

ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS CÍTRICAS NO MANEJO DE *Callosobruchus maculatus*
(FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE), EM GRÃOS DE *Vigna*
unguiculata (L.) WALP.

por

KAMILLA DE ANDRADE DUTRA

(Sob Orientação do Professor José Vargas de Oliveira - UFRPE)

RESUMO

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., tem como principal praga durante o período de armazenamento o caruncho *Callosobruchus maculatus* (Fabr.,1775), que ocasiona perdas consideráveis ao produto. Devido a sua importância econômica é imprescindível adotar táticas de manejo e uma alternativa aos inseticidas químicos sintéticos é a utilização de produtos naturais na forma de óleos essenciais. O presente trabalho objetiva a obtenção e identificação química dos componentes de óleos essenciais das cascas de frutos das espécies *Citrus aurantifolia* Swingle (Limão Tahiti), *Citrus reticulata* Blanco (Laranja cravo), *Citrus sinensis* L. Osbeck (Laranja-pêra) e *Citrus paradisi* Macf. (Pomelo); determinação da toxicidade por contato e fumigação desses óleos, e o efeito repelente em adultos de *C. maculatus*. A análise em CG-EM identificou 45 compostos dos óleos essenciais; os constituintes majoritários de *C. aurantifolia* foram o α - Pineno (2,09%), β - Pineno (12,30%), Limoneno (57,77%) e γ -Terpineno (17,22%) e para *C. sinensis*, *C. reticulata* e *C. paradisi* o Mirceno e Limoneno nas proporções de (2,10% e 93,84%), (1,65% e 94,28%) e (1,83% e 94,26%) respectivamente. As CL₅₀ dos óleos de *Citrus* spp. nos testes de contato variaram de 943,9 a 1037,7 ppm, indicando que *C. aurantifolia*, obteve a menor CL₅₀ e *C. sinensis* a maior. A análise de regressão indicou que o número de ovos e emergência de adultos

foram inversamente proporcionais ao aumento das concentrações. No teste de fumigação as CL_{50} para os óleos variaram de 10,2 a 12,98 $\mu\text{L/L}$ ar, indicando *C. aurantifolia* com o melhor desempenho. No teste de repelência, os óleos essenciais em todas as concentrações foram classificados como neutros para *C. maculatus*. As percentagens de redução da oviposição variaram de 29,74 a 71,66% e de emergência de 15,43 a 85,31%.

PALAVRAS-CHAVE: Caruncho do caupi, inseticidas botânicos, CG-EM, toxicidade e repelência.

ESSENTIAL OILS OF CITRUS PLANTS IN THE MANAGEMENT OF *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE), IN *Vigna unguiculata* (L.) WALP. grains

by

KAMILLA DE ANDRADE DUTRA

(under the direction of Professor José Vargas de Oliveira)

ABSTRACT

The cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. has as main pest during storage, the weevil *Callosobruchus maculatus* the (Fabr.,1775), which causes considerable yield losses. Due to its economic importance, it is essential to adopt management tactics and an alternative to synthetic chemical insecticides is the use of natural products as essential oils. The present study aims to obtain and identify the chemical components of fruit peel essential oils of the species *Citrus Aurantifolia* Swingle (Tahiti Lime), *Citrus reticulata* Blanco (Clove Orange/Tangerine), *Citrus sinensis* L. Osbeck (Pear-Orange) and *Citrus paradisi* Macf. (Pomelo); and to determine these oils toxicity in contact and fumigation as well the repellent effect on *C. maculatus* adults. The GC-MS analysis has identified 45 compounds of essential oils; the main constituents of *C. aurantifolia* were the α -Pinene (2.09%), β -Pinene (12.30 %), Limonene (57.77 %) and γ -Terpinene (17.22%), for *C. sinensis*, *C. reticulata* and *C. paradisi* the Myrcene and the Limonene in proportions of (2.10 % and 93.84%), (1.65% and 94.28%) and (1.83% and 94.26%) respectively. The LC₅₀ of citrus oils spp. in the contact tests varied from 943.9 to 1037.7 ppm, stating that *C. aurantifolia* showed the lowest LC₅₀ and *C. sinensis* the highest. Regression analysis indicated that the number of eggs and adult emergence were inversely proportional to the

increasing concentrations. In the fumigation tests the oils LC₅₀ varied from 10.2 to 12.98 µL/L air, stating that *C. aurantifolia* had the best performance. In repellency test, the essential oils in all concentrations were classified as neutral for *C. maculatus*. The percentages of oviposition reduction varied from 29.74 to 71.66% and the emergency reduction from 15.43 to 85.31%.

KEY WORDS: Cowpea weevil, botanical insecticides, GC-MS, toxicity and repellency.

ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS CÍTRICAS NO MANEJO DE *Callosobruchus maculatus*
FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE), EM GRÃOS DE *Vigna*
unguiculata (L.) WALP.

Por

KAMILLA DE ANDRADE DUTRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2014

ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS CÍTRICAS NO MANEJO DE *Callosobruchus maculatus*
(FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE), EM GRÃOS DE *Vigna*
unguiculata (L.) WALP.

por

KAMILLA DE ANDRADE DUTRA

Comitê de Orientação:

José Vargas de Oliveira – UFRPE

Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro - UFPE

ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS CÍTRICAS NO MANEJO DE *Callosobruchus maculatus*
(FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE), EM GRÃOS DE *Vigna*
unguiculata (L.) WALP.

por

KAMILLA DE ANDRADE DUTRA

Orientador: _____
José Vargas de Oliveira - UFRPE

Examinadores: _____
Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro - UFPE

César Auguste Badji - UAG

Alberto Belo Esteves Filho – PDJ/ UFRPE

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Risaldo Guerra Dutra e Mauricéa de Andrade Dutra, a minha irmã Priscila Amanda de Andrade Dutra e ao meu sobrinho João Pedro de Andrade Dutra da Silva.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, porque tudo posso naquele que me fortalece.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela formação acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais Risaldo G. Dutra e Mauricéa de A. Dutra por todo amor, carinho, compreensão. Por apoiarem a minha formação e fazer dela um sonho realizado.

A minha irmã Priscila A. de A. Dutra pelo grande carinho, por me acompanhar e me apoiar nos estudos e ao meu sobrinho João P. de A. D. da Silva com muito amor, carinho e alegria.

A José Milton Torres Neto pelo companheirismo e por ser muito importante no meu crescimento pessoal, emocional e também profissional, apoiando e acreditando nas minhas decisões de estudo.

Ao meu orientador José Vargas de Oliveira, pela paciência, dedicação, confiança, por ter aberto as portas do Laboratório de Entomologia Agrícola e hoje fazer parte da minha formação acadêmica.

A minha Co-orientadora Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro pela inestimável confiança, por fazer parte da minha iniciação científica, pelo entusiasmo visto no trabalho e por mostrar sempre o lado positivo no laboratório.

As minhas amigas Paloma Bantim, Patrícia Bezerra, Camila Soledade, Aline Nascimento e Sibebe Tapajós pelo carinho e compreensão nos momentos de estresse, por saber sorrir e mostrar o lado positivo. E ao amigo Lucas Arruda pelas vibrações positivas.

A minha amiga Vaneska Barbosa por estar presente em todos os momentos da nossa formação acadêmica, pelo apoio emocional e espiritual.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia Agrícola Cynara, Mauricéa, Glaucilane, Alice, Kelly, Mariana, Fabiana, Carol, Sérgio e Douglas por compartilharem momentos inesquecíveis de alegria, por tonar o dia-a-dia no laboratório mais doce e por tornar a estatística mais compreensível (Douglas).

Ao laboratório de Ecologia Química por fazer parte da minha formação acadêmica, e a todos os seus integrantes Geanne, Rayane, Lais, Suyana, Bheatriz, Marcelo, Artur, Paulo e Hans.

Aos colegas de turma pelo companheirismo e momentos alegres que me proporcionaram.

Ao Prof^o César Augusti Badji e ao Dr. José Peroba do IPA de Brejão pela concessão dos frutos (limão, laranja, tangerina e pomelo) usados no trabalho.

Aos funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Ariella Rayder G.S. Cahú, Darci Martins Correia da Silva e José Romildo Nunes pela competência e eficiência na prestação de serviços.

Enfim, a todos que de qualquer forma contribuíram para a realização deste trabalho e a confiança da sua conclusão, deixo aqui o meu muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA	8
2 MANEJO DE <i>Callosobruchus maculatus</i> (FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE), EM GRÃOS DE <i>Vigna unguiculata</i> (L.) WALP. COM ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS CÍTRICAS	20
RESUMO	21
ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
AGRADECIMENTOS.....	35
LITERATURA CITADA.....	36

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A produção de grãos para alimentação humana tem aumentado consideravelmente a cada ano, sendo comprovada pelas culturas da soja, trigo, milho e feijão, onde esta última coloca o Brasil como o maior produtor mundial, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA 2013).

Dentre as várias espécies de feijão mais cultivadas, citam-se o feijão-comum *Phaseolus vulgaris* (L.) e o feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., que são amplamente distribuídas em todo território nacional, sendo a primeira predominante nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste e a segunda nas regiões Nordeste e Norte, expandindo-se para a região Centro-Oeste (FAO 2010, Freire Filho *et al.* 2011).

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) estimou a área total da produção nacional de feijão para a safra de 2013/2014 de 3,13 a 3,16 milhões de hectares, correspondendo a uma produção entre 3,22 e 3,25 milhões de toneladas, destacando-se os estados do Paraná, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Bahia e Piauí (CONAB 2013). De acordo Freire Filho *et al.* (2011), com base nas produções de feijão-caupi, correspondentes aos anos de 2003 a 2009, constatou-se que Níger, Nigéria e Brasil são os países responsáveis pelas maiores produções e áreas cultivadas no mundo. No Brasil, a produção concentra-se, sobretudo, nas regiões Norte e Nordeste, destacando-se como maiores produtores, os Estados do Ceará, Piauí e Pernambuco e Mato-Grosso na região Centro-Oeste.

23 O feijão-caupi é uma planta anual herbácea, pertencente à ordem Fabales, família
24 Fabaceae, gênero *Vigna* e espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Souza & Lorenzzi 2008), sendo
25 conhecida vulgarmente, como feijão-macassar e feijão-de-corda na região Nordeste; feijão-de-
26 estrada, feijão-da-colônia e feijão-de-praia na região Norte e feijão-miúdo na região Sul (Freire
27 Filho *et al.* 1983). Apresenta grande importância socioeconômica por ser uma cultura de produção
28 de grãos como opção de renda e subsistência para a agricultura familiar (Freire Filho *et al.* 2005,
29 Neves *et al.* 2011); constitui um dos alimentos básicos que compõem a dieta das populações rural
30 e urbana no nordeste brasileiro (Lopes *et al.* 2001, Dantas *et al.* 2002, Freire Filho *et al.* 2005),
31 fornecendo carboidratos, proteínas, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais, além de
32 quantidades consideráveis de fibras alimentares (Freire Filho *et al.* 2005, Salgado *et al.* 2006,
33 Henshaw 2008), sendo também utilizada como forragem e ensilagem ou feno para a nutrição dos
34 animais (Silva & Oliveira 1993, Freire Filho *et al.* 2005). Como é capaz de se desenvolver em
35 solos de baixa fertilidade, é uma alternativa para a fixação de nitrogênio e incorporação de
36 matéria orgânica em solos, através da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (Melo &
37 Cardoso 2000, Zilli *et al.* 2009).

38 A produção de feijão-caupi para o consumo concentra-se em três áreas de mercado:
39 sementes, grãos verdes (grãos verdes debulhados ou vagens verdes) e grãos secos (Freire Filho *et*
40 *al.* 2005, 2011). Entretanto, nas duas últimas áreas, os grãos secos, submetidos ao processo de
41 embalagem, são destinados às mercearias e supermercados; por outro lado, as vagens verdes e os
42 grãos verdes, a granel, são destinados às feiras livres (Rocha 2009, Andrade *et al.* 2010). De um
43 modo geral, normalmente, a comercialização do feijão é realizada por meio de mercados públicos,
44 com a venda em atacado ou a varejo, onde a maioria do produto armazenado encontra-se estocado
45 no próprio local de distribuição (Sousa *et al.* 2008), com a finalidade de proteger e dar segurança
46 aos grãos.

47 A prática do armazenamento possibilita preservar o valor nutritivo dos grãos e a qualidade
48 das sementes, mantendo suas características fisiológicas associadas a operações, tais como:
49 secagem, limpeza e tratamento fitossanitário (Azevedo *et al.* 2003). No entanto, necessita ser
50 armazenado de forma adequada, objetivando evitar a escassez na entressafra, a oscilação de
51 preços no mercado (Brackmann *et al.* 2002) e não menos importante, a infestação de insetos-
52 praga, pois nesse período os grãos encontram-se bastantes vulneráveis (Lopes *et al.* 2000).

53 A espécie, *Callosobruchus maculatus* (Fabr.,1775) (Coleoptera: Chrysomelidae:
54 Bruchinae), comumente conhecida como caruncho-do-feijão, constitui a praga mais importante do
55 feijão-caupi armazenado (Prevett 1961, Booker 1967, Braccin & Picanço 1995, Brito *et al.* 2006).

56 Os adultos são pequenos besouros, medindo cerca de 3-6 mm de comprimento, de
57 coloração marrom escura. Os élitros são relativamente curtos, deixando o último segmento do
58 abdome exposto (pigídio), com estrias longitudinais e com três manchas mais escuras de
59 tamanhos distintos (Gallo *et al.* 2002, Beck & Blumer 2007, Brier 2008). Os adultos são
60 facilmente diferenciados pela forma e comprimento do abdôme. Nos machos o abdôme é mais
61 curto e o lado dorsal do segmento terminal é acentuadamente curvado para baixo e para dentro;
62 em contraste, as fêmeas apresentam o abdôme mais desenvolvido e o lado dorsal do segmento
63 terminal é levemente curvado para baixo (Bandaara & Saxena 1995).

64 Os ovos são depositados, isoladamente, e colados na superfície dos grãos e após a
65 eclosão, as larvas penetram nos mesmos, alimentando-se e mantendo a superfície do ovo intacta e
66 eliminando sobras do alimento e excrementos para dentro do ovo, o qual exhibe uma coloração
67 branca. Os ovos inviáveis são translúcidos, pois os embriões não se desenvolveram. O período de
68 ovo a adulto é completado no interior dos grãos; a larva, no último ínstar, delimita na superfície
69 do grão uma “janela de emergência”, por onde sairá o adulto. Em seguida se transforma em pupa,
70 que inicialmente é de coloração esbranquiçada e próxima à emergência do adulto torna-se escura.

71 Os adultos emergidos são adaptados às condições de armazenamento e não se alimentam e logo
72 estão aptos para a reprodução, reiniciando o ciclo biológico (Wasserman & Futuyama 1981,
73 Ofuya & Agele 1990, Messina 1993, Beck & Blumer 2007). O período de incubação dos ovos é
74 de três a cinco dias, a duração do estágio larval de 10-14 dias e do estágio de pupa cerca de seis
75 dias (Edde & Amatobi 2003). Machos e fêmeas sob temperatura de 25 a 28° C e umidade relativa
76 de 70%, vivem em média sete dias e o período de ovo-adulto tem a duração de 22 a 28 dias
77 (Messina 1993, Fox 1993, Gallo *et al.* 2002). Na temperatura de 30° C e 70% de umidade relativa
78 o ciclo é de 23,7 dias, com longevidade das fêmeas de 11,8 dias e produção de ovos por fêmea,
79 em média, de 91,2 (Howe & Currie 1964).

80 As pragas de grãos e sementes armazenadas apresentam características particulares, como
81 alta fecundidade e número elevado de gerações/ano que permitem, a partir de uma baixa
82 infestação inicial, alcançar altas densidades populacionais, capazes de provocar perdas elevadas
83 num curto intervalo de tempo (Almeida 1989), como de três a quatro meses (Dongre *et al.* 1996,
84 Hall *et al.* 1997, Sarikarin *et al.* 1999). *C. maculatus* enquadra-se perfeitamente nessas
85 características, constituindo uma praga de grande importância econômica para o feijão-caupi.
86 Apresenta infestação cruzada, ou seja, inicia o ataque no campo e intensificando-se nas unidades
87 armazenadoras de caupi. É classificada como uma praga primária interna, sendo capaz de atacar
88 os grãos inteiros e sadios, cujas larvas perfuram e penetram nos grãos para completar o seu
89 desenvolvimento (Gallo *et al.* 2002, Lorini *et al.* 2010). Provoca perdas qualitativas, reduzindo o
90 valor nutritivo dos grãos e o poder germinativo das sementes (Dongre *et al.* 1996), enquanto que,
91 as perdas quantitativas são responsáveis pela redução do peso dos grãos, devido ao processo de
92 alimentação das larvas (Oliveira *et al.* 1984); um único grão pode apresentar uma ou mais larvas
93 (Vieira 1988), podendo ocasionar uma perda da ordem de 60% em sementes armazenadas
94 (Tanzubil 1991) e 90% em seis meses de armazenamento (Seck *et al.* 1991); o valor comercial

95 dos grãos também é reduzido (Sousa *et al.* 2005) e devido à presença de ovos e insetos no local
96 do armazenamento, o grau de higiene é comprometido (Bastos 1973, Oliveira *et al.* 1984) e não
97 menos importante, pode ocorrer à elevação da temperatura e da umidade da massa de grãos,
98 tornando as condições favoráveis ao aparecimento e desenvolvimento de fungos (Santos & Vieira
99 1971, Vieira *et al.* 1993, Sari *et al.* 2003).

100 Devido à importância econômica do *C. maculatus* para o feijão-caupi armazenado, torna-se
101 necessário o seu controle de forma eficiente nas unidades de armazenamento. Para tanto, é
102 imprescindível adotar táticas de manejo, não dispensando a prévia limpeza e higienização das
103 unidades de armazenamento dos grãos (Lorini 1999). Dentre as táticas, podem ser citadas:
104 atmosfera controlada (Calderon & Leesch 1983, Mbata *et al.* 2000, Ofuya & Reichmuth 2002);
105 radiação microondas (Webber *et al.* 1946, Shayesteh & Barthakur 1996, Barbosa & Fontes 2011);
106 uso de pós inertes, como terra de diatomáceas (Lorini 2003, Beckel *et al.* 2004, Alves *et al.* 2008);
107 utilização de cultivares de feijão-caupi resistentes (Mbata 1993, Lima *et al.* 2002, Appleby &
108 Credland 2004, Marsaro Jr. & Vilarinho 2011); controle biológico (Cherry *et al.* 2005, Murrad *et*
109 *al.* 2006, Soares *et al.* 2009) e o uso de inseticidas químicos sintéticos (Casella *et al.* 1998,
110 Benhalima *et al.* 2004, Lima Jr. *et al.* 2012), aplicados nas seguintes modalidades: pulverização
111 residual ou de superfície, pulverização protetora e fumigação (Lorini 2003, Santos & Mantovani
112 2004, Santos 2006). Apesar de eficientes, os inseticidas sintéticos sofrem restrições, devido à
113 seleção de populações de insetos resistentes, possibilidade de intoxicação aos aplicadores e a
114 presença de resíduos nos grãos e sementes (Hernández & Vendramim 1997, Almeida *et al.* 1999,
115 Martinazzo *et al.* 2000).

116 Táticas alternativas aos inseticidas químicos sintéticos para o controle de pragas de grãos
117 armazenados e outras pragas têm sido pesquisadas, sendo bem aceitas pela sociedade, como por
118 exemplo, o uso de inseticidas botânicos que, de modo geral, são eficientes, menos tóxicos (Shaaya

119 *et al.* 1997, Almeida *et al.* 2004, Tavares & Vendramim 2005, Pereira *et al.* 2008), além de
120 oferecerem grande variedade de compostos com grande diversidade nas suas estruturas químicas e
121 atividade biológica (Reigosa & Pedrol 2002). Provocam diversos efeitos sobre os insetos, como
122 toxicidade, redução no desenvolvimento, inibição da alimentação, deterrência na oviposição e
123 redução na fecundidade e na fertilidade (Breuer & Schmidt 1995, Muthukrishnan & Pushpalatha
124 2001, Wheeler & Isman 2001, Sadek 2003, Sousa *et al.* 2005, Manzoomi *et al.* 2010).

125 Considerando a grande diversidade de plantas existentes no Brasil, de um total estimado
126 entre 350 e 550 mil espécies, estudos tem sido desenvolvidos na expectativa de se encontrarem
127 substâncias com propriedades inseticidas, alterando um pouco o enfoque da fitoquímica
128 tradicional, em que, óleos essenciais extraídos de plantas são amplamente usados nas indústrias de
129 perfumes e cosméticos (Tripathi *et al.* 2009a). Dentre as plantas estudadas, destacam-se às das
130 famílias Asteraceae, Annonaceae, Canellacea, Lamiaceae, Malvaceae, Meliaceae, Myrtacea,
131 Piperaceae, Poaceae, Rutaceae e Zingiberaceae (Jacobson 1989, Rajendran & Sriranjini 2008,
132 Cunha *et al.* 2008). Os inseticidas botânicos podem ser obtidos a partir de extratos aquosos e
133 orgânicos (Adedire *et al.* 2011), pós (Castro *et al.* 2010) e óleos essenciais (Mahmoudvand *et al.*
134 2011), sendo estes últimos amplamente estudados.

135 Os óleos essenciais são produtos derivados do metabolismo secundário das plantas,
136 apresentando-se como uma mistura complexa de elementos voláteis compostos de
137 hidrocarbonetos terpênicos, aldeídos, alcoóis simples e terpênicos, cetonas ésteres, éteres, fenóis,
138 entre outros; caracterizam-se principalmente pela volatilidade, sendo também denominados de
139 óleos voláteis; normalmente são líquidos de aspecto oleoso à temperatura ambiente e dotados de
140 um forte aroma agradável e intenso (Simões & Spitz 2004). Podem ser produzidos em todos os
141 órgãos da planta, podendo apresentar variações na sua composição química, de acordo com o
142 local onde foi produzido. A época de coleta, a temperatura, umidade relativa, tipo de solo e o

143 regime de exposição ao sol são fatores que influenciam de forma direta na composição dos óleos
144 essenciais (Simões & Spitzza 2004, Gobbo-Neto & Lopes 2007, Bakkali *et al.* 2008). Diferentes
145 métodos são utilizados na sua extração, porém os mais usuais são hidrodestilação e arraste por
146 vapor d'água (Simões & Spitzza 2004).

147 Pesquisas vêm sendo realizadas, visando ao uso de óleos essenciais em programas de
148 manejo integrado de *C. maculatus* nas unidades de armazenamento, os quais atuam por contato,
149 ingestão e fumigação (Almeida *et al.* 2005, Sousa *et al.* 2005, Brito *et al.* 2006), provocando
150 mortalidade, repelência, deterrência na alimentação e oviposição, efeitos no crescimento, redução
151 na oviposição e na emergência de adultos (Pascual-Villalobos & Ballesta-Acosta 2003, Boeke *et*
152 *al.* 2004, Ketoh *et al.* 2005, Guerra *et al.* 2009).

153 Raja & John William (2008) comprovaram reduções na oviposição e na emergência de
154 adultos de *C. maculatus* com os óleos essenciais de *Cymbopogon winterianus* Jowitt,
155 *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.), *Cymbopogon martinii* (Roxb.), *Eucalyptus citriodora*
156 Hook. e *Vetiveria zizanioides* (L.). O óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. provocou
157 mortalidade e, também, inibiu a oviposição (Pascual-Villalobos & Ballesta-Acosta 2003), e o óleo
158 essencial de *Mentha spicata* L. foi efetivo na mortalidade, redução da postura e emergência em
159 grãos de caupi (Raja *et al.* 2001). De acordo com Tripathi *et al.* 2009b, as espécies de *Amomum*
160 *subulatum* Roxb., *Curcuma longa* Linn. e *Zingiber officinale* Rose foram tóxicos por contato,
161 enquanto *Syzygium aromaticum* (Linn.) e *A. subulatum* apresentaram efeito repelente. Gusmão *et*
162 *al.* (2013) avaliaram a toxicidade por contato dos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare* Mill,
163 *Eucalyptus staigeriana* F. Muell., *C. winterianus* e *E. citriodora*, bem como, o efeito repelente
164 desses dois últimos óleos essenciais. O efeito fumigante de óleos essenciais tem sido, também,
165 pesquisado, trazendo novas perspectivas no controle de pragas de grãos armazenados.
166 Mahmoudvand *et al.* (2011) observaram que os óleos essenciais de *Lippia citrodora* Kunth.,

167 *Rosmarinus officinalis* L., *Mentha piperita* L. e *Juniperus Sabina* L. causaram mortalidade de
168 *C. maculatus*. Aboua *et al.* (2010), testando os óleos essenciais de *Melaleuca quinquenervia* L.,
169 *Citrus aurantifolia* (Christm.) e *Ageratum conyzoides* L. também obtiveram efeito de toxicidade
170 por fumigação, bem como os óleos de *Cinnamomum zeylanicum* J. Presl, *Melaleuca alternifolia*
171 Cheel, *Thymus vulgaris* L., *S. aromaticum* e *Eucalyptus globulus*, avaliados por Ahmed & El-
172 Salam (2010). Os óleos de *Carum copticum* C.B. Clarke e *Vitex pseudo-negundo* Hand foram
173 eficientes em diferentes fases de desenvolvimento do inseto (Sahaf & Moharramipour 2008).

174 Dessa forma, os óleos essenciais, por serem de simples obtenção e manuseio e apresentarem,
175 geralmente baixa toxicidade para os vertebrados constituirão, sem dúvida, uma tecnologia muito
176 importante no contexto de uma agricultura sustentável (Roel 2001), e como inseticida em
177 programas de Manejo Integrado de *C. maculatus*. Diante do exposto, o presente trabalho tem os
178 seguintes objetivos: (i) obtenção e identificação química dos componentes de óleos essenciais
179 extraídos de frutas cítricas; (ii) determinação da toxicidade por contato e fumigação dos óleos
180 essenciais, e o efeito repelente em adultos de *C. maculatus*. Os resultados obtidos poderão servir
181 de subsídios para o manejo de *C. maculatus* em unidades de armazenamento, proporcionando
182 benefícios diretos e indiretos para os pequenos e médios produtores de grãos de feijão-caupi.

183

184

Literatura Citada

185 **Aboua, L.R.N., B.P. Seri-Kouassi & H.K. Koua. 2010.** Insecticidal activity of essential oils
186 from three aromatic plants on *Callosobruchus maculatus* F. in Cotê D'ivoire. European. J.
187 Scie. Res. 39: 243-250.

188

189 **Adedire, C.O., O.M. Obembe, R.O. Akinkurolere & S.O. Oduleye. 2011.** Response of
190 *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) to extracts of cashew
191 kernels. J. Plant. Dis. Prot. 118: 75-79.

192

- 193 **Ahmed, M.E. & A. El-Salam. 2010.** Fumigant toxicity of seven essential oils against the cowpea
194 weevil, *Callosobruchus maculatus* (F.) and the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). Egypt.
195 Acad. J.Biol. Scie. 2: 1-6.
- 196
- 197 **Almeida, A.A. 1989.** Natureza dos danos causados por insetos em grãos armazenados. In: Anais
198 Congr. Bras. Entomol. Campinas, Fund. Cargill. 4: 16-32.
- 199
- 200 **Almeida, F.A.C., A.C. Goldfarb & J.P.G. Gouveia. 1999.** Avaliação de extratos vegetais e
201 métodos de aplicação no controle de *Sitophilus* spp. Rev. Bras. Prod. Agroind. 1: 13-20.
- 202
- 203 **Almeida, I.P., M.E.M. Duarte, M.E. Rangel, M.C. Mata, R.M.M. Freire & M.A. Guedes.**
204 **2005.** Armazenamento de feijão macassar tratado com mamona: estudo da prevenção do
205 *Callosobruchus maculatus* e das alterações nutricionais do grão. Rev. Bras. Prod. Agroind. 7:
206 133-140.
- 207
- 208 **Almeida, S.A., F.A.C. Almeida, N.R. Santos, M.E.R. Araújo & J.P. Rodrigues. 2004.**
209 Atividade inseticida de extratos vegetais sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr.,1775)
210 (Coleoptera: Bruchidae). Rev. Bras. de Agroc. 10: 67-70.
- 211
- 212 **Alves, L.F.A., D.G.P. Oliveira & M.O.J. Neves. 2008.** Fatores que afetam a eficiência da terra
213 de diatomácea no controle de adultos de *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera:
214 Tenebrionidae). Neotrop. Entomol. 37: 716-722.
- 215
- 216 **Andrade, F.N., M.M. Rocha, R.L.F. Gomes, F.R. Freire Filho & S.R.R. Ramos. 2010.**
217 Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de feijão-caupi avaliados para feijão
218 fresco. Rev. Ciênc. Agron. 41: 253-258.
- 219
- 220 **Appleby, J.H. & P.F. Credland. 2004.** Environmental conditions affect the response of West
221 African *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) populations to susceptible and
222 resistant cowpeas. J. Stored Prod. Res. 40: 269-287.
- 223
- 224 **Azevedo, M.R.Q., J.P.G. Gouveia, D.M.M. Trovão & V.P. Queiroga. 2003.** Influência das
225 embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. R. Bras. Eng.
226 Agríc. Ambiental. 7: 519-524.
- 227
- 228 **Bakkali, F., S. Averbeck, D. Averbeck & M. Idaomar. 2008.** Biological effects of essential oils
229 – A review. Food and Chem. Toxi.46: 446-475.
- 230

- 231 **Bandaara, K.A.N. & R.C. Saxena. 1995.** A technique for handling and sexing *Callosobruchus*
232 *maculatus* (F.) adults. (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res. 31: 97-100.
233
- 234 **Barbosa, D.R.S. & L.S. Fontes. 2011.** Radiação microondas para o controle de pupas de
235 *Callosobruchus maculatus* em cultivares de feijão-caupi. Rev. Bras. Ciênc. Agrar. 6:
236 551-556.
237
- 238 **Bastos, J.A.M. 1973.** Avaliação dos prejuízos causados pelo gorgulho, em amostras de feijão-de-
239 corda *Vigna sinensis*, colhidos em Fortaleza, Ceará. Pesq. Agropec. Bras. 8: 131-132.
240
- 241 **Beck, C.W. & L.S. Blumer. 2007.** A Hand Book on Bean Beetles *Callosobruchus maculatus*.
242 Disponível em: <http://www.beanbeetles.org/handbook/handbook.pdf>. Acessado em 13 de
243 Novembro de 2013.
244
- 245 **Beckel, H., I. Lorini & S.M.N. Lázzari. 2004.** Comportamento de adultos de diferentes raças de
246 *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera, Bostrichidae) em superfície tratada com
247 deltamethrin. Rev. Bras. Entomol. 48: 115-118.
248
- 249 **Benhalima, H., M.Q. Chaudhry, K.A. Mills & N.R. Price. 2004.** Phosphine resistance in
250 stored-product insects collected from various grain storage facilities in Marocco. J. Stored
251 Prod. Res. 40: 241-249.
252
- 253 **Boeke, S.J., I.R. Baumgart, J.J.A. Loon, A. Van Huis, M. Van Dicke & D.K. Kossou. 2004.**
254 Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored
255 cowpea against *Callosobruchus maculatus*. J. Stored Prod. Res. 40: 423-438.
256
- 257 **Booker, R.H. 1967.** Observations on three bruchids associated with cowpea in northern Nigeria.
258 J. Stored Prod. Res. 3: 1-15.
259
- 260 **Braccini, A.L. & M. Picanço. 1995.** Manejo integrado de pragas do feijoeiro no armazenamento.
261 Rev. Bras. de Armaz. 20: 37-43.
262
- 263 **Brackmann, A., D.A. Neuwald, N.D. Ribeiro & S.T. Freitas. 2002.** Conservação de três
264 genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo comercial carioca em armazenamento
265 refrigerado e em atmosfera controlada. Ciênc. Rural. 32: 911-915.
266

267 **Breuer, M. & G.H. Schmidt. 1995.** Influence of a short period treatment with *Melia azedarach*
268 extract on food intake and growth of the larva of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lep.,
269 Noctuidae). J. Plant Disea. Protec. 102: 633-654.

270

271 **Brier, H. 2008.** Cowpea bruchid. Queensland Primary Industries and Fisheries. Disponível em:
272 http://www.dpi.qld.gov.au/26_12267.htm. Acessado em 20 de Novembro de 2013.

273

274 **Brito, J.P., J.E.M. Oliveira & S.A. De Bortoli. 2006.** Toxicidade de óleos essenciais de
275 *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr.,1775) (Coleoptera: Bruchidae. Rev.
276 Biol. Ciênc. Terra. 6: 96-103.

277

278 **Calderon, M. & S.G. Leesch. 1983.** Effect of reduced pressure and CO₂ on the toxicity of methyl
279 bromide to two species of stored products insects. J. Econ. Entomol. 76: 1125-1128.

280

281 **Casella, T.L.C., L.R.D. Faroni, P.A.B. Berbert & P.R. Cercon. 1998.** Dióxido de carbono
282 associado à fosfina no controle do gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*). Rev. Bras. Eng.
283 Agríc. Ambient. 2: 179-185.

284

285 **Castro, M.J.P., P.H.S. Silva, J.R. Santos & J.A. Silva. 2010.** Efeito de pós vegetais sobre a
286 oviposição de *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão-caupi.
287 Bioassay. 5:4.

288

289 **Cherry, A.J., P. Abalo & K. Hell. 2005.** A laboratory assessment of the potential of diferente
290 strains of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and
291 *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) to control *Callosobruchus maculatus* (F.)
292 (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea. J. Stored Prod. Res.41: 295-309.

293

294 **CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2013.** Acompanhamento da Safra
295 Brasileira de Grãos – Safra 2013/2014: Primeiro Levantamento, Outubro 2013. Brasília,
296 CONAB, 67p.

297

298 **Cunha, U.S., J.D. Vendramim, W.C. Rocha & P.C. Vieira. 2008.** Bioatividade de moléculas
299 isoladas de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Tuta absoluta* (Meyrick)
300 (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotrop. Entomol. 37: 709-715.

301

302 **Dantas, J.P., F.J.L. Marinho, M.M.M. Ferreira, M.S.N. Amorim, S.I.O. Andrade & A.L.**
303 **Sales. 2002.** Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. R. Bras. Eng. Agríc.
304 Ambiental. 6: 425-430.

305

306 **Dongre, T.K., S.E. Pawar, R.G. Thakur & M.R. Harwalkar. 1996.** Identification of resistant
307 sources to cowpea weevil (*C. maculatus* Fab.) in *Vigna* spp. and inheritance of their
308 resistance in black gram (*Vigna mungo* var. *mungo*). J. Stored Prod. Res.32: 201-204.
309

310 **Edde, P.A. & C.I. Amatobi. 2003.** Seed coat has no value in protecting cowpea seed against
311 attack by *Callosobruchus maculatus* (F.). J. Stored Prod. Res.39: 1-10.
312

313 **FAO 2010.** World Production. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acessado em 13 de
314 Novembro de 2013.
315

316 **Fox, C.W. 1993.** Multiple mating, lifetime fecundity and female mortality of the bruchid beetle,
317 *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Funct. Ecol. 7: 203-208.
318

319 **Freire Filho, F.R., J.A.A. Lima & V.Q. Ribeiro. 2005.** Feijão caupi: avanços tecnológicos.
320 Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas. 519p.
321

322 **Freire Filho, F.R., M.J. Cardoso & A.G. Araújo. 1983.** Caupi: nomenclatura científica e nomes
323 vulgares. Pesq. agropec. bras. 18: 1369-1372.
324

325 **Freire Filho, F.R., V.Q. Ribeiro, M.M. Rocha, K.J.D. Silva, M.S.R. Nogueira & E.V.**
326 **Rodrigues. 2011.** Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e
327 desafios. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 84p.
328

329 **Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. Berti Filho, J.R.P.**
330 **Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C.**
331 **Omoto. 2002.** Entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
332

333 **Gobbo-Neto, L. & N.P. Lopes. 2007.** Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de
334 metabólitos secundários. Quím. Nova. 30: 374-381.
335

336 **Guerra, A.M.N.M., P.B. Maracajá, R.S. Freitas, A.H. Sousa & C.S.M. Sousa. 2009.**
337 Atividade inseticida de plantas medicinais sobre o *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera:
338 Bruchidae). Rev. Caat. 22: 146-150.
339

340 **Gusmão N.M.S., J.V. Oliveira, D.M.A.F. Navarro, K.A. Dutra, W.A. Silva & M.J.A.**
341 **Wanderley. 2013.** Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora*
342 Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare*

343 Mill. essential oils in the management of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera:
344 Chrysomelidae, Bruchinae). J. Stored Prod. Res. 54: 41-47.

345

346 **Hall, A.E., B.B. Singh & J.D. Ehlers. 1997.** Cowpea breeding. Plant Breed. Rev.15: 217-274.

347

348 **Henshaw, F. O. 2008.** Varietal differences in physical characteristics and proximate composition
349 of cowpea (*Vigna unguiculata*). World J. Agric. Sci. 4: 302-306.

350

351 **Hernández, C.R., J.D. Vendramim. 1997.** Avaliação da bioatividade de extratos aquosos de
352 Meliaceae sobre *Spodoptera frugiperda*. Rev. de Agri. 72: 305-317.

353

354 **Howe, R.W. & J.E. Currie. 1964.** Some laboratory observation on the rates of development,
355 mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. Bull.
356 Entomol. Res. 55: 437-477.

357

358 **Jacobson, M. 1989.** Botanical pesticides: past, present and future, p. 69-77. In: Arnason, J.T.,
359 B.J.R. Philogène & P. Morand. Insecticide of plant origin. Washington, American Chemical
360 Society, 213p.

361

362 **Ketoh, G.K., H.K. Koumaglo & I.A. Glitho. 2005.** Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.)
363 (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon*
364 *schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani)
365 (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stored. Prod. Res. 41: 363-371.

366

367 **Lima Jr., A.F., I.P. Oliveira, S.R.A. Rosa, A.J. Silva & M.M. Morais. 2012.** Controle de
368 pragas de grãos armazenados: uso e aplicação de fosfetos. Rev. Fac. Montes Belos. 5: 180-
369 194.

370

371 **Lima, M.P.L., J.V. Oliveira, R. Barros & J.B. Torres. 2002.** Identificação de genótipos de
372 caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. resistentes a *Callosobruchus maculatus* (Fabr.)
373 (Coleoptera: Bruchidae). Neotrop. Entomol. 30: 289-295.

374

375 **Lopes, A.C., F.R. Freire Filho, R.B.Q. Silva, F.L. Campos. & M.M. Rocha. 2001.**
376 Variabilidade e correlações entre caracteres agrônômicos em caupi (*Vigna unguiculata*).
377 Pesq. Agropec. Bras. 36: 515-520.

378

- 379 **Lopes, K.P., R.L.A. Bruno, G.B. Bruno & A.F. Souza. 2000.** Produtos naturais e fosfeto de
380 alumínio no tratamento de sementes de feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)
381 armazenadas. Rev. Bras. Sem. 22: 109-117.
- 382
- 383 **Lorini, I. 1999.** Pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 60p.
- 384
- 385 **Lorini, I. 2003.** Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais
386 armazenados. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 80p.
- 387
- 388 **Lorini, I., F.C. Krzyzanowski, J.B. França-Neto & A.A. Henning. 2010.** Principais Pragas e
389 Métodos de Controle em Sementes durante o Armazenamento – Série Sementes. Londrina,
390 Embrapa, 10p.
- 391
- 392 **Mahmoudvand, M., H. Abbasipour, M.H. Hosseinpour, F. Rastegar & M. Basij. 2011.** Using
393 some plant essential oils as natural fumigants against adults of *Callosobruchus maculatus* (f.)
394 (Coleoptera: Bruchidae). Mun. Ent. Zool. 6: 150-154.
- 395
- 396 **Manzoomi, N., G.N. Ganbalani, H.R. Dastjerdi & S.A.A. Fathi. 2010.** Fumigant toxicity of
397 essential oils of *Lavandula officinalis*, *Artemisia dracuncululus* and *Heracleum persicum* on
398 the adults of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Mun. Ent. Zool. 5: 118-
399 122.
- 400
- 401 **Marsaro Jr., A.L. & A.A. Vilarinho. 2011.** Resistência de cultivares de feijão-caupi ao ataque
402 de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchidae) em condições de
403 armazenamento. Rev. Acad. Ciênc. Agrar. Ambient. 9: 51-55.
- 404
- 405 **Martinazzo, A.P., L.R.D. Faroni, P.A. Berbert & F.P. Reis. 2000.** Utilização da Fosfina em
406 combinação com o dióxido de carbono no controle de *Rhyzopertha dominica* (F.). Pesq.
407 Agropec. Bras. 35: 1063-1069.
- 408
- 409 **Mbata, G.N. 1993.** Evaluation of susceptibility of varieties of cowpea to *Callosobruchus*
410 *maculatus* (F.) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.) (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored
411 Prod. Res. 29: 207-213.
- 412
- 413 **Mbata, G.N., S.K. Hetz, C. Reichmuth & C. Adler. 2000.** Tolerance of pupae of
414 *Callosobruchus subinnotatus* Pic (Coleoptera: Bruchidae) to modified atmospheres: a factor
415 of pupal metabolism. J. Insect Physiol. 46: 145-151.
- 416

417 **Melo, F.B. & M.J. Cardoso. 2000.** Fertilidade, correção e adubação do solo, p. 91-103. In
418 Cardoso, M.J. (Org.). A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina, Embrapa
419 Meio-Norte, 264p.

420

421 **Messina, F.J. 1993.** Heritability and evolvability of fitness components in *Callosobruchus*
422 *maculatus*. Heredity. 71: 623-629.

423

424 **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013.** Feijão. Disponível em:
425 <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijao>. Acessado em 13 de Novembro de
426 2013.

427

428 **Murrad, A.M., R.A. Laumann, T.A. Lima, R.B.C. Sarmento, E.F Noronha, T.L. Rocha,**
429 **M.C. Valadares-Ingliš & O.L. Franco. 2006.** Screening of entomopathogenic *Metarhizium*
430 *anisopliae* isolates and proteomic analysis of secretion synthesized in response to cowpea
431 weevil (*Callosobruchus maculatus*) exoskeleton. Comp. Biochem. Physiol. 142: 365-370.

432

433 **Muthukrishnan, J. & E. Pushpalatha. 2001.** Effects of plant extracts on fecundity and fertility
434 of mosquitoes. J. App. Ent. 125:31-35.

435

436 **Neves, A.C., J.A.S. Câmara, M.J. Cardoso, P.H.S. Silva & C.A. Sobrinho. 2011.** Cultivo do
437 Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 15p.(Circular
438 Técnica 51).

439

440 **Ofuya, T.I. & C. Reichmuth. 2002.** Effect of relative humidity on the susceptibility of
441 *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae) to two modified atmospheres.
442 J. Stored Prod. Res. 38: 139-146.

443

444 **Ofuya, T.I. & S.O. Agele. 1990.** Ability of ovipositing *Callosobruchus maculatus* (Fabricius)
445 (Coleoptera:Bruchidae) females to discriminate between seeds with differing numbers of
446 emergence holes. J. Stored Prod. Res. 26: 117-120.

447

448 **Oliveira, F.J., J.H.R. Santos, J.F. Alves, J.B. Paiva & M.V. Assunção. 1984.** Perdas de peso
449 em sementes de cultivares de caupi, atacadas pelo caruncho. Pesq. Agropec. Bras. 19: 47-52.

450

451 **Pascual-Villalobos, M.J. & M.C. Ballesta-Acosta. 2003.** Chemical variation in an *Ocimum*
452 *basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus*
453 *maculatus*. Biochem. Syst. Ecol. 31: 673-679.

454

- 455 **Pereira, A.C.R.L., J.V. Oliveira, M.G.C. Gondim Jr. & C.A.G. Câmara. 2008.** Atividade
456 inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775)
457 (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Ciênc. Agrotec.
458 32: 717-724.
- 459
- 460 **Prevett, P.T. 1961.** Field infestation of cowpea, *Vigna unguiculata* pods by beetles of the
461 families Bruchidae and Curculionidae in Northern Nigeria. Bull. Entomol. Res. 52: 635-645.
- 462
- 463 **Raja, M. & J.W. John. 2008.** Impact of volatile oils of plants against the Cowpea Beetle
464 *Callosobruchus maculatus* (FAB.) (Coleoptera: Bruchidae). Inter. J. Integr. Bio. 2: 62-64.
- 465
- 466 **Raja, N.S., S.I. Gnacimusthu & S. Dorn. 2001.** Effect of plant volatile oils in protecting stored
467 cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera:
468 Bruchidae) infestation. J. Stored Prod. Res. 37: 127-132.
- 469
- 470 **Rajendran, S & V. Sriranjini. 2008.** Plant products as fumigants for stored-product insect
471 control. J. Stored Prod. Res. 44: 126-135.
- 472
- 473 **Reigosa, M. & N. Pedrol. 2002.** Allelopathy from molecules to ecosystems. Plymouth. Science
474 Publishers. 316p.
- 475
- 476 **Rocha, M.M. 2009.** O feijão-caupi para consumo na forma de grãos fresco. Agrosoft Brasil.
477 Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acessado em 13 de
478 Novembro de 2013.
- 479
- 480 **Roel, A.R. 2001.** Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o
481 desenvolvimento rural sustentável. Ver. Intern. Desenv. 1: 43-50.
- 482
- 483 **Sadek, M.M. 2003.** Antifeedant and toxic activity of *Adhatoda vasica* leaf extract against
484 *Spodoptera littoralis* (Lep., Noctuidae). J. App. Entom. 127: 396-404.
- 485
- 486 **Sahaf, B.Z. & S. Moharrampour. 2008.** Fumigant toxicity of *Carum copticum* and *Vitex*
487 *pseudo-negundo* essential oils against eggs, larvae and adults of *Callosobruchus maculatus*.
488 J. Pest. Sci. 81: 213-220.
- 489
- 490 **Salgado, S.M., A.V.S. Livera, N.B. Guerra, A.R.P. Schuller & A.L.L. Araújo. 2006.** Resposta
491 fisiológica in vitro do amido do feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Braz. J.
492 Food Technol. 9: 297-303.

493

494 **Santos J.P. & E.C. Mantovani. 2004.** Armazenagem de milho a granel na fazenda. Minas
495 Gerais, Embrapa, 6p. (Circular técnica 55).

496

497 **Santos, J.H.R. & F.V. Vieira. 1971.** Ataque do *Callosobruchus maculatus* (F.) a *Vigna sinensis*:
498 Influência sobre o poder germinativo de sementes da cv. Seridó. Rev. Ciênc. Agron.1: 71-74.

499

500 **Santos, J.P. 2006.** Controle de Pragas Durante o Armazenamento do Milho. Minas Gerais,
501 MAPA, 20p. (Circular técnica 84).

502

503 **Sari, L.T., C.S. Ribeiro-Costa & P.R.V.S. Pereira, 2003.** Aspectos biológicos de *Zabrotes*
504 *subfasciatus* (Bohemann, 1983) (Coleoptera, Bruchidae) em *Phaseolus vulgaris* L., cv. Carioca
505 (Fabaceae), sob condições de laboratório. Rev. Bras. Entomol. 47: 621-624.

506

507 **Sarikarin, N., P. Srinives & P. Saksoong. 1999.** Effect of seed texture on bruchid infestation in
508 mungbean, *Vigna radiata* (L.). Wilczek. Sci. Asia. 25: 203-206.

509

510 **Seck, D., R. Sidibé, E. Haubruge, L. Hemptinne & C. Gaspar. 1991.** La protection chimique
511 des stocks de niébé et de mais contre les insectes au Sénégal. Medelingen van de Faculteit
512 Landbouwwetenschappen. Rijksuniversiteit Gen.1225-1234p.

513

514 **Shaaya, E., M. Kostjukovski, J. Eilberg & C. Sukprakarn. 1997.** Plant oils as fumigants and
515 contact insecticides for the control of stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 33: 7-15.

516

517 **Shayesteh, N. & N.N. Barthakur. 1996.** Mortality and behaviour of two stored-product insect
518 species during microwave irradiation. J. Stored Prod. Res.32: 239-246.

519

520 **Silva, P.S.L. & C.N. Oliveira. 1993.** Rendimentos de feijão verde e maduro de cultivares de
521 caupi. Hort. Bras.11: 133-135.

522

523 **Simões, C.M.O. & V. Spitz. 2004.** Óleos Voláteis, p. 467-495. In: Simões, C.M.O., E.P.,
524 Schenkel, G. Gosmann, J.C.P. Mello, L.A. Mentz & P.R. Petrovick. Farmacognosia: da
525 planta ao medicamento. Porto Alegre, Editora da universidade/UFSC, 1104p.

526

527 **Soares, M.A., J.C. Zanuncio, G.L.D. Leite, T.C. Reis & M.A. Silva. 2009.** Controle biológico
528 de pragas em armazenamento: uma alternativa para reduzir o uso de agrotóxicos no Brasil?
529 Unim. Cient. 11: 53-59.

530

- 531 **Sousa, A.H., J.E. Brito, P.H.S. Maia, P.B. Maracajá & L.D. Geremias. 2008.** Ataque de
532 *Callosobruchus maculatus* ao feijão caupi comercializado em Terezina-PI. Expressão 39:
533 77-80.
- 534
- 535 **Sousa, A.H., P.B. Maracajá, R.M.A. Silva, M.N. Moura & W.G. Andrade. 2005.** Bioactivity
536 of vegetal powders against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in caupi
537 bean and seed physiological analysis. Rev. Biol. Ciênc. Terra. 5: 1-5.
- 538
- 539 **Souza, V.C. & H. Lorenzzi. 2008.** Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das
540 famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. Instituto
541 Plantarum, São Paulo, 478.
- 542
- 543 **Tanzubil, P.B. 1991.** Control of some insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata*) with neem
544 (*Azadirachta indica*) in Northern Ghana. Trop. Pest Manag. 37: 216-217.
- 545
- 546 **Tavares, M.A.G.C & J.D. Vendramim. 2005.** Bioatividade da Erva-de-Santa-Maria,
547 *Chenopodium ambrosioides* L., Sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae).
548 Neotrop. Entomol. 34: 319-323.
- 549
- 550 **Tripathi, A.K., A.K. Singh & S. Upadhyay. 2009b.** Contact and fumigant toxicity of some
551 common spices against the storage insects *Callosobruchus maculatus*
552 (Coleoptera:Bruchidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Int. J. Trop.
553 Insect Sci. 29: 151–157.
- 554
- 555 **Tripathi, A.K., V. Prajapati, K.K. Aggarwal, S.P.S. Khanuja. & S. Kumar. 2009a.** A review
556 on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. J Pharm Phytother.
557 93: 43-47.
- 558
- 559 **Vieira, R.F., C. Vieira & J.A.O. Ramos. 1993.** Produção de sementes de feijão. Viçosa,
560 EPAMIG, 31p.
- 561
- 562 **Vieira, C. 1988.** Doenças e pragas do feijoeiro. Viçosa, Imprensa Universitária. 231p.
- 563
- 564 **Wasserman, S.S. & D.J Futuyma. 1981.** Evolution of host plant utilization in laboratory
565 populations of the Southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* Fabricius
566 (Coleoptera: Bruchidae). Evolution. 35: 605-617.
- 567
- 568 **Webber H.H., R.P. Wagner & A.G. Pearson. 1946.** High frequency electric fields as lethal
569 agents for insects. J. Econ. Entomol. 39: 481-498.

570

571 **Wheeler, D.A. & M.B. Isman. 2001.** Anti-feedant and toxic activity of *Trichilia* American
572 aextract against the larva of *Spodoptera litura*. Ento. Exp. Applied. 98: 9-16.

573

574 **Zilli, J.É., L.C. Marson, B.F. Marson, N.G. Rumjanek & G.R. Xavier. 2009.** Contribuição de
575 estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em
576 Roraima. Acta Amaz. 39: 749-758.

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622

CAPÍTULO 2

MANEJO DE *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE:
BRUCHINAE), EM GRÃOS DE *Vigna unguiculata* (L.) WALP. COM ÓLEOS ESSENCIAIS
DE PLANTAS CÍTRICAS

KAMILLA DE A. DUTRA¹, JOSÉ V. DE OLIVEIRA¹, DANIELA M. DO A. F. NAVARRO² E
DOUGLAS R. E. S. BARBOSA¹

¹Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua
Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

²Centro de Ciências Exatas e da Natureza - Departamento de Química, Universidade Federal
de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, 50670-901, Recife ,
PE, Brasil.

Dutra, K.D., J.V. Oliveira, D.M.A.F Navarro & D.R.S. Barbosa. Manejo de *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), em grãos de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. com óleos essenciais de plantas cítricas. A ser submetido.

626 RESUMO - O caruncho, *Callosobruchus maculatus* (Fabr.,1775), é a principal praga do feijão-
627 caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., nas unidades de armazenamento tornando os grãos
628 impróprios para a alimentação. As características adversas do controle químico movem a
629 necessidade de novas alternativas de manejo, como o uso de produtos naturais na forma de óleos
630 essenciais. O presente trabalho tem como objetivo a obtenção e identificação química dos
631 componentes de óleos essenciais de cascas de frutos das espécies *Citrus aurantifolia* Swingle
632 (Limão Tahiti), *Citrus reticulata* Blanco (Laranja cravo), *Citrus sinensis* L. Osbeck (Laranja-pêra)
633 e *Citrus paradisi* Macf. (Pomelo); determinação da toxicidade por contato e fumigação desses
634 óleos, e o efeito repelente em adultos de *C. maculatus*. A análise em CG-EM identificou 45
635 compostos dos óleos essenciais, sendo os constituintes majoritários de *C. aurantifolia* o α - Pineno
636 (2,09%), β - Pineno (12,30%), Limoneno (57,77%) e γ -Terpineno (17,22%); e para *C. sinensis*, *C.*
637 *reticulata* e *C. paradisi* o Mirceno e Limoneno nas proporções de (2,10% e 93,84%), (1,65% e
638 94,28%) e (1,83% e 94,26%) respectivamente. As CL₅₀ dos óleos de *Citrus* spp. nos testes de
639 contato variaram de 943,9 a 1037,7 ppm, indicando que *C. aurantifolia*, obteve a menor CL₅₀ e
640 *C. sinensis* a maior. O número de ovos e emergência de adultos foram inversamente proporcionais
641 ao aumento das concentrações. No teste de fumigação as CL₅₀ para os óleos variaram de 10,2 a
642 12,98 μ L/L ar, indicando que o melhor foi *C. aurantifolia*. No teste de repelência, os óleos
643 essenciais em todas as concentrações foram classificados como neutros. As percentagens de
644 redução da oviposição variaram de 29,74 a 71,66% e de emergência de 15,43 a 85,31%.

645

646

647 PALAVRAS-CHAVE: Caruncho do caupi, inseticidas botânicos, análise em CG-EM, toxicidade e
648 repelência.

649 MANEGEMENT OF *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (COLEOPTERA:

650 CHRYSOMELIDAE: BRUCHINAE) IN *Vigna unguiculata* (L.) WALP. GRAINS, WITH

651 ESSENTIAL OILS OF CITRUS PLANTS

652 ABSTRACT – The weevil, *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775), is the major pest of cowpea
653 *Vigna unguiculata* (L.) Walp. in storage units, making the grains unsuitable for feeding. Adverse
654 characteristics of chemical control move the need for new management alternatives, such as the
655 use of natural products as essential oils. The present study aims to obtain and identify the
656 chemical components of fruit peel essential oils of the species *Citrus Aurantifolia* Swingle (Tahiti
657 Lime), *Citrus reticulata* Blanco (Clove Orange/Tangerine), *Citrus sinensis* L. Osbeck (Pear-
658 Orange) and *Citrus paradisi* Macf. (Pomelo); and to determine these oils toxicity in contact and
659 fumigation as well the repellent effect on *C. maculatus* adults. The GC-MS analysis has identified
660 45 compounds of essential oils; the main constituents of *C. aurantifolia* were the α -Pinene
661 (2.09%), β -Pinene (12.30%), Limonene (57.77%) and γ - Terpinene (17.22%), for *C. sinensis*, *C.*
662 *reticulata* and *C. paradisi* the Myrcene and the Limonene in proportions of (2.10% and 93.84%),
663 (1.65% and 94.28%) and (1.83% and 94.26%) respectively. The LC_{50s} of citrus oils spp. in the
664 contact tests varied from 943.9 to 1037.7 ppm, stating that *C. aurantifolia* showed the lowest LC₅₀
665 and *C. sinensis* the highest. Regression analysis indicated that the number of eggs and adult
666 emergence were inversely proportional to the increasing concentrations. In the fumigation tests
667 the oils LC_{50s} varied from 10.2 to 12.98 μ L/L air, stating that *C. aurantifolia* had the best
668 performance. In repellency test, the essential oils in all concentrations were classified as neutral
669 for *C. maculatus*. The percentages of oviposition reduction varied from 29.74 to 71.66% and the
670 emergency reduction from 15.43 to 85.31%.

671
672 KEY WORDS: Cowpea weevil, botanical insecticides, GC-MS analisys, toxicity and repellency.

673

Introdução

674 O feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., também conhecido como feijão-macassar e
675 feijão-de-corda, considerado uma das mais importantes culturas de produção de grãos, destaca-se
676 como um dos alimentos básicos na dieta das populações rural e urbana do Nordeste do Brasil.
677 Constitui uma opção de renda e subsistência para a agricultura familiar (Freire Filho *et al.* 2005,
678 Singh 2007), sendo cultivado nas regiões Nordeste e Norte e expandindo-se para a região Centro-
679 Oeste (Freire Filho *et al.* 2011).

680 Após a colheita, deve ser armazenado em local adequado com a finalidade de preservar
681 seu valor nutritivo e servir como fonte de alimento para os consumidores das áreas rural e urbana.
682 Entretanto, nesse período, os grãos sofrem infestação de insetos-praga, destacando-se como a
683 principal, *Callosobruchus maculatus* (Fabr.,1775) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae),
684 conhecida como caruncho-do-caupi (Ogunwolu & Odunlami 1996, Rajapakse & Emden 1997,
685 Sanon *et. al* 2002). As larvas neonatas penetram nos grãos e em decorrência da sua alimentação
686 ocasionam perdas significativas, como a redução do valor nutritivo, perda de peso dos grãos e
687 redução do poder germinativo das sementes. Somando-se a essas características, promovem o
688 aumento da temperatura da massa de grãos, favorecendo o surgimento de fungos e infestação de
689 ácaros, tornando os grãos impróprios para a alimentação (Sari *et al.* 2003, Badii *et al.* 2011).

690 As características não sustentáveis do uso de produtos químicos sintéticos, relacionadas ao
691 surgimento da resistência de insetos, a presença de resíduos tóxicos de inseticidas sintéticos
692 deixados nos grãos e no meio ambiente, bem como à necessidade de uma alimentação saudável,
693 favorecem ao uso de novas alternativas para um controle menos agressivo e benéfico
694 ecologicamente, como o uso de inseticidas naturais (Benhalima *et al.* 2004, Azelmat *et al.* 2005,
695 Kemabonta & Odebiyi 2005, Koul *et al.* 2008).

696 As plantas são ricas em substâncias secundárias que podem ser bioativas a um grande
697 número de insetos. Podem ser utilizadas no manejo de pragas agrícolas e urbanas como inseticidas
698 botânicos, na forma de óleos essenciais, atuando por contato e como fumigante, sendo úteis no
699 controle de pragas que infestam grãos armazenados (Regnault-Roger 1997, Corrêa & Salgado
700 2011). Os inseticidas botânicos apresentam toxicidade, causando a morte do inseto, bem como
701 podem também atuar na sua fisiologia e comportamento (Costa *et al.* 2004, Menezes 2005),
702 Estudos com óleos essenciais vem impulsionando pesquisas no controle de pragas de grãos
703 armazenados com efeitos muito promissores, como demonstrado por Kim *et al.* (2003), em
704 relação à atividade inseticida por contato de óleos essenciais das espécies de *Allium*
705 *scorodoprasum* L., *Capsicum annuum* L., *Cochleria amoracia* (Coch), *Brassica juncea* (L.)
706 Czern. e *Cinnamomum cassia* (Nees & T.Nees) J. Presl, o efeito fumigante de óleo de *Ocimum*
707 *gratissimum* L. (Ogendo *et al.* 2008), bem como para os óleos de *Rosmarinus officinalis* L.,
708 *Mentha pulegium* L., *Zataria multiflora* Boiss. e *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Mahmoudvand *et al.*
709 2011a). De acordo com Raja *et al.* (2001), o óleo essencial de *Mentha spicata* L. foi efetivo na
710 mortalidade, redução da postura e emergência de insetos em grãos de caupi. Pesquisas recentes
711 demonstraram que alguns componentes químicos de óleos essenciais apresentam baixa toxicidade
712 aos mamíferos, por interferir em regiões específicas do sistema nervoso dos insetos, sendo estas
713 regiões distintas nos mamíferos (Kostyukovsky *et al.* 2002).

714 O presente trabalho teve os seguintes objetivos: (i) a obtenção e identificação química dos
715 componentes de óleos essenciais extraídos das cascas de frutas cítricas; (ii) determinação da
716 toxicidade por contato e fumigação dos óleos essenciais, e (iii) avaliar o efeito repelente em
717 adultos de *C. maculatus*. Os resultados obtidos poderão servir de subsídios para o manejo de *C.*
718 *maculatus* em unidades de armazenamento, proporcionando benefícios diretos e indiretos para os
719 pequenos e médios produtores de grãos de feijão-caupi.

720

Material e Métodos

721 Os bioensaios e a criação de *C. maculatus* foram conduzidos no Laboratório de
722 Entomologia Agrícola do Departamento de Agronomia, Área de Fitossanidade da Universidade
723 Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com temperatura e umidade relativa monitoradas, e
724 fotofase de 12 h. A obtenção dos óleos essenciais e as análises cromatográficas foram conduzidas,
725 respectivamente, no Laboratório de Ecologia Química e Laboratório de Cromatografia, Área de
726 Ciências Exatas e da Natureza do Departamento de Química Fundamental da Universidade
727 Federal de Pernambuco (UFPE).

728 **Criação de *Callosobruchus maculatus*.** Os insetos foram criados, por várias gerações, em grãos
729 de feijão-caupi, *V. unguiculata* cv. Sempre Verde, acondicionados em recipientes de vidro de 400
730 mL de capacidade, devidamente fechados com tampa plástica perfurada, revestida internamente
731 com tecido fino transparente tipo *voil* para permitir a passagem do ar. Foram confinados durante
732 quatro dias para efetuarem a postura, em seguida retirados, e os recipientes mantidos sob
733 temperatura de $28,5 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $52,6 \pm 7,4\%$ e fotofase de 12h até a emergência
734 dos adultos.

735 **Material Vegetal.** Frutos sadios das espécies *Citrus aurantifolia* Swingle (Limão Tahiti), *Citrus*
736 *reticulata* Blanco (Laranja cravo), *Citrus sinensis* L. Osbeck (Laranja-pêra) e *Citrus paradisi*
737 Macf. (Pomelo) foram obtidos no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Estação
738 experimental de Brejão, localizada na Fazenda Vista Alegre - PE 218, km 08 Brejão – PE, latitude
739 $09^{\circ} 01' 09''$ S, longitude $36^{\circ} 34' 07''$ WGr e altitude de 780 m.

740 **Extração dos Óleos Essenciais.** Os óleos essenciais foram obtidos a partir das cascas dos frutos
741 por meio de hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger modificado e condensador; o material
742 vegetal foi previamente triturado e mantido no sistema, sendo o processo acompanhado por três

743 horas, coletando-se o óleo em seguida e tratando-o com sulfato de sódio anidro P.A para retirar a
744 água remanescente. Os óleos foram mantidos sob refrigeração a -24°C até a realização dos
745 bioensaios e/ou análise cromatográfica. Os rendimentos dos óleos essenciais foram calculados a
746 partir das massas das cascas dos frutos das espécies de *Citrus* spp., em relação às massas dos
747 respectivos óleos essenciais.

748 **Análise Cromatográfica e Espectrometria de Massas.** Os óleos essenciais foram analisados por
749 cromatografia a gás acoplada à espectrometria de massas em um sistema quadrupolo Agilent
750 5975C Series GC/EM (Agilent Technologies, Palo Alto, EUA), equipado com uma coluna apolar
751 DB-5 (Agilent J&W; 60 m x 0.25 mm d.i., 0,25 μm espessura da película). A solução de 1 μL de
752 concentração conhecida, contendo o óleo essencial diluído em hexano foi injetada em split 1:20,
753 assim como a solução da mistura de padrões de hidrocarbonetos: C9-C34, sendo esta solução
754 hexânica composta por padrões comerciais da Sigma-Aldrich®. A temperatura do GC foi
755 ajustada em 60°C por 3 min, sendo então aumentada em $2,5^{\circ}\text{C min}^{-1}$ até alcançar 240°C e
756 mantida nesta temperatura por 10 min. O fluxo de hélio foi mantido em pressão constante de 100
757 kPa. A interface do EM foi definida em 200°C e os espectros de massa registrados em 70eV (em
758 modo EI) com uma velocidade de escaneamento de $0,5 \text{ scan}^{-\text{s}}$ de m/z 20-350.

759 Identificação Química dos Óleos Essenciais. A partir da obtenção dos tempos de retenção dos
760 compostos na amostra do óleo essencial, no padrão de hidrocarboneto e na combinação do óleo
761 essencial com a mistura deste padrão foi calculado o índice de retenção para cada componente do
762 óleo, segundo a equação de Van den Dool & Kratz (1963). Os componentes dos óleos essenciais
763 foram previamente identificados por similaridade dos valores dos índices de retenção e
764 posteriormente confirmados por comparação dos respectivos espectros de massa com aqueles
765 disponíveis na biblioteca do GC/EM: MassFinder 4, NIST08 e Wiley Registry™ 9th Edition e

766 com os descritos por Adams (2009) e por fim, as áreas dos picos nos cromatogramas foram
767 integradas para a obtenção do sinal iônico total e seus valores utilizados para determinar as
768 proporções relativas respectivas a cada composto.

769 **Testes de Toxicidade por Contato.** Testes preliminares, visando definir as faixas de
770 concentração de cada óleo, capazes de promover mortalidades em torno de 5 e 95% nos insetos
771 testados, foram realizados inicialmente, utilizando-se grãos de feijão-caupi, cv. Sempre Verde,
772 juntamente com os óleos essenciais, individualmente. Para obtenção das concentrações
773 intermediárias utilizou-se a fórmula de Finney 1971: $q = \sqrt[n+1]{\frac{a_n}{a_1}}$

774 onde: q = razão da progressão geométrica (p.g.); n = número de concentrações a extrapolar; a_n =
775 limite superior da p.g. (concentração que provocou mortalidade de cerca de 95%, determinada
776 por meio de teste preliminar); a₁ = limite inferior² da p.g. (concentração que provocou
777 mortalidade de cerca de 5%, determinada por meio de teste preliminar) (Finney *et al.* 1971).
778 Assim, foram determinadas as concentrações testadas (a₁; a₁q; a₁q²; a₁q³; a₁q⁴ e a₁q⁵).

779 Para cada teste foram utilizadas parcelas com 20g de feijão caupi, infestada com 10 fêmeas
780 de *C. maculatus* de 0-48h de idade, acondicionadas em recipientes de vidro de 250 mL de
781 capacidade, devidamente fechados com tampa perfurada e revestida com tecido fino, transparente
782 tipo *voil* para permitir as trocas gasosas com o exterior e impedir a fuga dos insetos. Os óleos
783 foram adicionados aos grãos com pipetador automático, e submetidos à agitação manual durante
784 dois minutos. Após 48 horas de confinamento, avaliou-se a mortalidade dos adultos. De acordo
785 com o resultado obtido nos testes preliminares foram estabelecidos os tratamentos com as
786 concentrações para os óleos de *C. aurantifolia* (615; 688,5; 810; 1012,5 e 1620 ppm), *C.*
787 *reticulata* (607,5; 931,5; 1053; 1255,5 e 1498,5 ppm), *C. sinensis* (711; 790; 1027; 1185; 1343 e
788 1580 ppm) e *C. paradisi* (600; 800; 1000; 1440 e 1520 ppm), seguindo a mesma metodologia

789 utilizada nos testes preliminares com quatro repetições; as testemunhas para cada teste, contendo
790 20g de feijão-caupi, sem os óleos essenciais foram também confinadas com 10 fêmeas da praga.
791 Decorridas 48h após a montagem dos experimentos, avaliou-se a mortalidade e as fêmeas foram
792 eliminadas; os ovos depositados nos grãos foram contabilizados aos 12 dias e os insetos
793 emergidos aos 32 dias após o confinamento.

794 As Concentrações Letais (CL_{50} e CL_{90}) dos óleos essenciais foram determinadas, através
795 do programa POLO-PC (LeOra Software 1987). As Razões de Toxicidade (RT) foram obtidas,
796 através do quociente entre a CL_{50} e/ou CL_{90} do óleo de maior toxicidade e as CL_{50} e/ou CL_{90} dos
797 demais óleos, individualmente. Os dados de mortalidade, número de ovos e insetos emergidos
798 foram submetidos à análise de regressão, mediante o programa SAS version 8.02 (SAS Institute
799 2001).

800 **Testes de Toxicidade por Fumigação.** Inicialmente, testes preliminares foram realizados,
801 visando definir as faixas de concentração de cada óleo, capazes de promover mortalidades em
802 torno de 5 e 95% nos insetos testados, utilizando câmaras de fumigação de vidro cilíndricas com
803 volume de 2,5 L de acordo com a metodologia adaptada de Aslan *et al.* (2004). A determinação
804 das concentrações intermediárias foram realizadas de acordo com a fórmula de Finney (1971),
805 apresentada anteriormente nos testes de contato. Os óleos foram aplicados nas câmaras com
806 pipetador automático, em papéis de filtro com 18cm^2 de área, fixados na superfície inferior da
807 tampa. Para evitar o contato direto dos insetos com os óleos utilizou-se tecido fino, transparente
808 tipo *voil*, entre a câmara e a tampa onde se encontrava o papel de filtro. As câmaras foram
809 cobertas com filme de PVC e fita adesiva, para não haver vazamento dos óleos. Após 48 horas de
810 confinamento, avaliou-se a mortalidade dos adultos. Com base nos resultados dos testes
811 preliminares foram utilizados os tratamentos nas seguintes concentrações, em $\mu\text{L/L}$ de ar: C.

812 *aurantifolia* (6; 6,8; 8; 9,2; 10,4; 12 e 14), *C. reticulata* (10; 10,8; 11,6; 12; 13,6; 14,8 e 16), *C.*
813 *sinensis* (12; 12,4; 13,6; 14; 14,8 e 16) e *C. paradisi* (10; 10,8; 12; 13,6; 14,8 e 16), seguindo a
814 mesma metodologia utilizada nos testes preliminares com quatro repetições; as testemunhas
815 foram infestadas com 20 fêmeas em cada câmara, sem o óleo essencial.

816 Os resultados foram submetidos à análise de próbit e as CL₅₀ e CL₉₀ dos óleos essenciais
817 foram determinadas através do programa POLO-PC (LeOra Software 1987). As razões de
818 toxicidade foram determinadas, conforme os testes de toxicidade por contato.

819 **Efeito Repelente dos Óleos Essenciais.** Com base nos resultados dos testes de toxicidade por
820 contato foram utilizados os tratamentos, para o teste de repelência, nas seguintes concentrações,
821 em ppm: *C. aurantifolia* (688,5; 931,5 e 1620), *C. reticulata* (607,5; 931,5 e 1255,5), *C. sinensis*
822 (711; 1027 e 1343) e *C. paradisi* (600; 1000 e 1520). Os testes individuais de repelência dos
823 óleos essenciais foram realizados em arenas compostas por dois recipientes fechados, com 120
824 mL de capacidade, interligados por tubos plásticos a um recipiente central, também fechado. Num
825 dos recipientes colocou-se 20g de feijão-caupi, cv. Sempre Verde impregnado com a respectiva
826 concentração do óleo e na outra a mesma quantidade de feijão-caupi sem o óleo (testemunha). Na
827 placa central foram liberadas 10 fêmeas de *C. maculatus* com 0-24 h de idade. Utilizou-se o
828 delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (concentração do óleo essencial e a
829 testemunha) em 10 repetições. Após 48h, os insetos atraídos em cada recipiente foram contados e
830 descartados, e os grãos transferidos para outros recipientes com a finalidade de contabilizar o
831 número de ovos e de adultos emergidos, respectivamente, após 12 e 32 dias da infestação. O
832 Índice de repelência (IR) foi calculado pela fórmula: $IR = 2G / (G + P)$, onde G = % de insetos
833 atraídos no tratamento e P = % de insetos atraídos na testemunha. Os valores de IR variam entre
834 zero e dois, sendo que IR = 1 indica repelência semelhante entre o tratamento e a testemunha

835 (tratamento neutro), $IR > 1$ indica menor repelência do tratamento em relação à testemunha
836 (tratamento atraente) e $IR < 1$ indica a maior repelência do tratamento em relação à testemunha
837 (tratamento repelente). O intervalo de segurança utilizado para considerar se o tratamento é ou
838 não repelente foi obtido, usando-se a média dos IR e o respectivo desvio padrão (DP), ou seja, se
839 a média dos IR for menor que $1 - DP$, o óleo é repelente; se for maior que $1 + DP$ o óleo é
840 atraente e se estiver entre $1 - DP$ e $1 + DP$ o óleo é considerado neutro. Este índice é uma
841 adaptação da fórmula citada por Lin *et al.* (1990), para índice de consumo. As percentagens de
842 insetos atraídos em cada concentração do óleo e na testemunha e as médias do número de ovos e
843 de insetos emergidos foram avaliadas pelo teste “t”, mediante o programa computacional SAS
844 version 8.02 (SAS Institute 2001). Para o cálculo do percentual médio de redução de ovos e de
845 emergência de adultos, foi usada a fórmula adaptada de Obeng-Ofori (1995): $PR = [(NC - NT) /$
846 $(NC) \times 100]$, sendo PR a porcentagem média de repelência; NC o número total de ovos ou insetos
847 atraídos na testemunha; NT o número total de ovos ou insetos atraídos em cada tratamento com
848 óleo.

849

850

Resultados e Discussão

851 **Extração dos Óleos Essenciais.** As espécies de *Citrus* spp. avaliadas apresentaram rendimento
852 dos óleos essenciais, variando entre 1,21% para *C. paradisi* a 3,53% para *C. sinensi* (Tabela 1). É
853 importante destacar que o rendimento é dependente de vários caracteres, dentre eles a massa
854 vegetal inicial e o método de obtenção do óleo, além da parte da planta a ser trabalhada (Lota *et*
855 *al.* 2001). Outros rendimentos de óleos essenciais de plantas com atividade inseticida para grãos
856 armazenados são citados na literatura, a exemplo de óleos de plantas das espécies de *Eucalyptus*
857 *citriodora* Hook (1,30 a 1,69%), *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (0,28 a 0,50%) e *Ocimum*

858 *basilicum* L. (1,43 a 2,28%) (Vitti & Brito 1999, Nascimento *et al.* 2003, Luz *et al.* 2009). De
859 acordo com Vitti & Brito (1999), o rendimento em óleo essencial é um fator importante a ser
860 considerado, pois expressa a quantidade de óleo produzido a partir de uma determinada massa
861 vegetal, que poderá validar ou não plantios destinados à produção comercial, sendo importante do
862 ponto de vista econômico. Dentre os 18 principais óleos essenciais de importância no mercado
863 mundial, com aplicação em áreas de cosméticos, alimentos e como coadjuvantes em
864 medicamentos, citam-se os óleos de *C. sinensis*, *C. aurantifolia* e *C. paradisi*, em ordem de
865 relevância, onde as duas primeiras espécies colocam o Brasil em posição de destaque na produção
866 mundial (Bizzo *et al.* 2009). O presente trabalho mostra outro aspecto promissor para o uso desses
867 óleos essenciais, utilizando a casca do fruto que é o material de descarte, como importante matéria
868 para obtenção de óleo essencial.

869 **Identificação Química dos Óleos Essenciais.** Por meio da análise em CG-EM foram
870 identificados 45 compostos dos óleos essenciais dos *Citrus* spp., dos quais seis estão presentes nos
871 óleos das quatro espécies: α - Pineno, Sabineno, Mirceno, Limoneno, β -(E)-Ocimeno e Linalol;
872 24 componentes foram exclusivos do óleo de *C. aurantifolia*, nos óleos de *C. sinensis* e *C.*
873 *paradisi* foram encontrados apenas dois constituintes exclusivos cada e um único componente
874 exclusivo foi detectado em *C. reticulata* (Tabela 2). Com relação à proporção dos componentes
875 encontrados nos óleos constataram-se os constituintes majoritários: α - Pineno (2,09%), β - Pineno
876 (12,30%), Limoneno (57,77%) e γ -Terpineno (17,22%) para *C. aurantifolia*, e Mirceno e
877 Limoneno, respectivamente, para as demais, *C. sinensis* (2,10% e 93,84%), *C. reticulata* (1,65% e
878 94,28%) e para *C. paradisi* (1,83% e 94,26%). No entanto, Limoneno foi o constituinte
879 majoritário comum para todos os óleos das espécies estudadas. Esse resultado condiz com os
880 encontrados na literatura (Aboua *et al.* 2010, Ekeh *et al.* 2013). Os óleos essenciais podem
881 apresentar variações na sua composição química, até mesmo sendo da própria espécie, de acordo

882 com o órgão de produção na planta (folhas, frutos, flores, raízes e cascas), época de coleta,
883 temperatura, umidade relativa, tipo de solo, regime de exposição ao sol e o método de obtenção
884 do óleo (Gobbo-Neto & Lopes 2007, Bakkali *et al.* 2008), como observado por Tandorost &
885 Karimpour (2012) para *C. sinensis*, que verificaram em sua pesquisa, Limoneno (70%) e β -pineno
886 (9,3%) como constituintes majoritários do óleo essencial. Os compostos Limoneno, Mirceno e α -
887 Pineno apresentaram propriedade inseticida contra pragas de grãos armazenados (Don-Pedro
888 1996a, Kim & Lee 2014). Não existem evidências na literatura, da toxicidade e atividade
889 carcinogênica de compostos terpenos em humanos, como o Limoneno. A EPA (Environmental
890 Protection Agency) não lista este composto como tóxico ou perigoso e a FDA (Food and Drug
891 Administration) lista o Limoneno como GRAS (Generally Recognized as Safe), liberando-o para
892 uso na alimentação humana, por apresentar baixa ou nenhuma toxicidade (Bergamaschi 2011).

893 **Teste de Toxicidade por Contato.** Os valores das CL₅₀ e CL₉₀ dos óleos essenciais variaram de
894 943,9 a 1037,7 ppm e 1275 a 1567 ppm, respectivamente, demonstrando que os óleos essenciais
895 de *C. aurantifolia* e *C. reticulata* apresentaram as menores CL₅₀ e as maiores razões de toxicidade
896 para esta concentração letal, em relação aos demais (Tabela 3). O óleo de *C. reticulata* apresentou
897 ainda a menor CL₉₀ e a maior razão de toxicidade para esta concentração. Os resultados se
898 ajustaram ao modelo de análise, uma vez que os valores de χ^2 não foram significativos ($P > 0,05$).
899 O modelo de regressão linear foi o que melhor se ajustou aos resultados de número de ovos e
900 emergência de adultos, indicando que foram inversamente proporcionais ao aumento das
901 concentrações dos óleos essenciais (Tabela 4). O óleo essencial de *C. aurantifolia* apresentou os
902 menores valores médios para número de ovos e insetos emergidos, variando, respectivamente, de
903 $280,25 \pm 20,22$ a $2,0 \pm 0,91$ e $115,75 \pm 6,68$ a 0 ± 0 . Ileke *et al.* (2014) verificaram que o pó das
904 cascas de *C. sinensis* nas concentrações de 2g/20g e 3g/20g provocaram mortalidade de 80,0 e
905 88,75%, respectivamente, para *C. maculatus*. Lopes *et al.* (2000) utilizaram o pó da casca de *C.*

906 *reticulata* para o tratamento de sementes de feijão-caupi armazenadas, constatando que podem ser
907 armazenados por até 80 dias, sem afetar suas qualidades física e fisiológica e ainda ajudar na
908 redução da infestação de insetos. Os óleos de *C. reticulata* e *C. paradisi* são citados na literatura
909 para o controle de outras pragas de grãos armazenados, provocando mortalidade e inibição do
910 crescimento populacional de *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Abbas *et al.* 2012). Rotimi &
911 Ekperusi (2012) investigaram a capacidade de proteção dos grãos de feijão-caupi tratados com os
912 óleos essenciais de *C. aurantifolia*, *C. limonium*, *C. sinensis* e *C. paradisi*. Os resultados
913 demonstraram que os danos nos grãos e o índice de perfuração foram significativamente baixos,
914 indicando a capacidade protetora de 90,19 a 92,0% em *C. limonium*, 92,00 a 93,87% em *C.*
915 *aurantifolia* e 97,80% em *C. sinensis* e *C. paradisi*.

916 **Teste de Toxicidade por Fumigação.** Os valores das CL₅₀ estimados para os óleos de *Citrus* spp.
917 nos testes de fumigação variaram de 10,2 a 12,98 µL/L ar, apresentando a seguinte ordem
918 decrescente: *C. aurantifolia* > *C. paradisi* > *C. reticulata* > *C. sinensis* (Tabela 5). As razões de
919 toxicidade foram, respectivamente, 1,29; 1,02 e 1,02, em relação ao *C. sinensis*. Os valores das
920 CL₉₀ variam de 14,18 a 14,86 µL/ L ar, comprovando que o melhor efeito fumigante foi obtido
921 pelo óleo de *C. aurantifolia* (Tabela 5).

922 A fumigação é uma técnica bastante utilizada no controle das infestações de pragas de
923 grãos armazenados, mediante o emprego de gases tóxicos, como a fosfina. Como os óleos
924 essenciais apresentam a característica de toxicidade e volatilidade, podem ser perfeitamente
925 usados com esse fim. No presente trabalho, o melhor resultado foi obtido com a espécie *C.*
926 *aurantifolia*. Aboua *et al.* (2010) verificaram que com o aumento da concentração de 6,7 a 33,3
927 µl/l de *C. aurantifolia*, a mortalidade de *C. maculatus* variou 50 a 100% , enquanto que Moravvej
928 & Abbar (2008) observaram que o óleo de *C. paradisi* foi mais efetivo do que os de *C. aurantium*,
929 *C. limonium* e *C. sinensis*, com respectivas CL₅₀ de 125, 145, 235 e 269 µL/L ar, após 24h de

930 exposição dos insetos. Os óleos essenciais de *C. sinensis*, também se mostraram efetivos no
931 controle de outras pragas de grãos armazenados, a exemplo de *Tribolium confusum* Jacquelin Du
932 Val e *R. dominica* (Tandorost & Karimpour 2012) e *T. castaneum* (Herbst.), *Sitophilus granarius*
933 L. e *Plodia interpunctella* (Hubner) (Mahmoudvand *et al.* 2011b). Estudos sobre o modo de
934 atuação dos óleos essenciais de casca de frutas cítricas revelaram que são inseticidas fumigantes
935 de ação rápida, com possíveis propriedades neurotóxicas ou anti-respiratórias (Don-Pedro 1996a,
936 1996b).

937 **Efeito Repelente dos Óleos Essenciais.** Baseando-se nos índices de repelência, os óleos
938 essenciais de *Citrus* spp. em todas as concentrações foram classificados como neutros (Tabela 6).
939 As percentagens de insetos atraídos nas testemunhas e nos tratamentos foram variáveis, sendo
940 significativas na concentração 931,5 ppm ($t=2,96$; $P=0,0084$) de *C. aurantifolia* e 931,5 ppm
941 ($t=3,53$; $P=0,0024$) de *C. reticulata*, e nas concentrações de 711 ppm ($t=3,30$; $P=0,0040$) e 1027
942 ppm ($t=2,37$; $P=0,0294$) de *C. sinensis*.

943 Nas maiores concentrações de todos os óleos essenciais, as percentagens de redução de
944 oviposição e emergência de adultos foram maiores que às demais (Tabelas 7 e 8). As
945 percentagens de redução da oviposição variaram de 29,74 a 71,66% e de emergência de 15,43 a
946 85,31%, sendo significativas para o número de ovos nas concentrações 688,5 ppm ($t=2,99$;
947 $P=0,0305$) e 931,5 ppm ($t=2,88$; $P=0,0450$) de *C. aurantifolia*, 607,5 pm ($t=3,84$; $P=0,0185$) e
948 1255,5 ppm ($t=4,76$; $P=0,0414$) de *C. reticulata* e na concentração 1343 ppm ($t=7,39$; $P=0,0018$)
949 de *C. sinensis*. Para o número de adultos emergidos foram significativas na concentração 931,5
950 ppm ($t=9,97$; $P=0,0006$) de *C. aurantifolia* e 1343 ppm ($t=6,17$; $P=0,0036$) de *C. sinensis*.

951 Segundo Gusmão *et al.* (2013), os óleos de *E. citriodora* e *C. winterianus* Jowitt foram
952 classificados como repelentes e o de *Micromelum minutum* (G.Forst.) Wight & Arn. foi mais
953 repelente do que o de *Cinnamomum zeylanicum* (J. Presl) em concentrações variando de 10-80 mg

954 do óleo/100µL de etanol (Paranagama & Gunasekera 2011). O óleo essencial de *C. sinensis* nas
955 concentrações de 1,5 e 2 mL/40g de feijão-caupi reduziu a oviposição e emergência de *C.*
956 *maculatus* (Ekeh *et al.* (2013). Além de *C. maculatus*, efeitos repelentes de óleos essenciais foram
957 observados para outras pragas de grãos armazenados, a exemplo de *Lasioderma serricorne*
958 Fabricius (Hori 2003), *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Papachristos & Stamapoulos 2002) e *T.*
959 *castaneum* (Chaubey 2007).

960 O efeito repelente de óleos essenciais é de suma importância para o manejo de pragas de
961 grãos armazenados, pois contribui para o afastamento dos insetos dos grãos tratados, resultando
962 na ausência ou diminuição do número de ovos e consequente redução das perdas causadas pelos
963 insetos nas unidades armazenadoras.

964 Em face das informações obtidas, os óleos essenciais de *Citrus* spp. testados no presente
965 trabalho podem ser considerados ecologicamente corretos para o manejo de pragas de grãos
966 armazenados. Os resultados do presente trabalho indicam a importância desses óleos essenciais no
967 controle de *C. maculatus* por contato e confirmam a sua ação fumigante, sendo, no entanto,
968 necessário estudos mais acurados, tais como, preparo de formulações, toxicologia, tecnologia de
969 aplicação, efeitos sinérgicos, custos etc, visando à possível indicação dos mesmos de maneira
970 segura para o manejo desta praga.

971

972

Agradecimentos

973 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa
974 de mestrado concedida ao primeiro autor. Ao Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA),
975 Estação experimental de Brejão, pela concessão dos frutos de cítricos usados no trabalho.

976

- 978 **Abbas, S.K., F. Ahmad, M.S. Mansoor-Ul-Hasan, M. Yasir, S. Ahmad & W. Muhammad.**
 979 **2012.** Insecticidal and growth inhibition activities of *Citrus paradisi* and *Citrus reticulata*
 980 essential oils against lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:
 981 Bostrichidae). World J. Zool. 7: 289-294.
- 982
- 983 **Aboua, L.R.N., B.P. Seri-Kouassi & H.K. Koua. 2010.** Insecticidal activity of essential oils
 984 from three aromatic plants on *Callosobruchus maculatus* F. in Cotê D'ivoire. European. J.
 985 Scie. Res. 39: 243-250.
- 986
- 987 **Adams, R.P. 2009.** Identification of essential oil omponents by Gas Chromatography Quadupole
 988 Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corporation. Carol Stream, Illinois, 804p.
- 989
- 990 **Aslan, I., H. Ozbek., Ö. Calmasur., F. Sahin. 2004.** Toxicity of essencial oil vapours to two
 991 greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. Ind. Crops Prod. 19:
 992 167-173.
- 993
- 994 **Azelmat K., F. Sayah, M. Mouhib, N. Ghailani & D. El Garrouj. 2005.** Effects of gamma
 995 irradiation on fourth-instar *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). J.
 996 Stored. Prod. Res. 41: 423-431.
- 997
- 998 **Badii K.B., S.K. Asante & T.B. Bayorbor. 2011.** Susceptibility of some Kersting's groundnut
 999 landrace cultivars to *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). J. Sci.
 1000 Technol. 31: 11–20.
- 1001
- 1002 **Bakkali, F., S. Averbek, D. Averbek & M. Idaomar. 2008.** Biological effects of essential oi –
 1003 A review. Food and Chem. Toxi.46: 446-475.
- 1004
- 1005 **Benhalima, H., M.Q. Chaudhry, K.A. Mills & N.R. Price. 2004.** Phosphine resistance in
 1006 stored-product insects collected from various grain storage facilities in Marocco. J. Stored
 1007 Prod. Res. 40: 241-249.
- 1008
- 1009 **Bergamaschi, J.M. 2011.** Desengraxante verde, uma realidade. Rev. Trat. Superficie. 168: 64-66.
- 1010
- 1011 **Bizzo, H.R., A.M.C. Hovell & C.M. Rezende. 2009.** Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais,
 1012 desenvolvimento e perspectivas. Quim. Nova. 32: 588-594.
- 1013
- 1014 **Chaubey, M.K. 2007.** Insecticidal activity of *Trachyspermum ammi* (Umbelliferae), *Anethum*
 1015 *graveolens* (Umbelliferae) and *Nigella sativa* (Ranunculaceae) essential oils against stored-

- 1016 product beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Afr. J. Agric. Res.
1017 2: 596–600.
- 1018
- 1019 **Corrêa, J.C.R. & H.R.N. Salgado. 2011.** Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão.
1020 Rev. Bras. Pl. Med.13: 500-506.
- 1021
- 1022 **Costa, E.L.N., R.F.P Silva & L.M. Fiuza. 2004.** Efeitos, aplicações e limitações de plantas
1023 inseticidas. Acta Boil. Leopold. 26: 173-185.
- 1024
- 1025 **Don-Pedro, K.N. 1996a.** Fumigant toxicity is the major route of insecticidal activity of citruspeel
1026 essential oils. Pestic. Sci. 46: 71-78.
- 1027
- 1028 **Don-Pedro, K.N. 1996b.** Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of
1029 citruspeel oil componentes. Pestic. Sci. 46: 79-84.
- 1030
- 1031 **Ekeh F.N., K.I. Oleru, N. Ivoke, C. D. Nwani & J.E. Eyo. 2013.** Effects of citrus sinensis peel
1032 oil on the oviposition and development of cowpea beetle *Callosobruchus maculatus*
1033 (Coleoptera: Chrysomelidae) in some legume grains. Pak. J. Zool. 45: 967-974.
- 1034
- 1035 **Finney, D.J.** Probit analysis. 3. ed. London: Crambridge Press, 1971. 338 p.
- 1036
- 1037 **Freire Filho, F.R., J.A.A. Lima & V.Q. Ribeiro. 2005.** Feijão caupi: avanços tecnológicos.
1038 Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas. 519p.
- 1039
- 1040 **Freire Filho, F.R., V.Q. Ribeiro, M.M. Rocha, K.J.D. Silva, M.S.R. Nogueira & E.V.**
1041 **Rodrigues. 2011.** Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e
1042 desafios. Teresina, Embrapa Meio-Norte, 84p.
- 1043
- 1044 **Gobbo-Neto, L. & N.P. Lopes. 2007.** Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de
1045 metabólitos secundários. Quím. Nova. 30: 374-381.
- 1046
- 1047 **Gusmão, N.M.S., J.V. Oliveira, D.M.A.F. Navarro, K.A. Dutra, W.A. Silva, M.J.A.**
1048 **Wanderley. 2013.** Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora*
1049 Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare*
1050 Mill. essential oils in the management of *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera:
1051 Chrysomelidae, Bruchinae). J. Stored Prod. Res. 54: 41-47.
- 1052
- 1053 **Hori, M. 2003.** Repellency of essential oils against the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne*
1054 (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae). Appl. Entomol. Zool. 38: 467–473.

- 1055 **Ileke, K.D., M.O. Oni, & O.A. Adelegan. 2014.** Laboratory assessment of some plants latex as
1056 biopesticide against cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera:
1057 Chrysomelidae). J. Agr. Sci. 6: 123-128.
1058
- 1059 **Kemabonta, K.A. & J.A. Odebiyi. 2005.** Susceptibility of the life stages of *Callosobruchus*
1060 *maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae) to diflubenzuron in cowpea seeds. J. Pl. Dis.
1061 Prot.112: 193–199.
1062
- 1063 **Kim, S.I. & D.W. Lee. 2014.** Toxicity of basil and orange essential oils and their components
1064 against two coleopteran stored products insect pests. J. Asia Pac. Entomol. 17: 13–17.
1065
- 1066 **Kim, S.I., J.Y. Roh, D.H. Kim, H.S. Lee & Y.J. 2003.** Ahn Insecticidal activities of aromatic
1067 plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. J.
1068 Stored Prod. Res. 39: 293-303.
1069
- 1070 **Kostyukovsky, M., A. Rafaeli, C. Gileadi, N. Demchenkoand & E. Shaaya. 2002.** Activation
1071 of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants:
1072 possible mode of action against insect pests. Pest Manag. Sci. 58:1101–1106.
1073
- 1074 **Koul O., S. Walia & G.S. Dhaliwal. 2008.** Essential oils as green pesticides: potential and
1075 constraints. Biopestic. Int. 4: 63–84.
1076
- 1077 **LeOra Software. 1987.** POLO-PC: a user's guide to Probit or Logit analysis. LeOra Software,
1078 Berkeley, CA.
1079
- 1080 **Lin, H., M. Kogan & D. Fischer. 1990.** Induced resistance in soybean to the mexican bean beetle
1081 (Coleoptera: Coccinelidae): comparisons of inducing factors. Environ. Entomol. 19: 1852-
1082 1857.
1083
- 1084 **Lopes, K.P., R.L.A. Bruno, G.B. Bruno & A.F. Souza. 2000.** Produtos naturais e fosfeto de
1085 alumínio no tratamento de sementes de feijão-macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)
1086 armazenadas. Rev. Bras. Sem. 22: 109-117.
1087
- 1088 **Lota, M.L, D.R. Serra, F. Tomi & J. Casanova. 2001.** Chemical variability of peel and leaf
1089 essential oils of 15 species of mandarins. Biochem. Syst. Ecol. 29: 77-104.
1090
- 1091 **Luz, J.M.Q., T.P.S. Morais, A.F. Blank, A.C.B. Sodr e & G.S. Oliveira. 2009.** Teor,
1092 rendimento e composi o qu mica do  leo essencial de manjeric o sob doses de cama de
1093 frango. Hort. Bras. 27: 349-353.
1094
- 1095 **Mahmoudvand, M., H. Abbasipour, M.H. Hosseinpour, F. Rastegar & M. Basij. 2011a.**
1096 Using some plant essential oils as natural fumigants against adults of *Callosobruchus*
1097 *maculatus* (f.) (Coleoptera: Bruchidae). Mun. Ent. Zool. 6: 150-154.

- 1098 **Mahmoudvand, M., H. Abbasipour, M. Basij, M.H. Hosseinpour, F. Rastegar, & M.B.**
1099 **Nasiri. 2011b.** Fumigant toxicity of some essential oils on adults of some stored-product
1100 pests. *Chil. J. Agr. Res.* 71: 83-89.
- 1101
- 1102 **Menezes, E.L.A. 2005.** Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola.
1103 Seropédica, Rio de Janeiro. Embrapa Agrobiologia. 58p.
- 1104
- 1105 **Moravvej, G. & S.Abbar. 2008.** Fumigant toxicity of citrus oils against cowpea seed beetle
1106 *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Pak. J Biol Sci.* 11: 48-54.
- 1107
- 1108 **Nascimento, I.B., R. Innecco, C.A. Marco, S.H. Mattos & E.O. Nagão. 2003.** Efeito do
1109 horário de corte no óleo essencial de capim-santo, *Rev. Ciênc. Agron.* 34: 169-172.
- 1110
- 1111 **Obeng-Ofori, D. 1995.** Plant oils as grain protectants against infestations of *Cryptolestes pusillus*
1112 and *Rhyzopertha dominica* in stored grain. *Entomol. Exp. Appl.* 77: 133-139.
- 1113
- 1114 **Ogendo, J.O., M. Kostyukovsky, U. Ravid, J.C. Matasyoh, A.L. Deng, E.O. Omolo, S.T.**
1115 **Kariuki & E. Shaaya. 2008.** Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its
1116 constituents against five insect pests attacking stored food products. *J. Stored Prod. Res.* 44:
1117 328–334.
- 1118
- 1119 **Ogunwolu, E.O. & A.T. Odunlami. 1996.** Suppression of seed bruchid (*Callosobruchus*
1120 *maculatus* F.) development and damage on cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) with
1121 *Zanthoxylum zanthoxyloides* (Lam.) Waterm. (Rutaceae) root bark powder and pirimiphos-
1122 methyl. *Crop. Prot.* 15: 603-607.
- 1123
- 1124 **Papachristos, D.P. & D.C. Stamopoulos. 2002.** Toxicity of vapours of three essential oils to
1125 immature stages of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored*
1126 *Prod. Res.* 38: 365-373.
- 1127
- 1128 **Paranagama, P.A. & J.J. Gunasekera. 2011.** The efficacy of the essential oils of Sri Lankan
1129 *Cinnamomum zeylanicum* fruit and *Micromelum minutum* leaf against *Callosobruchus*
1130 *maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Essent. Oil Res.* 23: 75-81.
- 1131
- 1132 **Raja, N.S., S.I. Gnacimusthu & S. Dorn. 2001.** Effect of plant volatile oils in protecting stored
1133 cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera:
1134 Bruchidae) infestation. *J. Stored Prod. Res.* 37: 127-132.
- 1135
- 1136 **Rajapakse, R. & H.F.V. Emden. 1997.** Potential of four vegetable oils and ten botanical
1137 powders for reducing infestation of cowpeas by *Callosobruchus maculatus*, *C. chinesis* and
1138 *C. rhodesianus*. *J. Stored Prod. Res.* 33: 59-68.
- 1139

- 1140 **Regnault-Roger, C. 1997.** The potential of botanical essential oils for insects pest control.
1141 Integrated Pest. Manag. Rev. 2: 25-34.
1142
- 1143 **Rotimi, J. & O.A. Ekperusi. 2012.** Effectiveness of citrus oils as cowpea seed protectant against
1144 damage by the cowpea Bruchid *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera: Bruchidae).
1145 Adv. Appl. Science Res. 3: 3540-3544.
1146
- 1147 **Sanon, A., M. Garba, J. Auger & J. Huignard. 2002.** Analysis of the insecticidal activity of
1148 methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and its
1149 parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stored Prod. Res.
1150 38: 129-138.
1151
- 1152 **Sari, L.T., C.S. Ribeiro-Costa & P.R.V.S. Pereira, 2003.** Aspectos biológicos de *Zabrotes*
1153 *subfasciatus* (Bohemann, 1983) (Coleoptera, Bruchidae) em *Phaseolus vulgaris* L., cv.
1154 Carioca (Fabaceae), sob condições de laboratório. Rev. Bras. Entomol. 47: 621-624.
1155
- 1156 **Singh, B.B. 2007.** Recent Progress in cowpea genetics and breeding. Acta Hort.752: 69-75.
1157
- 1158 **Tandorost, R. & Y. Karimpour. 2012.** Evaluation of fumigant toxicity of orange peel citrus
1159 *sinensis* (L.) essential oil against three stored product insects in laboratory condition. Mun.
1160 Ent. Zool. 7: 352-358.
1161
- 1162 **Van Den Doll, H. & P.D.J.A. Kratz. 1963.** Generalization of the retention index system
1163 including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. J.
1164 Chromatogr. 11: 463-471.
1165
- 1166 **Vitti, A.M.S. & J.O. Brito. 1999.** Avaliação do rendimento e do teor de citronelal do óleo
1167 essencial de procedências e raças de *Eucalyptus citriodora*. Sci. Forest. 56: 145-154.
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179

1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204

Tabela 1. Rendimento dos óleos essenciais de *Citrus* spp.

Espécie	Massa das cascas (g)	Massa do óleo essencial (g)	Rendimento (%)
<i>Citrus sinensis</i>	828	29,30471	3,53
<i>Citrus reticulata</i>	996	19,77443	1,98
<i>Citrus aurantifolia</i>	1046	15,40874	1,47
<i>Citrus paradisi</i>	776	9,40459	1,21

Tabela 2. Identificação dos constituintes dos óleos essenciais das espécies de *Citrus*.

Composto ¹	IR ²	<i>C. aurantifolia</i>		<i>C. sinensis</i>		<i>C. reticulata</i>		<i>C. paradisi</i>	
		IR ³	%	IR ³	%	IR ³	%	IR ³	%
α -Thujene	924	926	0,65	-	-	-	-	-	-
α - Pinene	932	931	2,09	932	0,64	932	0,57	932	0,53
Camphene	946	946	0,05	-	-	-	-	-	-
Sabinene	969	972	1,33	972	0,48	972	0,16	972	0,31
β - Pinene	974	974	12,30	974	0,03	-	-	974	0,05
Myrcene	988	991	0,98	991	2,10	991	1,65	991	1,83
n-Octanal	998	-	-	1003	0,35	-	-	1003	0,26
m-Mentha-1(7),8-diene	1000	-	-	1007	0,05	-	-	1007	0,08
δ -2-Carene	1001	-	-	-	-	1003	0,10	-	-
α - Phellandrene	1002	1003	0,05	-	-	-	-	-	-
δ -3-Carene	1008	-	-	1009	0,09	-	-	-	-
α - Terpinene	1014	1015	0,38	-	-	-	-	-	-
o- Cymene	1022	1023	0,51	-	-	-	-	-	-
Limonene	1024	1028	57,77	1029	93,84	1029	94,28	1029	94,26
1,8-Cineol	1026	1030	0,26	-	-	-	-	-	-
β -(Z)-Ocimene	1032	1038	0,03	-	-	-	-	-	-
β -(E)-Ocimene	1044	1049	0,06	1049	0,03	1049	0,16	1049	0,12
γ -Terpinene	1054	1058	17,22	-	-	-	-	1058	0,04
n-Octanol	1063	-	-	1071	0,07	-	-	1071	0,14
Terpinolene	1086	1088	0,62	-	-	-	-	-	-
Linalool	1095	1100	0,12	1100	0,39	1100	0,21	1100	0,10
n-Nonanal	1100	-	-	1104	0,04	-	-	-	-
Borneol	1165	1165	0,01	-	-	-	-	-	-
Terpinen-4-ol	1174	1177	0,18	-	-	-	-	-	-
(E)-Isocitral	1177	1183	0,01	-	-	-	-	-	-
α - Terpeneol	1186	1190	0,29	1190	0,05	-	-	1190	0,04
n-Decanal	1201	1206	0,02	1206	0,16	-	-	1206	0,10
Octanol acetate	1211	-	-	-	-	-	-	1213	0,05
Nerol	1227	1229	0,06	-	-	-	-	-	-
Neral	1235	1242	0,82	1242	0,04	-	-	-	-
Geraniol	1249	1255	0,05	-	-	-	-	-	-
Geranial	1264	1271	1,26	1271	0,05	-	-	-	-
δ -Elemene	1335	1339	0,04	-	-	-	-	-	-
Neryl acetate	1359	1366	0,46	-	-	-	-	-	-
Geranyl acetate	1379	1385	0,13	-	-	-	-	-	-
β - Elemene	1389	1393	0,03	-	-	-	-	-	-
α -(Z)-Bergamotene	1411	1417	0,01	-	-	-	-	-	-
(E)-Caryophyllene	1417	1422	0,18	-	-	-	-	1422	0,15
α -(E)-Bergamotene	1432	1438	0,36	-	-	-	-	-	-
α - Humulene	1452	1456	0,01	-	-	-	-	-	-
D Germacrene	1484	1483	0,02	-	-	-	-	-	-
α -(Z)-Bisabolene	1506	1504	0,01	-	-	-	-	-	-
β - Bisabolene	1505	1510	0,51	-	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2

δ- Cadinene	1522	-	-	-	-	-	-	1526	0,03
B Germacrene	1559	1560	0,05	-	-	-	-	-	-
Total			98,93		98,41		97,13		98,09

1207 ¹Constituintes listados em ordem de eluição numa coluna apolar DB-5;

1208 ²Índice de retenção de Kratz encontrado na literatura (Adams, 2009);

1209 ³Índice de retenção calculado através dos tempos de retenção em relação aos da série de n-alcanos (C₉-C₁₉).

1210 – Não detectado.

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233 Tabela 3. Atividade de contato (ppm) de óleos essenciais de *Citrus* spp. em adultos de
 1234 *Callosobruchus maculatus* em grãos de feijão-caupi. Temp.: 28,5 ± 1,6 °C; 52,6 ± 7,4% de UR e fotofase
 1235 de 12h.

1236

Tratamento	n	GL	Inclinação (±EP)	CL ₅₀ (IC95%)	RT ₅₀	CL ₉₀ (IC95%)	RT ₉₀	χ ²
<i>Citrus sinensis</i>	240	4	11,5±1,17	1037,7 (992,05-1083,28)	-	1340,24 (1268,30-1443,39)	1,16	1,32
<i>Citrus paradisi</i>	200	3	6,81±0,79	1016 (945,06-1092)	1,02	1567 (1416-1817)	-	3,16
<i>Citrus reticulata</i>	200	3	9,83±1,26	944,5 (885,74-996,25)	1,09	1275 (1194,36-1401,91)	1,22	1,00
<i>Citrus aurantifolia</i>	200	3	7,81±0,98	943,9 (885,44-1020)	1,09	1377 (1233-1638)	1,13	4,02

1237 n= número de insetos usados no teste; GL= grau de liberdade; EP = erro padrão da média; IC = intervalo de confiança; RT =
 1238 razão de toxicidade, χ²= Qui-quadrado.

1239
 1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

1251

1252

1253

1254

1255

1256 Tabela 4. Equações de regressão para número de ovos e adultos emergidos de
 1257 *Callosobruchus maculatus* de grãos de feijão-caupi tratados com óleos essenciais de *Citrus* spp. e
 1258 seus respectivos parâmetros de ajuste (F-teste de Fisher, valor de P e coeficiente de
 1259 determinação). Temp.: $28,5 \pm 1,6$ °C. $52,7 \pm 7,4\%$ de umidade relativa e 12 h de fotofase.

1260

Tratamento	Parâmetros	Equações	F ^P	R ²
<i>Citrus aurantifolia</i>	Número de ovos	Y=259,003-7,494x	44,51 ^{<0,0001}	0,67
	Emergência	Y=127,896-3,428x	26,80 ^{<0,0001}	0,55
<i>Citrus reticulata</i>	Número de ovos	Y=308,902-8,535x	78,27 ^{<0,0001}	0,78
	Emergência	Y=210,097-5,762x	65,58 ^{<0,0001}	0,75
<i>Citrus sinensis</i>	Número de ovos	Y=327,309-8,157x	78,23 ^{<0,0001}	0,75
	Emergência	Y=215,983-5,514x	97,55 ^{<0,0001}	0,79
<i>Citrus paradisi</i>	Número de ovos	Y=302,122-7,145x	31,20 ^{<0,0001}	0,59
	Emergência	Y=186,020-4,581x	42,65 ^{<0,0001}	0,66

1261

1262

1263

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

1274 Tabela 5. Efeito fumigante ($\mu\text{L}/\text{L}$ ar) de óleos essenciais de *Citrus* spp; em adultos de
 1275 *Callosobruchus maculatus* em câmaras de fumigação. Temp.: $28,5 \pm 1,6$ °C; $52,6 \pm 7,4\%$ de UR e
 1276 fotofase de 12h.

1277

Tratamento	n	GL	Inclinação ($\pm\text{EP}$)	CL ₅₀ (IC95%)	RT ₅₀	CL ₉₀ (IC95%)	RT ₉₀	χ^2
<i>Citrus sinensis</i>	480	4	27,1 \pm 2,18	12,98 (12,82-13,14)	-	14,48 (14,24-14,79)	1,02	5,69
<i>Citrus reticulata</i>	560	5	18,98 \pm 1,28	12,68 (12,48-12,90)	1,02	14,82 (14,45-15,29)	1,00	4,58
<i>Citrus paradisi</i>	480	4	18,13 \pm 1,27	12,63 (12,39-12,87)	1,02	14,86 (14,47-15,35)	-	0,33
<i>Citrus aurantifolia</i>	560	5	8,49 \pm 0,86	10,02 (9,43-10,71)	1,29	14,18 (12,87-16,54)	1,04	9,27

1278 n= número de insetos usados no teste; GL= grau de liberdade; EP = erro padrão da média; IC = intervalo de confiança;

1279 RT = razão de toxicidade; χ^2 = Qui-quadrado.

1280

1281

1282

1283

1284

1285

1286

1287

1288

1289

1290

1291

1292

1293

1294

1295

1296

1297 Tabela 6. Efeito repelente de óleos essenciais de *Citrus* spp. sobre adultos de *Callosobruchus*
 1298 *maculatus* em grãos de caupi. Temp.: $28,5 \pm 1,6$ °C, $52,6 \pm 7,4\%$ de UR e fotofase de 12 h.

Tratamento	Conc. (ppm)	Adultos Atraídos (%)		IR (M \pm DP) ²	Classificação
		Testemunha	Óleo ¹		
<i>Citrus aurantifolia</i>	688,5	48	52	$1,04 \pm 0,52$	Neutro
	931,5	62	38*	$0,76 \pm 0,36$	Neutro
	1620	57	43	$0,86 \pm 0,36$	Neutro
<i>Citrus reticulata</i>	607,5	43	57	$1,14 \pm 0,48$	Neutro
	931,5	35	65*	$1,3 \pm 0,38$	Neutro
	1255,5	42	58	$1,16 \pm 0,44$	Neutro
<i>Citrus sinensis</i>	711	36	64 *	$1,28 \pm 0,37$	Neutro
	1027	39	61*	$1,22 \pm 0,41$	Neutro
	1343	52	48	$0,96 \pm 0,29$	Neutro
<i>Citrus paradisi</i>	600	44	56	$1,12 \pm 0,40$	Neutro
	1000	39	61	$1,22 \pm 0,53$	Neutro
	1520	56	44	$0,88 \pm 0,43$	Neutro

1299 ¹*Significativo pelo teste “t” (P < 0,05);

1300 ²IR (Índice de repelência) = $2G/G+P$ (G=% de insetos atraídos no tratamento; P=% de insetos atraídos na testemunha).

1301

1302

1303

1304

1305

1306

1307

1308

1309

1310

1311

1312

1313

1314

1315 Tabela 7. Redução da oviposição de *Callosobruchus maculatus* em teste de repelência com
 1316 óleos essenciais de *Citrus* spp. Temp.: $28,5 \pm 1,6$ °C, $52,7 \pm 7,4\%$ de UR e fotofase de 12 h.

1317

Tratamento	Conc. (ppm)	Número de ovos (\pm EP)		Redução (%) ²
		Testemunha	Óleo ¹	
<i>Citrus aurantifolia</i>	688,5	207,33 \pm 37,37	93,5 \pm 18,40*	39,87
	931,5	174,33 \pm 22,22	95 \pm 16,25*	45,50
	1620	141,5 \pm 40,5	59 \pm 9	69,27
<i>Citrus reticulata</i>	607,5	178 \pm 20,0	99 \pm 4,58*	44,38
	931,5	223 \pm 37	101 \pm 36	54,70
	1255,5	212,5 \pm 22,5	87,5 \pm 13,5*	58,82
<i>Citrus sinensis</i>	711	139,5 \pm 2,5	98 \pm 26	29,74
	1027	163,5 \pm 26,5	72,5 \pm 8,5	55,65
	1343	242,33 \pm 15,45	68,66 \pm 17,70*	71,66
<i>Citrus paradisi</i>	600	129 \pm 13	87 \pm 12	32,55
	1000	202 \pm 26	99,5 \pm 36,5	50,74
	1520	172,5 \pm 18,5	58 \pm 26	66,37

1318 ¹* Significativo pelo teste t (P < 0,05);

1319 ²PR = [(NC - NT) / (NC) x 100], sendo PR= porcentagem de redução de postura; NC= número de ovos na testemunha
 1320 e NT= número de ovos no tratamento.

1321

1322

1323

1324

1325

1326

1327

1328

1329

1330

1331

1332

1333

1334

1335

1336

1337

1338 Tabela 8. Redução da emergência de adultos de *Callosobruchus maculatus* em teste de
 1339 repelência com óleos essenciais de *Citrus* spp. Temp.: $28,5 \pm 1,6$ °C, $52,7 \pm 7,4\%$ de UR e fotofase
 1340 de 12 h.

Tratamento	Conc. (ppm)	Número de adultos emergidos (\pm EP)		Redução (%) ²
		Testemunha	Óleo ¹	
	688,5	123,67 \pm 53,79	75,5 \pm 21,89	18,59
<i>Citrus aurantifolia</i>	931,5	117,33 \pm 3,71	65,33 \pm 3,66*	44,31
	1620	88,5 \pm 19,5	13 \pm 2	85,31
	607,5	119 \pm 14,18	76,66 \pm 6,93	35,57
<i>Citrus reticulata</i>	931,5	129 \pm 20	68,5 \pm 20,5	46,89
	1255,5	172,5 \pm 22,5	61,5 \pm 25,5	64,34
	711	118,5 \pm 3,5	85,5 \pm 22,5	27,84
<i>Citrus sinensis</i>	1027	132,5 \pm 22,5	65 \pm 8	50,94
	1343	173,33 \pm 12,60	58,66 \pm 13,66*	66,15
	600	81 \pm 6	68,5 \pm 8,5	15,43
<i>Citrus paradisi</i>	1000	136,5 \pm 38,5	68,5 \pm 30,5	49,81
	1520	73 \pm 21	33,5 \pm 5,5	54,10

1341 ¹* Significativo pelo teste t ($P < 0,05$);

1342 ²PR = [(NC - NT) / (NC) x 100], sendo PR= porcentagem de redução de postura; NC= número de ovos na testemunha
 1343 e NT= número de ovos no tratamento.