manjerona) e *Amyris balsamifera* (Sândalo) causam mortalidade por contato e possuem grande potencial para o controle de *Callosobruchus maculatus*, sendo os mais promissores *O. majorana* e *A. balsamifera*.

Os óleos de *J. communis*, *P. graveolens*, *O. majorana* e *A. balsamifera* agem como repelente de adultos e possuem efeito de deterrência a oviposição de *C. maculatus*.

Os óleos de *O. majorana* e *J. communis* possuem elevado potencial fumigante para o controle curativo de *C. maculatus* em feijão-caupi armazenado.

6 Referências

ABD-ELHADY, H. K. Insecticidal activity and chemical composition of essential oil from *Artemisia judaica* L. Against *Callosobruchus maculatus* (f.) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Plant Protection Research**, v. 52, n. 3, p. 347-352, 2012.

ABDELGALEIL, S. A. M.; BADAWEY, M. E. I.; SHAWIR, M. S.; MOHAMED, M. I. E. Chemical composition, fumigant and contact toxicities of essential oils isolated from egyptian plants against the stored grain insects; *Sitophilus Oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Egyptian Journal of Pest Control**, v. 25, n. 3, p. 639-647, 2015.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography quadrupole mass spectroscopy. **Journal of the American Society for Mass Spectrometry**, v. 16, p. 1902-1903, 2005.

AGROFIT - SISTEMA DE AGROTÓXICOS FITOSSANITÁRIOS. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

AJAYI, O.E.; APPEL, A.G.; FADAMIRO, H.Y. Fumigation Toxicity of Essential Oil Monoterpenes to *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Journal of Insects**, v. p.1-7, 2014.

ALI, A.; MURPHY, C. C.; DEMIRCI, B.; WEDGE, D. E.; SAMPSON, B. J.; KHAN, I. A.; BASER, K. H. C.; TABANCA, N. Insecticidal and biting deterrent activity of rose-scented geranium (*Pelargonium spp.*) essential oils and individual compounds against *Stephanitis pyrioides* and *Aedes aegypti*. **Society of Chemical Industry**, v. 69, p. 1385-1392, 2013.

ALVES. M. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, L. C. P.; PONTES, E. G.; SOUZA, M. A. A. Essential oils composition and toxicity tested by fumigation against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pest of stored cowpea. **Revista Virtual Química**, v.7, n.6, p.2387-2399, 2015.

AMER, A.; MEHLHORN, H. Larvicidal effects of various essential oils against *Aedes*, *Anopheles* and *Culex* larvae (Diptera, Culicidae). **Parasitology Research**, v. 99, p.466–472, 2006.

BALDIN, E. L. L.; AGUIAR, G P.; FANELA, L. M.; SOARES, M. C. E.; GROppo, M.; CROTTI, A. E. M. Bioactivity of *Pelargonium graveolens* essential oil and related monoterpenoids against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. **Journal of Pest Science**, v. 88, p. 191–199, 2015.

BABARINDE, S. A.; PITAN, O. O. R.; AJALA, M. O.; OLATUNDE, G. O. Insectifugal and insecticidal potentials of two tropical botanical essential oils against cowpea seed bruchid. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p.19785–19794, 2017.

BRITO, J. P.; OLIVEIRA, J. E. M.; BORTOLI, S. A. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus spp.* sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.6, n.1, p.96-103, 2006.

BOZHÜYÜK, A. U.; KORDALI, S.; KESDEK, M.; ALTINOK, M. A.; VARCIN, M.; BOZHÜYÜK, M. R. Insecticidal effects of essential oils obtained from six plants against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), a pest of cowpea (*Vigna unguiculata*) (L.). **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 25, n. 7, p. 2620-2627, 2016.

BURDOCK, G. A.; CARABIN, I. G. Safety assessment of sandalwood oil (*Santalum album* L.). **Food and Chemical Toxicology**, v.46, p. 421–432, 2008.

BUSATTA, C.; VIDAL, R.S.; POPIOLSKI, A.S.; MOSSI, A.J.; DARIVA, C.; RODRIGUES, M.R.A.; CORAZZA, F.C.; CORAZZA, M.L.; OLIVEIRA, J. V.; CANSIAN R.L. Application of *Origanum majorana* L. essential oil as an antimicrobial agent in sausage. **Food Microbiology**, v. 25, p. 207–211, 2008

CABRAL, C.; FRANCISCO, V.; CAVALEIRO, C.; GONÇALVES, M. J.; CRUZ, M. T.; SALES, F.; BATISTA, M. T.; SALGUEIRO, L. Essential Oil of *Juniperus communis* subsp. alpina (Suter) Čelak Needles: Chemical Composition, Antifungal Activity and Cytotoxicity. **Phytotherapy Research**, v.26, p. 1352–1357, 2012.

CARROLL, J. F.; PALUCH, G.; COATS, J.; KRAMER, M. Elemol and amyris oil repel the ticks *Ixodes scapularis* and *Amblyomma americanum* (Acari: Ixodidae) in laboratory bioassays. **Experimental and Applied Acarology**, v. 51, p. 383–392, 2010.

CARROLL, J. F.; TABANCA, N.; KRAMER, M.; ELEJALDE, N. M.; WEDGE, D.E.; BERNIER, U. R.; COY, M.; BECNEL, J. J.; DEMIRCI, B.; BAŞER, K. H. C.; ZHANG, J.; ZHANG, S. Essential oils of *Cupressus funebris*, *Juniperus communis*, and *J. chinensis* (Cupressaceae) as repellents against ticks (Acari: Ixodidae) and mosquitoes (Diptera: Culicidae) and as toxicants against mosquitoes. **Journal of Vector Ecology**, v. 36, n. 2, p. 258-268, 2011.

CASTRO, M. J. P.; BALDIN, E. L. L.; CRUZ, P. L. C.; SOUZA, C. M.; SILVA, P. H. S. Caracterização da resistência de genótipos de feijão-caupi a *Callosobruchus maculatus*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.48, n.9, p.1201-1209, 2013.

CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L.R.; CUNHA A.P.; FIGUEIREDO A.C.; BARROSO J.G.; BIGHELLI, A.; CASANOVA, J. Composition and variability of the essential oils

of the leaves and berries from *Juniperus navicularis*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p.193–201, 2003.

CONAB-Acompanhamento safra brasileira. Grãos, v. 5 - Safra 2017/18 - Décimo levantamento. CONAB, Brasília, p. 1-151, julho 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>.

CORRÊA, J.C.R.; SALGADO, H.R.N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.4, p.500-506, 2011.

CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. **Produtos naturais no controle de insetos**, São Paulo: EdUFSCar, 2^a. ed., p.150, 2007.

CRAVEIRO, A. A.; QUEIROZ, D. C. Óleos essenciais e química fina. Ver. **Química Nova**, v. 16, n. 3, p. 224-228, 1993.

CRUZ, C. S A.; PEREIRA, E. R. L.; SILVA L. M. M.; MEDEIROS, M. B.; GOMES, J. P. Repelência do *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) sobre grãos de feijão-caupi tratados com óleos vegetais. **Revista Verde**, v.7, n.3, p.1-5, 2012.

CUNHA, A. P.; ROQUE, O.R.; NOGUEIRA, M.T. **Plantas Aromáticas e Óleos Essenciais Composição e Aplicações**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2012.

DAFERERA, D. J.; ZIOGAS, B. N.; POLISSIOU, M. G. GC-MS Analysis of Essential Oils from Some Greek Aromatic Plants and Their Fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.6, p. 2576-2581, 2000.

DEMIREL, N.; ERDOGAN, C. Insecticidal effects of essential oils from Labiatae and Lauraceae families against cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored pea seeds. **Entomology and Applied Science Letters** v. 4, n. 1, p. 13-19, 2017.

DEVI, M. B.; DEVI, N. V. Biology and morphometric measurement of cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) fabr. in green gram. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v.2, n.3, p.74-76, 2014.

DUTRA, K. A.; OLIVEIRA, J. V.; NAVARRO, D. M. A. F.; BARBOSA, D. R. S.; SANTOS, J. P.O. Control of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in *Vigna unguiculata* (L.) WALP. with essential oils from four *Citrus spp.* Plants. **Journal of Stored Products Research**, v. 68, p. 25-32, 2016.

FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. Aspectos Biológicos E Taxonômicos Dos Principais Insetos-Praga De Produtos Armazenados. In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. (eds.). **Tecnologia De Armazenagem Em Sementes**. Campina Grande: UFCG, p. 371-402, 2006.

FENEMORE, P.G. Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae): identification of host plant factors influencing oviposition response. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 7, n.3, p. 435-439, 1980.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FROTA, A.B.; FREIRE FILHO, F.R., CORREA, M.P.F. **Impactos socioeconômicos das cultivares de feijão-caupi na Região Meio-Norte do Brasil**. Teresina, Embrapa Meio-Norte. 2000, 26p.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p.374-381, 2007.

GRANDI, T. S. M. **Tratado da Plantas Mediciniais: Mineiras, Nativas e Cultivadas**. Belo Horizonte: Telma Sueli Mesquita Grandi, ed. 1, p.1204, 2014.

IZAKMEHRI, K.; SABER, M.; MEHRVAR, A.; MOHAMMAD BAGHER HASSANPOURAGHDAM, M. B.; VOJUDI, S. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Heracleum persicum* against the adults of *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Insect Science**, v.13, n.152, 2013.

JEYABALAN, D.; ARUL, N.; THANGAMATHI, P. Studies on effects of *Pelargonium citrosa* leaf extracts on malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston. **Bioresource Technology**, v. 89, p. 185–189, 2003.

KAZEMI, S. Y.; NABAVI, J.; HASSAN ZALI, H.; GHORBANI, J. Effect of Altitude and Soil on the Essential Oils Composition of *Juniperus communis*. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 20, n. 5, p. 1380 – 1390, 2017.

KULKARNI, R. N.; RAVINDRA, N. S.; RAMESH, S. I.; MALLAVARAPU, G. R.; KHANUJA, S. P. S.; DAROKAR, M. P. D.; SHASANY, A. K.; KUMAR, S. *Pelargonium graveolens* plant named “narmada”. **United States Plant Patent**. US PP12,425 P2, 26 de fev de 2002.

LOPES, A. C. A.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, R. B. Q.; CAMPOS, F. L.; ROCHA, M. M. Variabilidade e correlação entre caracteres agronômicos em caupi (*Vigna unguiculata*). **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.36, n.3, p. 515-520, 2001.

LORINI, I. **Manual Técnico Para o Manejo Integrado de Pragas de grãos de Cereais Armazenados**. Passo Fundo: EMBRAPA, p. 80, 2005.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 81 p., 2015.

MAHFUZ, I.; KHALEQUZZAMAN, M. Contact and Fumigant Toxicity of Essential Oils Against *Callosobruchus maculatus*. **University journal of zoology. Rajshahi University**, v. 26, p. 63-66, 2007.

MANZOOMI, N.; GANBALANI, G. N.; DASTJERDI, H. R.; FATHI, S. A. A. Fumigant toxicity of essential oils of *Lavandula officinalis*, *Artemisia dracuncululus* and *Heracleum persicum* on the adults of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Entomology & Zoology Journal**. v.5, n.1, p.118-122, 2010.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v.6, n.2, p. 95-112, 2012.

MARSARO, A. L.; VILARINHO, A. A. Resistência de cultivares de feijão-caupi ao ataque de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) em condições de armazenamento. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 51-55, 2011.

MARTINS, F. T.; SANTOS, M. H.; POLO, M. Variação química do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., sob condições de cultivo. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p.1203-1209, 2006.

MBATA, G. N.; PAYTON, M. E. Effect of monoterpenoids on oviposition and mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) under hermetic conditions. **Jornal of Stored Products Research**. v. 53, p. 43-47, 2013.

MELO, B. A.; MOLINA-RUGAMA, A. J.; LEITE, D. T.; GODOY, M. S.; ARAUJO, E. L. Bioatividade de pós de espécies vegetais sobre a reprodução de *Callosobruchus maculatus* (FABR. 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p. 346-353, 2014.

MOTAGHI, L.; SENFI, F.; FROUZAN, M.; KHODABANDEH, F. Fumigant toxicity of *Artemisia annua* L. essential oil against Cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Col.: Bruchidae). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 7, p.805-807, 2014.

NASCIMENTO, I. B.; MATOS, R.I.S.H.; BORGES, N.S.S.; MARCO, C.A. Influência do horário de corte na produção de óleo essencial de capim-santo (*Andropogum* sp.) **Revista Caatinga**, v.19, p.123-127, 2006.

NAYMADOR, W. S.; KETOH, G. K.; AMÉVOIN, K.; NUTO, Y.; KOUMAGLO, H. K.; GLITHO, I. A. Variation in the susceptibility of two *Callosobruchus* species to essential oils. **Jornal of Stored Products Research**. v. 46, p. 48-51, 2010.

NICULAU, E. S.; ALVES, P. B.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S.; MATOS, A. P.; BERNARDO, A. R.; VOLANTE, A. C.; FERNANDES, J. B.; SILVA, M. F. G. F.; CORRÊA, A. G. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* l'Herit e *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Química Nova**, v.36, n.9, p.1391-1394, 2013.

OBENG-OFORI, D. Plant oils as grain protectants against infestations of *Cryptolestes pusillus* and *Rhyzopertha dominica* in stored grain. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.77, n.2, p.133-139, 1995.

OLIVEIRA, J. V.; FRANÇA, S. M.; BARBOSA, D. R. S.; DUTRA, K. A.; ARAUJO, A. M. N.; NAVARRO, D. M. A. F. Fumigation and repellency of essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.52, n.1, p.10-17, 2017.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W.; RAMOS, A. C. C.; DE BRITO, D. R.; SILVA, J. B.; CAJAZEIRA, J. P. Utilização de Óleos Essenciais na Agricultura. **Journal Biotechnology. Biodiversity**. v.4, n.2, p.162-175, 2013.

PARK, H.; PARK, K. Larvicidal activity of *Amyris balsamifera*, *Daucus carota* and *Pogostemon cablin* essential oils and their components against *Culex pipiens pallens*. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, V. 15, p. 631–634, 2012.

PASCUAL-VILLALOBOS, M.J.; BALLESTA-ACOSTA, M.C. Chemical variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 31, p 673–679, 2003.

PEREIRA, A. C. R. L.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (Farb., 1775) (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Ciência Agrotécnica**, v.32, n.3, p.717-724, 2008.

PEREIRA, A. C. R. L.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CÂMARA, C. A. G. Influência do período de armazenamento do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], tratado com óleos essenciais e fixos, no controle de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). **Ciência agrotecnica**, v.33, n.1, p.319-325, 2009.

RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, v.29, p.913–920, 2010.

RIOS, N.; STASHENKO, E. E.; DUQUE, J. E. Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, V. 61, p. 307-311, 2017.

ROBINSON, W. H. **Urban insects and arachnids: a handbook of urban entomology**. London: Cambridge University Press, 2005, p. 472.

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. PIRETRÓIDES – UMA VISÃO GERAL. **Alimentos e Nutrição**, v.18, n.3, p. 339-349, 2007.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide, version 8.02**, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.1999-2001.

SCHMIDT, E. **Production of essential oils**. In: BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. (eds.) Handbook of essential oils: Science, Technology and applications. E.U.A.: Taylor and Francis Group, p.83-118, 2010.

SINGH, S. R.; ALLEN, D. J. **Cowpea Pests and Diseases**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, 113 p., 1979.

SMIDERLE, O. J.; MARINHO, J. T. S.; GONÇALVES, J. R. P.; VIEIRA JUNIOR, J. R. Colheita e armazenamento de grãos e sementes. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. (Ed.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, cap. 1, p. 327-356, 2009.

SOUSA, M.; SILVA, P. R. R.; FRANÇA, S. M.; SILVA, J. D. C.; SOUSA, F. M. Seleção de genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) para resistência a *Callosobruchus maculatus*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 2, p. 190-195, 2016.

TOUDERT-TALEB, K.; HEDJAL-CHEBHEB, M.; HAMI, H.; J-F. DEBRAS, J-F.; KELLOUCHE, A. Composition of essential oils extracted from six aromatic plants of Kabylia origin (Algeria) and evaluation of their bioactivity on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **African Entomology**, v. 22, n. 2, p. 417-427, 2014.

VALLAT, A.; GU, H.; DORN, S. How rainfall, relative humidity and temperature influence volatile emissions from apple trees in situ. **Phytochemistry**, v. 66, pp.1540-1550, 2005.

VAN BEEK, T. A.; KLEIS, R.; POSTHUMUS, M. A.; VAN VELDHUIZEN A. Essential oil of *Amyris balsamifera*. **Phytochemistry**, v. 28, n. 7, p. 1909-1911, 1989.

VAN DEN DOLL, H.; KRATZ, P.D.J.A. Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography**. v. 11, p. 463-471, 1963.

VARDHINI, D.; RAJA, S. S.; VARALAKSHMI, K.; QUDDUS, K. M. A. Sujiol, a new potent insect growth regulator from *Juniperus communis* L. against last instar larvae of *Spodoptera litura*. **Journal of Applied Entomology**, v. 125, p. 479-481, 2001.

VERA, R. R.; CHANE-MING, J. Chemical composition of the essential oil of marjoram (*Origanum majorana* L.) from Reunion Island. **Food Chemistry**, v. 66, p. 143-145, 1999.

VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae-Papilionoideae for the flora of tropical East África. IV. **Kew Bulletin**, v. 24, p. 507-69, 1970.

VERMA, R. S.; PADALIA, R.C.; CHAUHAN, A. Essential oil composition of *Aegle marmelos* (L.) Correa: Chemotypic and seasonal variations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, p. 1904-1913, 2013.

VIEGAS JUNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, No. 3, 390-400, 2003.

YAPI, T. A.; BOTI, J.B.; TONZIBO, Z.F.; AHIBO, C.A.; BIGHELLI, A.; CASANOVA, J.; TOMI, F. Chemical Variability of *Xylopia quintasii* ENGL. & DIELS Leaf Oil from Côte d'Ivoire. **Chemistry & Biodiversity**. v.11, p.332-339, 2014.

XIE, Y; WANG, Z; HUANG, Q; ZHANG, D. Antifungal activity of several essential oils and major components against wood-rot fungi. **Industrial Crops & Products**, v. 108, p. 278–285, 2017.

ZANDI-SOHANI, N.; HOJJATI, M.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A. bioactivity of *Lantana camara* L. essential oil against *Callosobruchus maculatus* (Fabricius). **Chilean Journal Of Agricultural Research**, v.72, n.4, p.502-507, 2012.

ZANDI-SOHANI, N.; HOJJATI, M.; CARBONELL-BARRACHINA, A. Insecticidal and Repellent Activities of the Essential Oil of *Callistemon citrinus* (Myrtaceae) Against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 1 , p. 89–94, 2013.