

TOXICIDADE E REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO MANEJO DE *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) EM GRÃOS DE *Phaseolus vulgaris* L.

por

SÉRGIO MONTEZE ALVES

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

RESUMO

A espécie de feijão comum, *Phaseolus vulgaris* (L.), destaca-se como a mais importante, entre as cinco cultivadas no mundo. Dentre as pragas do feijão armazenado no Brasil, *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) é considerada uma das mais significativas, sendo seu controle comumente realizado com inseticidas sintéticos protetores e fumigantes. No entanto, novas alternativas aos inseticidas sintéticos vêm sendo testadas, como os produtos naturais, que são menos tóxicos, de menor custo, biodegradáveis e adequados aos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Os objetivos desse trabalho foram: (i) testar a toxicidade (contato e fumigação) e a repelência dos óleos essenciais de *Eucalyptus staigeriana* F. Muell, *Eucalyptus citriodora* Hook, *Ocimum gratissimum* (L.) e *Foeniculum vulgare* Mill em *Z. subfasciatus*; (ii) identificar e quantificar os compostos constituintes. A análise por CG/EM revelou a presença de Limoneno (28,73%), Geranial (15,20%) e Neral (12,16%), como constituintes majoritários do óleo de *E. staigeriana*; e para *E. citriodora*, Citronelil acetato (3,34%), 1,8-Cineole (2,87%) e β -Pineno (0,94%). Os óleos mais efetivos com efeito fumigante no controle de *Z. subfasciatus* foram *O. gratissimum* e *E. citriodora* com CL_{50s} de 0,9 μ L/L de ar. Nos testes de contato se destacaram *E. staigeriana* ($CL_{50} = 2,73 \mu$ L/20g) e *F. vulgare* ($CL_{50} = 2,74 \mu$ L/20g). *E. citriodora* apresentou efeito repelente para

adultos de *Z. subfasciatus*, a partir de 7,6 µl/20g de feijão, seguido por *E. staigeriana* à 8,0 µl/20g. A redução da postura de *Z. subfasciatus* foi de 96,2, 96,4 e 57,2%, respectivamente, para os óleos de *E. staigeriana*, *E. citriodora* e *F. vulgare*. Resultados semelhantes, também, foram encontrados para a emergência de adultos.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos naturais, caruncho-do-feijão, concentrações letais, efeito repelente.

TOXICITY AND REPELLENCE OF ESSENTIAL OILS IN THE MANAGEMENT

OF *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE)

IN *Phaseolus vulgaris* L. SERI GRAINS

por

SÉRGIO MONTEZE ALVES

(Under the Direction of Professor José Vargas de Oliveira - UFRPE)

ABSTRACT

The bean species, *Phaseolus vulgaris* (L.), stands out as the most important of the five cultivated in the world. Among the pests of stored beans in Brazil, *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) is considered the major one, whose control is commonly carried out using synthetic protectors and fumigants. New approaches to control have been tested, using less toxic compounds, less expensive, accessible and appropriate to the principles of Integrated Pest Management (IPM). The aims of this study were: (i) toxicity test (contact and fumigation) and repellence of dos *Eucaliptus staigeriana* F. Muell, *Eucaliptus citriodora* Hook, *Ocimum gratissimum* (L.) and *Foeniculum vulgare* Mill essential oils; (ii) identify and quantify the constituting compounds. The analysis by GC/ME indicated the presence of Limonene (28.73%), Geranial (15.20%) and Neral (12.16%), as main constituents of *E. staigeriana* oil; and for *E. citriodora* oil, Citronellyl acetate (3.34%), 1,8-Cineole (2.87%) and β -Pineno (0.94%). Among the oils tested at fumigant action, the most effective in controlling *Z. subfasciatus* were: *O. gratissimum* ($LC_{50} = 0.9 \mu\text{L/L}$ air) and *E. citriodora* ($LC_{50} = 0.9 \mu\text{L/L}$ air). In contact tests the highlights were: *E. staigeriana* ($LC_{50} = 2.73 \mu\text{L}/20\text{g}$) and *F. vulgare* ($LC_{50} = 2.74 \mu\text{L}/20\text{g}$). *E. citriodora* resented repellent effect from the concentration of $7.6 \mu\text{L}/20\text{g}$ of beans seeds, followed by *E. staigeriana* $8.0 \mu\text{L}/20\text{g}$. The

oviposition reduction of *Z. subfasciatus* was 96.2%, 96.4% and 57.2%, respectively, for *E. staigeriana*, *E. citriodora* and *F. vulgare* oils. Similar results were found to adult emergence.

KEY WORDS: Natural products, bean weevil, lethal concentrations, repellent effect.

TOXICIDADE E REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO MANEJO DE *Zabrotes
subfasciatus* (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) EM GRÃOS DE
Phaseolus vulgaris L.

por

SÉRGIO MONTEZE ALVES

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 – 2012

TOXICIDADE E REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO MANEJO DE *Zabrotes*
subfasciatus (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) EM GRÃOS DE
Phaseolus vulgaris L.

por

SÉRGIO MONTEZE ALVES

Comitê de Orientação:

José Vargas de Oliveira – UFRPE

Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro – UFPE

TOXICIDADE E REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO MANEJO DE *Zabrotes
subfasciatus* (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) EM GRÃOS DE
Phaseolus vulgaris L.

por

SÉRGIO MONTEZE ALVES

Orientador: _____
José Vargas de Oliveira – UFRPE

Examinadores: _____
Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro - UFPE

Wendel José Teles Pontes – PNP/D/CAPES

Rodrigo Leandro Braga de Castro Coitinho – IPA

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Celso Alves e Sirley Monteze Alves e minha irmã Aline Monteze Alves de Oliveira pelo exemplo de caráter, pelo carinho, amor e dedicação investidos a mim ao longo de toda a minha vida, sendo minha fonte de inspiração ao longo dos anos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado.

À Deus, por ter me iluminado, me guiado e me protegido ao longo destes anos.

Ao professor José Vargas de Oliveira, por acreditar no meu trabalho e na minha carreira acadêmica, pela amizade, pela paciência, compreensão e dedicação dispensada a mim durante esses anos.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola pelos ensinamentos valiosos.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia agrícola Alberto, Alicely, Solange, Cynara, Nívea, Walquíria, Bárbara, Alice, Mauricea, Mariana e Douglas por me ajudar, por sanar minhas dúvidas, pela companhia e pelos momentos de descontração diários.

A Aline Fonseca do Nascimento que é muito importante para o meu crescimento pessoal, emocional e profissional.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização dessa pesquisa.

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	01
LITERATURA CITADA.....	05
2 FUMIGAÇÃO, CONTATO E REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO MANEJO DE <i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) EM GRÃOS DE <i>Phaseolus vulgaris</i> L. ...	09
RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
AGRADECIMENTOS.....	21
LITERATURA CITADA.....	22

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A espécie de feijão comum, *Phaseolus vulgaris* (L.) (Fabaceae), destaca-se como a mais importante (Vieira *et al.* 2006), dentre as cinco cultivadas no mundo (Debouck 1993). Encontrase distribuída em mais de 100 países, porém 65% da produção mundial foi obtida em apenas cinco (Brasil, Myanmar, Índia, EUA, México e China), sendo o Brasil o maior produtor e consumidor de feijão (FAO 2011). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a safra 2010/2011 foi estimada em 161,5 milhões de toneladas de grãos, com área cultivada alcançando 3,88 milhões de hectares. A Região Sul ocupa lugar de destaque no cenário nacional, respondendo por 37% da produção, seguida da Região Sudeste (31%), Região Nordeste (16%), Região Centro-Oeste (13%) e Região Norte (3%). O feijão é um componente importante da dieta alimentar do povo brasileiro, por ser uma excelente fonte protéica, além de possuir bom conteúdo de carboidratos, vitaminas, minerais, fibras e compostos fenólicos (EMBRAPA 2007).

Devido à grande produção de grãos de feijão no Brasil é de vital importância que se promova um armazenamento adequado, a fim de preservar suas qualidades, sem infestações de pragas e patógenos (Resende *et al.* 2008). As perdas na produção podem ocorrer antes, durante e após a colheita, no transporte, industrialização e armazenamento, sendo influenciados por diversos fatores, como as precárias estruturas das unidades armazenadoras, o alto teor de umidade, impurezas dos grãos e a presença de pragas (Tavares 2002).

Dentre as pragas do feijão armazenado no Brasil, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae) é uma das mais significativas, sendo classificada como praga primária interna, ou seja, os ovos são colados sobre os grãos, as larvas penetram e se

desenvolvem no interior dos mesmos, provocando aquecimento, reduzindo o peso, o poder germinativo e a qualidade das sementes (Quintela 2002, Gallo *et al.* 2002, Abreu 2005). No Brasil sua ocorrência é generalizada em todas as áreas produtoras (Vieira & Yokoyama 2000), podendo provocar perdas de até 10% do total de feijão produzido, anualmente (Lorini 2008). É um inseto relativamente pequeno, medindo cerca de 1,8 a 2,5 mm de comprimento e 1,4 a 1,8 mm de largura, coloração castanho-escuro com manchas claras no pronoto. É bem nítido o dimorfismo sexual, sendo as fêmeas maiores que os machos e apresentam uma mancha clara triangular na parte posterior da cabeça, outra da mesma forma próximo ao escutelo e duas outras nos ângulos do pronoto, enquanto que, nos machos só é bem distinta a mancha pré-escutelar (Ferreira 1960). Os ovos são quase arredondados, medindo 0,46 a 0,60 mm de comprimento e 0,44 a 0,50 mm de largura; os férteis são opacos e os inférteis, translúcidos. As larvas são do tipo curculioniforme, com coloração branco-leitosa, dotadas de mandíbulas desenvolvidas, capazes de romper os grãos. As pupas são maiores que os adultos, da mesma coloração das larvas, sem pêlos, medindo 2,5 a 3,5 mm de comprimento e 1,5 a 2,0 mm de largura (Ferreira 1960, Gallo *et al.* 2002). Ferreira (1960) observou que a 27°C e 75% de umidade relativa, o período de desenvolvimento foi em torno de 36 dias, enquanto Credland & Dendy (1992) e Gonzáles-Valenzuela *et al.* (1984), sob mesmas condições observaram duração de 37 dias. Para outros autores, esse parâmetro foi de 24,5 dias a 32°C e 70% de UR (Howe & Currie 1964), e entre 23 e 33 dias a 32°C e 70% de UR (Carvalho & Rossetto 1968). A longevidade dos adultos foi de nove dias (Ferreira 1960), 7,6 dias (Howe & Currie 1964), 13,8 dias para machos e 11 dias para fêmeas (Carvalho & Rossetto 1968), 8,8 dias para machos e 7,4 dias para fêmeas (Wiendl 1969) e 12 a 13 dias para machos e fêmeas (Gonzáles-Valenzuela *et al.* 1984). Segundo Decheco & Ortiz (1987), as temperaturas ótimas para o seu desenvolvimento situaram-se entre 27 e 30°C. A proporção sexual entre fêmeas e machos foi de, aproximadamente, 1:1 (52,8 e 47,2%),

respectivamente (Ferreira, 1960); 50 e 50% (Howe & Currie 1964) e 46 e 54% (Dendy & Credland 1991).

O controle de *Z. subfasciatus* tem sido comumente realizado com inseticidas sintéticos protetores e fumigantes, que apesar de eficientes e econômicos, podem provocar efeitos indesejáveis, como intoxicações aos aplicadores, a presença de resíduos tóxicos nos grãos, aumento dos custos no armazenamento e seleção de populações de insetos resistentes (Tapondjou *et al.* 2002, Ribeiro *et al.* 2003, Obeng-Ofori & Amiteye 2005). Assim, novas alternativas de controle têm sido testadas, utilizando-se compostos menos tóxicos, de menor custo, acessíveis e adequados aos princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Muitos compostos de origem vegetal têm sido isolados, como os terpenóides, limonóides, alcalóides e acetogeninas, apresentando propriedades inseticidas (Vieira *et al.* 2006). Segundo Prates (2002), os monoterpenos e seus análogos são os mais importantes utilizados no controle de pragas, estando presentes em grande abundância em óleos essenciais de muitas plantas superiores. São compostos tipicamente lipofílicos, tendo alto potencial para interferências tóxicas em processos bioquímicos básicos, com conseqüências fisiológicas e comportamentais em insetos. Esses compostos são derivados do metabolismo secundário das plantas e podem ser utilizados como pós, extratos aquosos e orgânicos e óleos essenciais (Cloyd 2004), apresentando toxicidade por fumigação, ingestão e contato (Karr & Coats 1988, Rajendran & Sriranjini 2008). Provocam mortalidade, repelência, deterrência na alimentação e oviposição e afetam o crescimento dos insetos (Huang *et al.* 1999, Martinez & Van Emden 2001). A toxicidade de óleos essenciais sobre pragas de grãos armazenados é influenciada pela sua composição química, a qual depende da planta, métodos de extração, estações do ano, condições ecológicas, tempo de extração e parte da planta utilizada (Lee *et al.* 2001).

Plantas com atividade inseticida e seus constituintes têm sido testados no controle de *Z. subfasciatus*, com resultados muito promissores. Segundo Barbosa *et al.* (2002), os óleos de soja (*Glycine max* Merrill) e de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) reduziram o número de ovos e de adultos emergidos em grãos de feijão. Segundo Garcia *et al.* (2000), o pó de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) foi eficaz no controle desta praga, por um período de oito meses, não interferindo na germinação das sementes de feijão. Os pós de *Trichilia havanensis* Jacq, *Lavandula angustifolia* Hidcote, *Eryngium cymosum* (F.), *Castilleja arvensis* Schltdl. & Cham, *Hippocratea* sp. e *Tagetes fetidissima*, também, foram efetivos. Saito *et al.* (1989) testaram a atividade inseticida de 30 espécies vegetais, sendo mais eficientes as sementes de *Annona cacans* Warm, *Annona crassiflora* Mart, *Annona squamosa* (L.) e raízes de *Potomorphe umbellata* (L.). Segundo Weaver *et al.* (1991), as folhas secas e o óleo essencial de *Ocimum canum* Sims contêm entre 60 e 90% de linalool, que nas concentrações de 500 e 750mg/cm² proporcionam mortalidade de 50 e 100% de fêmeas e machos desse inseto, respectivamente.

Os componentes majoritários dos óleos essenciais, geralmente são mencionados na literatura como responsáveis pelos seus efeitos tóxicos, no entanto, não se deve descartar a participação de alguns componentes minoritários, que podem atuar como sinergistas. No presente trabalho, os compostos majoritários Limoneno, Geranial e Neral presentes no óleo de *E. straugeriana* devem ter sido responsáveis pela toxicidade por contato em *Z. subfasciatus*. E os compostos Citronelil acetato, 1-8 Cineolil e β -Pino, de *E. citriodora*, provavelmente exerceram efeito fumigante. Por outro lado, os óleos de *Eucaliptus* foram os mais eficientes na repelência dessa praga.

Devido à necessidade de utilização de métodos alternativos mais seguros sob o ponto de vista ecológico, e compatíveis com o manejo integrado de pragas, é imprescindível a realização de estudos que avaliem o potencial inseticida de óleos essenciais no manejo de pragas de grãos

armazenados (Coitinho *et al* 2006). O presente trabalho teve os seguintes objetivos: (i) testar a toxicidade de óleos *Eucaliptus staigeriana* F. Muell, *Eucaliptus citriodora* Hook, *Ocimum gratissimum* (L.) e *Foeniculum vulgare* Mill (contato, fumigação) e o efeito repelente; e (ii) identificar e quantificar os compostos constituintes dos óleos.

Literatura citada

- Abreu, A.F.B. 2005.** Pragas e Métodos de Controle (2005). Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção. Disponível em:<[http //www.cnpaf.embrapa.br.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br.htm)>. Acessado em: 15 de setembro de 2010.
- Barbosa, F.R., M. Yokoyama, P.A.A. Pereira, F.J.P. Zimmermann. 2002.** Controle do caruncho-do-feijoeiro *Zabrotes subfasciatus* com óleos vegetais, munha, materiais inertes e malathion. Pesq. Agropec. Bras. 37: 1213-1217.
- Carvalho, R.P.L. & C.J. Rossetto. 1968.** Biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Bruchidae). Rev. Bras. Entomol 13: 105-117.
- Cloyd, R.A. 2004.** Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? Pestic. Rev. 17:1-3.
- Coitinho, R.L.B.C., J.V. Oliveira., M.G.C. Gondim., C.A.G. Camara., 2006.** Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *sitophilus zeamais* mots. (coleoptera: curculionidae) em milho armazenado. Rev. Caatinga 19: 176-182.
- Conab (Companhia Nacional de Abastecimento). 2011.** Produção de grãos bate novo recorde no País. Disponível em:<<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos>> acesso em: nov 2011.
- Credland, P.F. & J. Dendy. 1992.** Intraspecific variation in bionomic characters of the Mexican bean weevil, *Zabrotes subfasciatus*. Entomol. Exp. Appl. 65: 39-47.
- Debouck, D. 1993.** Systematics and morphology, p. 55-118. In A. Van Schoonhoven & O. Voysest (eds.), Common beans – Research for crop improvement. Cali, CAB International, CIAT, 37p.
- Decheco, A. & M. Ortiz. 1987.** Influência de la temperatura sobre el “Gorgojo del Frijol” *Zabrotes subfasciatus*. Rev. Per. Entomol. 30: 30-40.
- Dendy, J. & P.F. Credland. 1991.** Development, fecundity and egg dispersion of *Zabrotes subfasciatus*. Entomol. Exp. Appl. 59: 7- 9.

- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2007.** Mercado de feijão. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>> acesso em: nov 2011.
- FAO 2011.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: nov 2011.
- Ferreira, A.M. 1960.** Subsídios para o estudo de uma praga do feijão (*Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera, Bruchidae) dos climas tropicais. Garcia De Orta Ser. Bot. 8: 559-581.
- Gallo, D., O. Nakano, S.S. Neto., R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. Berti Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia Agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Garcia, J., V.R.S. Veloso, J.B. Duarte & T. Kamada. 2000.** Eficiência de produtos alternativos no controle *Zabrotes subfasciatus*, e seus efeitos sobre a qualidade das sementes de *Phaseolus vulgaris* L. Pesq. Agrop. Trop. 30: 39-42.
- González-Valenzuela, M., R. Roche & M.E. Simanca. 1984.** Ciclo de vida de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera, Bruchidae), praga de granos armazenados. Cienc. Agricult. 21: 25-30.
- Howe, R.W. & J.E. Currie. 1964.** Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several species of Bruchidae breeding in stored pulses. Bull. Entomol. Res. 55: 437-477.
- Huang, Y., S.H. Ho & R.M. Kini. 1999.** Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 92: 676-683.
- Karr, L.L. & J.R. Coats. 1988.** Insecticidal properties of d-limonene. J. Pestic. Sci. 13: 287-289.
- Lee, S.E., B.H. Lee., W.S. Shoi, B.S. Park, J.G. Kim & B.C. Campbel. 2001.** Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spicies and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). Int. J. Pest Manag. 57: 548-553.
- Lorini, I. 2008.** Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 72p.
- Martinez, S.S. & H.F. Van Emden. 2001.** Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by azadirachtin. Neotrop. Entomol. 30: 113-124.
- Obeng-Ofori, D. & S. Amiteye. 2005.** Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. J. Stored Prod. Res 41: 57-66.

- Prates, H.T. & J.P. Santos. 2002.** Óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenados, p. 443-461. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Senssel (eds.), Armazenagem de grãos. Campinas, Instituto Bio Geneziz, 1000p.
- Quintela, E.D. 2002.** Manual de identificação dos insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 51p.
- Rajendran, S. & V. Sriranjini. 2008.** Plant products as fumigants for stored-product insect control. J. Stored Prod. Res. 44: 126-135.
- Resende, O., P.C. Corrêa., L.R.D'A. Faroni., P.R. Cecon. 2008.** Avaliação da qualidade tecnológica do feijão durante o armazenamento. Ciênc. Agrotec. 32: 517-524.
- Ribeiro, B.M., R.N.C. Guedes, E.E. Oliveira, J.P. Santos. 2003.** Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 39: 21-31.
- Saito, M.L., F. Oliveira, D. Fell., A.P. Takematsu, T. Jocys & L.J. Oliveira. 1989.** Verificação da atividade inseticida de alguns vegetais brasileiros. Arq. Inst. Biol. 56: 53-59.
- Senanayake, V.M., T.H. Lee., R.B.H. Wills. 1978.** Volatile constituents of *Cinnamomum zeylanicum* oils. J. Agric. Food Chem. 26: 822-824.
- Tapondjou, L.A., C. Adler, H. Bouda & D.A. Fontem. 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. J. Stored Prod. Res. 38: 395-402.
- Tavares, M.A.G.C. 2002.** Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação à *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae). Dissertação (Mestrado), ESALq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 59 p.
- Vieira, C., J.P.J. Trazilbo., A. Borém. 2006.** Feijão. 2ª Edição, Viçosa, Editora UFV, 600p.
- Vieira, E.H.N. & M. Yokoyama. 2000.** Colheita, processamento e armazenamento, p. 233-247. In E.H.N. Vieira & C.A. Rava (eds.), Sementes de feijão – Produção e tecnologia. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 53 p.
- Weaver, D.K., F.V. Dunkel., L. Ntezurubanza, L.L. Jackson. & D.T. Stock. 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sins. (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product. J. Stored Prod. Res. 27: 213-220.
- Wiendl, F.M. 1969.** Alguns usos e efeitos das radiações gama em *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera: Bruchidae). Tese (Doutorado), ESALq, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 167p.

CAPÍTULO 2

FUMIGAÇÃO, CONTATO E REPELÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO MANEJO DE *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) EM GRÃOS DE *Phaseolus vulgaris* L.

SÉRGIO M. ALVES¹, JOSÉ V. OLIVEIRA¹, DANIELA A. F. NAVARRO²

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.

Alves, S.M., J.V. Oliveira & D.M.A.F Navarro. Navarro. Toxicidade e repelência de óleos essenciais no manejo de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae) em grãos de *Phaseolus vulgaris* L. A ser submetido

RESUMO - O cenário agrícola vem sendo modificado devido à crescente preocupação da sociedade com o impacto dos agrotóxicos na agricultura e no meio ambiente, resultando em mercados ávidos por produtos diferenciados. Essas pressões têm levado ao desenvolvimento de sistemas de cultivo mais sustentáveis e, portanto, menos dependentes do uso desses insumos. Os objetivos desse trabalho foram: (i) testar a toxicidade (contato e fumigação) e a repelência dos óleos essenciais de *Eucaliptus staigeriana* F. Muell, *Eucaliptus citriodora* Hook, *Ocimum gratissimum* (L.) e *Foeniculum vulgare* Mill em *Zabrotes subfasciatus* (Boh.); (ii) identificar e quantificar os compostos constituintes. A análise por CG/EM revelou a presença de Limoneno (28,73%), Geranial (15,20%) e Neral (12,16%), como constituintes majoritários do óleo de *E. staigeriana*; e Citronelil acetato (3,34%), 1,8-Cineole (2,87%) e β -Pinenos (0,94%) em *E. citriodora*. Os óleos mais efetivos com efeito fumitante no controle de *Z. subfasciatus* foram: *O. gratissimum* (CL50 = 0,9 μ L/L de ar) e *E. citriodora* (CL50 = 0,9 μ L/L de ar). Nos testes de contato se destacaram *E. staigeriana* (CL50 = 2,73 μ L/20g) e *F. vulgare* (CL50 = 2,74 μ L/20g). *E. citriodora* apresentou efeito repelente, a partir da concentração de 7,6 μ l/20g de feijão, seguido por *E. staigeriana* com 8,0 μ l/20g. A redução da postura de *Z. subfasciatus* foi de 96,2%, 96,4% e 57,2%, respectivamente, para os óleos de *E. staigeriana*, *E. citriodora* e *F. vulgare*. Resultados semelhantes foram encontrados para a emergência de adultos.

PALAVRAS-CHAVE: Inseticidas naturais, caruncho-do-feijão, concentração letal, efeito repelente

FUMIGATION, CONTACT AND REPELLENCE OF ESSENTIAL OILS IN THE
MANAGEMENT OF *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (COLEOPTERA:
CHRYSOMELIDAE, BRUCHINAE) IN *Phaseolus vulgaris* L. SEEDS

ABSTRACT - The agricultural setting has been modified due to increasing public concern about the pesticides impact on agriculture and environment, resulting in avid markets for differentiated products. These pressures have led to the development of more sustainable cropping systems and therefore less dependent on fertilizer use. The aims of this study were: (i) toxicity test (contact and fumigation) and repellence of dos *Eucaliptus staigeriana* F. Muell, *Eucaliptus citriodora* Hook, *Ocimum gratissimum* (L.) and *Foeniculum vulgare* Mill essential oils; (ii) identify and quantify the constituting compounds. The analysis by GC/ME indicated the presence of Limonene (28.73%), Geranial (15.20%) and Neral (12.16%), as main constituents of *E. staigeriana* oil; and for *E. citriodora* oil, Citronellyl acetate (3.34%), 1,8-Cineole (2.87%) and β -Pineno (0.94%). Among the oils tested at fumigant action, the most effective in controlling *Z. subfasciatus* were: *O. gratissimum* ($LC_{50} = 0.9 \mu\text{L/L air}$) and *E. citriodora* ($LC_{50} = 0.9 \mu\text{L/L air}$). In contact tests the highlights were: *E. staigeriana* ($LC_{50} = 2.73 \mu\text{L/20g}$) and *F. vulgare* ($LC_{50} = 2.74 \mu\text{L/20g}$). *E. citriodora* resented repellent effect from the concentration of $7.6 \mu\text{l/20g}$ of beans seeds, followed by *E. staigeriana* $8.0 \mu\text{l/20g}$. The oviposition reduction of *Z. subfasciatus* was 96.2%, 96.4% and 57.2%, respectively, for *E. staigeriana*, *E. citriodora* and *F. vulgare* oils. Similar results were found to adult emergence.

KEY WORDS: Natural insecticides, bean weevil, lethal concentration, repellent effect

Introdução

A crescente preocupação da sociedade com o impacto dos agrotóxicos na agricultura e no meio ambiente tem proporcionado mudanças no cenário agrícola. Essas pressões têm levado ao desenvolvimento de sistemas de cultivo mais sustentáveis e, portanto, menos dependentes do uso desses insumos.

O controle de pragas com inseticidas de origem vegetal tem motivado o desenvolvimento de diversas pesquisas, tendo em vista a diversidade de plantas existentes no Brasil (Viegas Júnior 2003, Ribeiro *et al.* 2003, Benhalima *et al.* 2004). Os compostos secundários bioativos presentes nas plantas (monoterpenos, sesquiterpenos, flavonóides, dentre outros) atuam nos insetos por ingestão, contato e fumigação (Prates & Santos 2002, Tavares & Vendramim 2005, Isman 2006, Rajendran & Sriranjini 2008), além de provocarem deterrência na alimentação e oviposição e redução no crescimento (Fields 2006, Akob & Ewete 2007, Kabeh & Jalingo 2007).

Plantas de diversas famílias têm se mostrado promissoras para o controle de insetos-praga, como *Eucalyptus citriodora* Hook, em *Sitophilus zeamais* Mots. (Nerio *et al.* 2009, Ootani *et al.* 2011) e *Ocimum gratissimum* (L.), que apresentou efeito fumigante para *Sitophilus oryzae* (L), *Tribolium castaneum* (Herbest), *Oryzaephilus surinamensis* (L), *Rhyzopertha dominica* (F) e *Callosobruchus chinensis* (L) (Ogendo *et al.* 2008). No controle de *Zabrotes subfasciatus*, tem se obtido bons resultados com os óleos de soja (*Glycine max* Merrill) e de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) (Barbosa *et al.* 2002); pó de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) (Garcia *et al.* 2000); óleo essencial de folhas, caules e raízes da planta de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume); pós de *Trichilia havanensis* Jacq, *Lavandula angustifolia* Hidcote, *Eryngium cymosum* (F.), *Castilleja arvensis* Schltdl. & Cham, *Hippocratea* sp. e *Tagetes fetidissima* (Senanayake *et al.* 1978); *Annona cacans* Warm, *Annona crassiflora* Mart, *Annona squamosa* (L.) e raízes de

Potomorphe umbellata (L.) (Saito *et al.* 1989); folhas secas e o óleo essencial de *Ocimum canum* Sims (Weaver *et al.* 1991).

Tendo em vista o interesse no desenvolvimento de pesquisas com inseticidas de origem vegetal, que sejam compatíveis com o manejo integrado de pragas (MIP) e para minimizar os efeitos indesejáveis dos inseticidas sintéticos, o presente trabalho teve os seguintes objetivos: (i) avaliar a toxicidade por fumigação e contato, e a repelência dos óleos essenciais de *Eucalyptus staigeriana* F. Muell, *E. citriodora*, *Foeniculum vulgare* Mill e *O. gratissimum* (L), em adultos de *Z. subfasciatus*; (ii) identificar e quantificar os compostos constituintes destes óleos, através de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia Agrícola do Departamento de Agronomia, Área de Fitossanidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Criação de *Z. subfasciatus*. Os insetos foram criados em grãos de feijão, cv. Rajadinho, à temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 2\%$ e fotofase de 12 horas, acondicionados em recipientes de vidro de 750 ml, fechados com tampa plástica perfurada e revestida internamente com tecido fino. Os insetos foram confinados durante sete dias para efetuarem a postura, em seguida foram retirados e os recipientes estocados por 28 dias até a emergência da geração F₁. Este procedimento foi efetuado por sucessivas gerações, de modo a assegurar a quantidade de adultos necessários para a execução dos experimentos.

Plantas e Óleos Essenciais. As plantas utilizadas e sua procedência constam na Tabela 1. As folhas das plantas foram submetidas ao processo de hidrodestilação por um período de 2h, e os óleos essenciais obtidos através de um aparelho tipo Clevenger modificado. Os óleos foram

separados da água, secos com Na₂SO₄ e armazenados em recipientes escuros, vedados e à baixa temperatura.

Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massas. As análises cromatográficas (GC) foram realizadas em um equipamento Hewlett Packard 5890 SERIES II com um detector de ionização (FID) e uma J & W Scientific DB-5 com coluna de capilaridade com sílica (30m x 0,25mm x 0,25 μm); a temperatura da coluna foi programada para 40°C por 2 min, variando de 220°C à 4°C min⁻¹, aumentando para 280°C à 20°C min⁻¹ para integração. As temperaturas do injetor e detector foram de 250°C e 280°C, respectivamente. O hidrogênio foi usado como carreador gasoso, com um fluxo de 1,5 mL min⁻¹, (1:10). Uma solução de 1,5μL de aproximadamente 10 mg do óleo e etil-acetato foi ministrada. O índice de retenção foi obtido, aplicando uma amostra do óleo com uma mistura de hidrocarbonetos lineares C₁₁-C₂₄ (índice de retenção variando de 900 a 1099), tendo sido esta variação obtida por extrapolação. A análise do óleo foi efetuada, usando-se um GC/MS Shimadzu QP5050 quadrupole preenchido com a mesma coluna e temperaturas utilizadas no experimento com GC. Foi usado o Hélio como carreador gasoso, num fluxo de 1,5 mL min⁻¹, (1:50) e 1μL de 1/100 da solução diluída em etil-acetato foi aplicada. O espectro de massa foi obtido à 70eV. A velocidade de leitura foi de 0.5, scan s⁻¹ de m/z 40 a 650. Os óleos essenciais foram analisados por GC e GC/MS e a identificação feita com base na comparação dos índices de retenção (Van Den Doll & Kratz 1963), bem como por comparação computadorizada do espectro de massa obtido com aqueles contidos na biblioteca de espectro de massas do NIST do banco de dados GC/MS (Adams 1995).

Experimentos de Fumigação. Na avaliação do efeito fumigante dos óleos essenciais sobre adultos de *Z. subfasciatus*, foram utilizadas câmaras de fumigação (Adaptado de Aslan *et al.* 2004), compostas de recipientes de vidro com capacidade de 2,5 L, onde foram confinados 10 casais de *Z. subfasciatus*, com idade entre 0 e 24 horas de emergidos.

As concentrações foram estimadas, através de testes preliminares, obtendo-se mortalidades em torno de 5 e 95%, para o estabelecimento das outras concentrações, por extrapolação, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$q = \sqrt[n+1]{a_n / a_1}$$

onde: q = razão da progressão geométrica (p.g.); n = número de concentrações a extrapolar; a_n = limite superior da p.g. (concentração que provocou mortalidade de cerca de 95%, determinada por meio de teste preliminar); a_1 = limite inferior da p.g. (concentração que provocou mortalidade de cerca de 5%, determinada por meio de teste preliminar) (Finney *et al.* 1971). Assim, foram determinadas as concentrações a serem testadas (a_1 ; a_1q ; a_1q^2 ; a_1q^3 ; a_1q^4 e a_1q^5).

Foram utilizados os seguintes tratamentos e concentrações ($\mu\text{L} / \text{L}$ de ar): *E. staigeriana* (0,4; 0,64; 1,0; 2,48; 4,0); *E. citriodora* (0,4; 1,96; 2,12; 2,48; 3,2); *F. vugare* (0,4; 0,56; 1,44; 1,6; 2,0) e *O. gratissimum* (0,4; 0,56; 1,44; 1,6; 2,0). Para cada tratamento foi utilizada uma testemunha sem óleo. Os óleos foram impregnados com auxílio de pipetador automático, em tiras de papel de filtro de 5 x 2 cm, fixadas na superfície inferior da tampa dos recipientes. Para evitar o contato direto dos insetos com os óleos, utilizou-se um tecido poroso, entre a tampa e o recipiente propriamente dito. Os recipientes foram tampados com fita adesiva, visando evitar a saída dos vapores.

Cada óleo foi testado, individualmente, no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, à temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 2\%$ e fotofase de 12 horas. Decorridas 48 horas após a montagem dos experimentos, foram avaliadas as porcentagem de mortalidade. Os resultados foram submetidos à análise de Probit, através do programa SAS Institute (2002). A Razão de Toxidade (RT) foi calculada através da seguinte fórmula: $RT = \text{maior } CL_{50} \text{ dos óleos} / \text{menor } CL_{50} \text{ dos demais}$, individualmente.

Experimentos de Contato. Cada parcela foi constituída de 20g de grãos de feijão, cv. Rajadinho acondicionada em recipiente de vidro com tampa perfurada revestida com tecido fino para permitir as trocas gasosas com o exterior e infestada com cinco casais de *Z. subfasciatus* com 0 a 24 h de emergidos. Foram utilizados os seguintes tratamentos e concentrações ($\mu\text{L}/20\text{g}$ de feijão): *E. staigeriana* (1,28; 1,6; 2,0; 2,52; 3,2; 4,0; 5,2; 6,4); *E. citriodora* (2,24; 3,04; 4,0; 5,6; 6,0) e *F. vulgare* (0,8; 1,16; 1,76; 2,6; 4,2; 5,6). Para cada tratamento foi utilizada uma testemunha sem óleo. O óleo de *O. gratissimum* não foi utilizado pela indisponibilidade. Os óleos foram misturados aos grãos no interior de recipientes de vidro de 250 ml, em diferentes concentrações, com o auxílio de pipetador automático, mediante agitação manual durante dois minutos, e após 48 horas de confinamento, foram avaliados os percentuais de mortalidade.

Foram estabelecidas concentrações preliminares para cada óleo, seguindo o procedimento adotado nos experimentos de fumigação. Cada óleo foi testado, individualmente, no delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições, à temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 2\%$ e fotofase de 12 horas. Decorridas 48 horas após a montagem dos experimentos, os insetos foram colocados em uma bandeja de plástico e contabilizados para a avaliação da porcentagem de mortalidade, sendo considerados mortos os que não apresentavam mobilidade ou qualquer outro sinal vital. Os resultados foram submetidos à análise de Probit, através do programa SAS Institute (2002). A Razão de Toxidade (RT) foi calculada através da seguinte fórmula: $\text{RT} = \text{maior CL}_{50} \text{ dos óleos} / \text{menor CL}_{50} \text{ dos demais}$, individualmente.

Experimentos de Repelência. Os óleos foram testados em arenas compostas de dois recipientes plásticos, interligados simetricamente a uma caixa central por dois tubos plásticos. Em uma das caixas, utilizou-se como testemunha 20g de grãos de feijão sem óleo e na outra, os foram grãos foram impregnados com os óleos. Na caixa central foram liberados cinco casais de *Z.*

subfasciatus com idade entre 0 e 24 horas de emergidos. Cada óleo foi testado separadamente, em diferentes concentrações obtidas em testes preliminares, constando cada experimento de 10 repetições. Após 48h da liberação na arena central, os insetos foram descartados e os grãos acondicionados em outros recipientes. Quantificou-se o número de insetos atraídos, o número de ovos depositados nos grãos e o número de adultos emergidos. O Índice de Repelência (IR) foi calculado pela fórmula: $IR = 2G / (G + P)$, onde, G = % de insetos atraídos no tratamento e P = % de insetos atraídos na testemunha. Os valores de IR variam entre zero e dois, sendo que IR = 1 indica repelência semelhante entre o tratamento e a testemunha (tratamento neutro), IR > 1 indica menor repelência do tratamento em relação à testemunha (tratamento atraente) e IR < 1 corresponde à maior repelência do tratamento em relação à testemunha (tratamento repelente). O intervalo de segurança utilizado para considerar se o óleo é ou não repelente foi obtido, a partir da média dos IR (índice de repelência) e o respectivo desvio padrão (DP), ou seja, se a média dos IR for menor que 1 - DP, o óleo é repelente; se a média for maior que 1 + DP o óleo é atraente e se a média estiver entre 1 - DP e 1 + DP o óleo é considerado neutro. Este índice é uma adaptação da fórmula citada por Lin *et al.* (1990), para índice de consumo. O percentual médio de redução de ovos e emergência foi calculado pela fórmula $PR = (NC - NT) / (NC + NT) \times 100$ (Obeng-Ofori 2005), sendo PR, porcentagem média de repelência; NC, total de insetos atraídos na testemunha; NT, total de insetos atraídos em cada tratamento com óleo. Os experimentos foram conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (concentração do óleo e testemunha) e 10 repetições. As porcentagens de insetos atraídos em cada concentração do óleo e na testemunha e médias do número de ovos e insetos emergidos foram avaliadas pelo teste “t”, mediante o programa computacional SAS version 8.02 (SAS Institute 2002). Calculou-se o percentual médio de redução de ovos e de emergência de adultos, segundo a fórmula adaptada de Obeng-Ofori (2005).

Resultados e Discussão

Experimentos de Fumigação. Os componentes majoritários presentes nos óleos essenciais foram: Limoneno (28,73%), Geranial (15,2%) e Neral (12,16%) para *E. staigeriana*, e Citronelil acetato (3,34%), 1,8-Cineol (2,87%) e β -Pino (0,4%) para *E. citriodora* (Tabela 1).

De acordo com as CL_{50s} , a toxicidade dos óleos para *Z. subfasciatus* apresentou a seguinte ordem decrescente: *O. gratissimum* > *E. citriodora* > *E. staigeriana* > *F. vulgare*. As razões de toxicidade foram, respectivamente, 3,0; 3,0 e 1,1 em relação ao óleo de *F. vulgare* (Tabela 2).

Restello *et al* (2009), observaram uma mortalidade de 100% em *S. zeamais* com a utilização do óleo de *Tagetes patula* L. cujo componente majoritário é o Limoneno reforçado assim sua ação inseticida, também relatado por Prates & Santos (2002).

O monoterpeneo 1,8-cineol apresentou atividade inseticida sobre *Tribolium castaneum* (H) (Tripathi *et al.* 2001, Stamopoulos *et al.* 2007), *S. oryzae* (L) e *Oryzaephilus surinamensis* (L), *Musca domestica* (L) e *Blattella germanica* (L) (Lee *et al.* 2003). Óleo essencial de *Ocimum basilicum* (L) provocou mortalidade e, também, inibiu a oviposição de *C. maculatus*, principalmente pela presença na sua composição de compostos bioativos, como o linalol, geraniol, eugenol, dentre outros (Villalobos & Ballesta-Acosta 2003). O óleo essencial de *Melaleuca quinquernervia* (L.) foi tóxico para adultos de *C. maculatus*, apresentando DL_{50} de 3,09 μ L/L, (valor superior ao encontrado no presente trabalho, que foi de 2,4 μ L/L, com um teor de limoneno de 28,73%). Os compostos majoritários eucaliptol (52%) e limoneno (13%), presentes na sua composição, foram considerados os principais responsáveis pela ação inseticida (Seri-Kouassi *et al.* 2004).

Componentes das plantas das famílias Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae e Myrtaceae têm grande potencial para uso como fumigante no controle de formas imaturas e adultos de *T. castaneum* (H.), *R. dominica* (F.), *S. oryzae* (L.) e *S. zeamais* (Rajendran & Srijanjini 2008).

Óleos essenciais de folhas de *E. staigeriana* e *E. citriodora* apresentaram ação fumigante em adultos de *Z. subfasciatus*, bem como reduziram o número de ovos viáveis e de insetos emergidos (Brito *et al.* 2006). Extratos vegetais de *Azadiracta indica* A. Juss e *Piper nigrum* (F.), foram utilizados sob a forma de vapor, visando ao controle de adultos de *C. maculatus* obtendo-se 100% de mortalidade, aos 20 e 10 minutos de exposição, respectivamente (Almeida *et al.* 2004). Esse inseto também foi suscetível a vapores do óleo essencial de *Cymbopogon schoenanthus* (L.) (Ketoh *et al.* 2005; Ketoh *et al.* 2006) e de *Artemisia sieberi* Besser (Negahban *et al.* 2007).

Experimentos de Contato. De acordo com as CL_{50s} , a ordem decrescente de toxicidade dos óleos para *Z. subfasciatus* foi a seguinte: *E. staigeriana* > *F. vulgare* > *E. citriodora*, com as razões de toxicidade de 1,48 e 1,48, em relação à *E. citriodora* (Tabela 3). Observou-se que os óleos de *Eucaliptus* foram mais tóxicos para *Z. subfasciatus* por fumigação, e *F. vulgare* teve desempenho equivalente por fumigação e contato (Tabelas 2 e 3). *O. gratissimum* foi o mais tóxico, via fumigação, mas não foi testado por contato.

Plantas com propriedades inseticidas ou seus compostos secundários constituintes têm se revelado promissores no controle de *Z. subfasciatus*. Pós de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) folhas de canela (*Cynnamomun zeylanicum* Ness.) foram eficientes no controle desta praga (Oliveira *et al.* 1999), e o óleo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) (Barbosa *et al.* 2002). Pós de *Mentha pulegium* (L.), *O. basilicum* e arruda (*Ruta graveolens* L.) foram altamente tóxicas para adultos de *Z. subfasciatus*, causando 100% de mortalidade e redução total da oviposição (Mazzonetto 2002). O pó de *C. ambrosioides* na concentração de 1,5 kg por 100 kg de grãos de *P. vulgaris*, também, foi efetivo no controle de *Z. subfasciatus* (Paul *et al.* 2009). Barbosa *et al.* (2002) utilizaram os óleos de soja, nim, munha (resíduo de trilha da colheita), calcário dolomítico e terra de formigueiro na proteção de grãos de feijão contra a infestação de *Z. subfasciatus*. Os

autores constataram que em até 150 dias de armazenamento, os óleos de soja e nim proporcionaram um alto nível de proteção contra os danos do caruncho, mas as misturas de sementes com a terra de formigueiro, com munha ou com calcário dolomítico não foram eficientes.

Segundo Vieira *et al.* (1999), os terpenóides superiores que estão presentes nos óleos essenciais possuem atividades, como toxicidade direta, inibidores ou retardadores de crescimento, redução da capacidade reprodutiva, supressores de apetite e inanição. A rapidez na mortalidade dos insetos relaciona-se diretamente com o modo de ação dos óleos essenciais no sistema nervoso dos insetos (Coitinho *et al.* 2011). Segundo Isman (2006), o neuromodulador octopamina, presente nos invertebrados, mas não nos mamíferos, sofre interferência dos óleos essenciais, bem como os canais de cálcio modulados pelo GABA.

Deste modo, os resultados do presente trabalho comprovam a viabilidade do uso de inseticidas de origem vegetal para o manejo de *Z. subfasciatus* nas unidades de armazenamento do feijão comum, tendo em vista o desempenho apresentado nos testes de fumigação e de contato.

Experimentos de Repelência. O óleo de *E. citriodora* apresentou o melhor resultado, apresentando efeito repelente em *Z. subfasciatus*, a partir da concentração de 7,6 µL/20g de grãos, seguido do óleo de *E. staigeriana*, a partir de 8,0 µL/20g e, por fim, do óleo de *F. vulgare*, que apresentou um comportamento neutro (Tabela 4). O óleo *E. citriodora*, *E. staigeriana* e *F. vulgare* apresentaram redução média no número de ovos de 96,4 %, 96,2 e 57,2 %, respectivamente (Tabela 5). O óleo de *E. staigeriana* se mostrou mais efetivo, reduzindo em 98,9% a emergência de adultos, seguido por *E. citriodora* e *F. vulgare* (Tabela 6).

Diversos óleos essenciais foram repelentes para *Z. subfasciatus*, como os extraídos de folhas de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Ness), folhas de louro (*Laurus nobilis* L.) e de nim

(*Azadirachta indica* A. Juss.) (Oliveira & Vendramim 1999), bem como cravo-da-Índia (*Caryophyllus aromaticus* L.) (Paranhos *et al.* 2005). Senanayake *et al.* (1978) constataram que das folhas, caules e raízes da planta de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) já foram isolados cerca de 72 compostos, destacando-se o aldeído cinâmico, eugenol e cânfora, responsáveis, provavelmente, pelo efeito repelente.

Nerio *et al.* (2010) publicaram revisão sobre o efeito repelente de óleos essenciais, destacando como mais importantes, os obtidos das plantas *Cymbopogon* spp., *Ocimum* spp. e *Eucalyptus* spp. Óleos essenciais de *Lippia organoides* Kunth, *E. citriodora*, *Tagetes lucida* (Cav.), coletadas na Colômbia, foram repelentes para *S. zeamais* (Nerio *et al.* 2009). Os de *Laurus nobilis* L, *Citrus bergamia* (Var.) e *F. vulgare* repeliram adultos de *S. zeamais*, *Cryptolestes ferrugineus* Stephens e larvas de *Tenebrio molitor* (L.) (Cosimi *et al.* 2009).

Segundo Coitinho (2006), o efeito repelente é uma propriedade relevante a ser considerada na escolha de um óleo essencial para o controle de pragas de grãos armazenados, pois quanto maior a repelência, menor será a infestação, resultando na redução ou supressão da postura e, conseqüentemente, do número de insetos emergidos.

Outra opção de controle de pragas de grãos armazenados consiste na mistura de óleos essenciais com substâncias que possuem efeito sinérgico. Sinergistas são compostos que aplicados em doses subletais aumentam a toxicidade de inseticidas. Esses compostos agem como substrato alternativo, inibindo a capacidade do inseto de destoxificar o inseticida. A ação do sinergista minimiza a quantidade de inseticida químico necessária para o controle de insetos, pois age como um substrato alternativo, poupando o inseticida de destoxificação, ou reage com outro sítio no sistema enzimático, prevenindo a destoxificação do inseticida (Casida 1970), aumentando assim a letalidade dos mesmos nas populações resistentes (Brindley & Selim 1984). Além disso, os sinergistas, quando misturados com inseticidas, podem minimizar a contaminação

ambiental dos resíduos de inseticidas persistentes e preservar insetos benéficos (Raffa & Priester 1985).

Os sinergistas têm sido intensamente empregados na tentativa de superar o problema de resistência e ajudar a controlar pragas no campo e, particularmente, em ambientes de grãos armazenados. O butóxido de piperonila, o qual inibe as enzimas oxidases multifuncional (MFOs), tem sido usado como sinergista com inseticidas organofosforados e piretróides para controlar pragas de grãos armazenados com excelentes resultados (Lorini & Galley 2000). O óleo essencial de *Piper aduncum* (L.), que pertence ao grupo químico dos arilpropanóides, é potencialmente importante pela capacidade de interferência nas funções do citocromo P-450 dos insetos, alterando o processo de destoxificação. Deste modo, pode ser testado como sinergista de óleos essenciais.

Assim, o emprego de óleos essenciais, extratos e pós-secos, sem dúvida, poderão favorecer principalmente aos pequenos e médios produtores de feijão, devido à eficácia, facilidade de obtenção, de manuseio, rápida degradação e menor custo, contribuindo para o estabelecimento de uma agricultura sustentável (Roel 2001, Keita *et al.* 2001).

Agradecimentos

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Literatura Citada.

Abreu, A.F.B. 2005. Pragas e Métodos de Controle (2005). Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais. Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção. Disponível em:<[http //www.cnpaf.embrapa.br.htm](http://www.cnpaf.embrapa.br.htm)>. Acessado em: 15 de setembro de 2010.

Adams, R.P. 1995. Identification of essential oil component by chromatography/mass spectroscopy. Carol Stream, Allured Publishing Co.,468p.

- Akob, C.A. & F.K. Ewete. 2007.** The efficacy of ashes of four locally used plant materials against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) in Cameroon. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 27: 21-26.
- Almeida, S.A., F.A.C. Almeida, N.R. Santos, M.E.R. Araújo & J.P. Rodrigues. 2004.** Atividade inseticida de extratos vegetais sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). *Rev. Bras. Agro.* 10: 67-70.
- Asawalam, E.F., S.O. Emosairue & A. Hassanali. 2006.** Bioactivity of *Xylopi a etiopica* (Dunal) A. Rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *J. Agric. Food. Chem.* 5: 1195-1204.
- Aslan, İ., H. Özbek, Çalmasur, Ö. & F. Şahin. 2004.** Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crop. Prod.* 19: 167-173.
- Barbosa, F.R., M. Yokayama, P.A.A. Pereira & F.J.P. Zimmermann. 2002.** Controle do caruncho-do-feijoeiro *Zabrotes subfasciatus* com óleos vegetais, munha, materiais inertes e malathion. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 37: 1213-1217.
- Benhalima, H., M.Q. Chaudhry, K.A. Mills & N.R. Price. 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *J. Stored Prod. Res.* 40: 241-249.
- Bettiol, W. & R. Ghini. 2001.** Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos, p. 1-13. In S.J. Michereff & R. Barros (eds.), *Proteção de plantas na agricultura sustentável*. Recife, UFRPE, 368p.
- Brindley, W.A. & A.A. Selim. 1984.** Synergism and antagonism in the analysis of insecticide resistance. *Environ. Entomol.* 13: 348-353.
- Brito, J.P. J.E.M. Oliveira & S.A. De Bortoli. 2006.** Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). *Rev. Bio. Cienc. Terra* 6: 96-103.
- Carson, C.F. & T.V. Rille y. 1995.** Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *J. Appl. Bacteriol.* 78: 264-269.
- Casida, J.E. 1970.** Mixed-function oxidase involvement in the biochemistry of insecticide synergists. *J. Agric. Food. Chem.* 18: 753-772.
- Cha, J.D., E.K. Jung, B.S. Kil & K.Y. Lee. 2007.** Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from *Artemisia feddei*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 17: 2061-2065.

- Chagas., A.C.S., W.M. Passos, H.T. Prates, R.C. Leite, J. Furlong & I.C.P. Fortes. 2002.** Efeito acaricida de óleos essenciais e concentrados emulsionáveis de *Eucalyptus* spp. em *Boophilus microplus* Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci. 39: 247-253.
- Coitinho, R.L.B.C., J.V. Oliveira, M.G.C. Gondim Jr. & C.A.G. Camara, 2006.** Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. Rev. Caatinga 19: 176-182.
- Coitinho, R.L.B.C., J.V. Oliveira, M.G.C. Gondim Jr. & C.A.G. Camara. 2011.** Toxicidade por fumigação, contato e ingestão de óleos essenciais para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). Ciênc. Agrotec. 35:172-178.
- Cosimi, S., E. Rossi, Cioni P.L. & A. Canale. 2009.** Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests. Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* Stephens and *Tenebrio molitor* L. J. Stored Prod. Res. 45: 125-132.
- Estrela, J.L.V., M. Fazolin, V. Catani, M.R. Alécio & M.S. Lima. 2006.** Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. Pesq. Agropec. Bras. 41: 217-222.
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela, V. Catani, M.R. Alécio & M.S. Lima. 2007a.** Atividade inseticida do óleo de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). Acta Amaz. 37: 599-604.
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela, V. Catani, M.R. Alécio & M.S. Lima. 2007b.** Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C.DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. Ciênc. Agrotec. 31: 113-120.
- Fields, P.G. 2006.** Effect of *Pisum sativum* fractions on the mortality and progeny production of nine stored-grain beetles. J. Stored Prod. Res. 42: 86-96.
- Finney, D.J. 1971.** Probit analysis. 3ed. London, Cambridge Press, 338 p.
- Furtado, R.F., M.G.A. Lima., M. Andrade Neto, J.N.S. Bezerra & M.G.V. Silva. 2005.** Atividade larvicida de óleos essenciais contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). Neotrop. Entomol. 34: 843-847.
- Gallo, D., O. Nakano, S. Silveira Neto, R.P.L. Carvalho, G.C. Baptista, E. Berti Filho, J.R.P. Parra, R.A. Zucchi, S.B. Alves, J.D. Vendramim, L.C. Marchini, J.R.S. Lopes & C. Omoto. 2002.** Entomologia agrícola. Piracicaba, FEALQ, 920p.
- Garcia, J., V.R.S. Veloso, J.B. Duarte & T. Kamada. 2000.** Eficiência de produtos alternativos no controle de *Zabrotes subfasciatus*, e seus efeitos sobre a qualidade das sementes de *Phaseolus vulgaris* L. Pesq. Agropec. Bras. 30: 39-42.

- Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
- Jayasekara, T.K., P.C. Stevenson, D.R. Hall & S.R. Belmain. 2005.** Effect of volatile constituents from *Securidaca longepedunculata* on insect pests of stored grain. *J. Chem. Ecol.* 31:303-313.
- Kabeh, J.D. & M.G.D.S.S. Jalingo. 2007.** Pesticidal effect of bitter leaf plant *Vernonia amygdalina* (Compositae) leaves and pirimiphos-methyl on larvae of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Int. J. Agri. Biol.* 9: 452-454.
- Keita, S. M., C. Vincent, J. Schmidt, J. Arnason & A. Belanger. 2001.** Efficacy of essential oils of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 37: 339-349.
- Ketoh, G.K., H.K. Koumaglo & I.A. Glitho. 2005.** Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Stored Prod. Res.* 41: 363-371.
- Ketoh, G.K., H.K. Koumaglo, I.A. Glitho & J. Huignard. 2006.** Comparative effects of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil and piperitone on *Callosobruchus maculatus* development. *Fitoterapia* 77: 506-510.
- Lee, B.H., P.C. Annis, F. Tumaalli & W.S. Choi. 2004.** Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insect. *J. Stored Prod. Res.* 40: 553-564.
- Lee, S., C.J. Peterson & J.R. Coats. 2003.** Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 39:77-85.
- Lin, H., M. Kogan & D. Fischer. 1990.** Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. *Environ. Entomol.* 19: 1852-1857.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 2000.** Effect of the synergists piperonyl butoxide and DEF in deltamethrin resistance on strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* 29: 749-755.
- Lorini, I. 2008.** Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 72p.
- Mazzonetto, F. 2002.** Efeitos de genótipos de feijoeiro e de pós de origem vegetal sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e *Acanthoscelides obtectus* (Say), (Col.: Bruchidae). Tese (Doutorado), Piracicaba, ESALq, Universidade de São Paulo, 147p.

- Moreira, D.M., M.C. Picanço, L.C.A. Barbosa, R.N.C. Guedes, M.R. Campos, G.A. Silva & J.C. Martins. 2007.** Plant compounds insecticide activity against Coleoptera pests of stored products. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 42: 909-915.
- Navarro, M.C., M.A. Noguera, M.C. Fomero, M.P. Montilla, J.M González de Selgas & A. Valero. 2008.** *Anisakis simplex* s.l.: Larvicidal activity of various monoterpenic derivatives of natural origin against L 3 larvae in vitro and in vivo. *Exp. Parasitol.* 120: 295-299.
- Negahban, M., S. Moharramipour & F. Sefidkon. 2007.** Fumigant toxicity of essential oil form *Artemisia sieberi* Besser against three stored product insects. *J. Stored Prod. Res.* 43: 123-128.
- Nerio, L.S., J. Olivero-Verbel & E.E. Stashenko. 2009.** Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *J. Stored Prod. Res.* 45: 212-214.
- Nerio, L.S., O.V. Jesus & E. Stashenko. 2010.** Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresour. Technol.* 101: 372-378.
- Obeng-Ofori, D. & S. Amiteye. 2005.** Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. *J. Stored Prod. Res.* 41: 57-66.
- Ogendo, J.O., M. Kostyukovsky, U. Ravid, J.C. Matasyoh, A.L. Deng, E.O. Omolo, S.T. Kariuki & E. Shaaya. 2008.** Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. *J. Stored Prod. Res.* 44: 328-334.
- Oliveira, J.V. & J.D. Vendramim. 1999.** Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijoeiro. *An. Soc. Entomol. Bras.* 28: 549-555.
- Ootani, M.A., R.W.S. Aguiar, A.V. Mello, J. Didonet, A.C.F. Portella & I.R. Nascimento. 2011.** Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Biosci. J.* 27: 609-618.
- Paranhos, B.A.J., C.C. Custódio, N.B. Machado Neto & A.S. Rodrigues. 2005.** Extrato de neem e cravo da índia no controle de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijão armazenado. *Colloq. Agrar.* 1: 1-7.
- Paul, U.V., J.S. Lossini, P.J. Edwards & A. Hilbeck. 2009.** Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *J. Stored Prod. Res.* 45: 97-107.

- Prates, H.T. & J.P. Santos. 2002.** Óleos essenciais no controle de pragas de grãos armazenados, p. 443-461. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Senssel (eds.), Armazenagem de grãos. Campinas, Instituto Bio Geneziz, 1000p.
- Procópio, S.O. & J.D. Vendramim. 2003.** Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). Ciên. Agrotec. 27: 1231-1236.
- Quintela, E.D. 2002.** Manual de identificação dos insetos e outros invertebrados pragas do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 51p.
- Raffa, K.F & T.M. Priester. 1985.** Synergists as research tools and control agents in agriculture. J. Agric. Entomol. 2: 27-45.
- Rajendran, S. & V. Sriranjini. 2008.** Plants products as fumigants for stored-products insect control. J. Stored Prod. Res. 44: 126-135.
- Restello, R.M., C. Menegatt & A.J. Mossi. 2009.** Efeito do óleo de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera, Curculionidae). Rev. Bras. Entomol. 53: 304-307.
- Ribeiro, B.M., R.N.C. Guedes, E.E. Oliveira & J.P. Santos. 2003.** Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 39: 21-31.
- Roel, A.R. 2001.** Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o desenvolvimento rural sustentável. Rev. Inter. Des. Local 1: 43-50.
- Saito, M.L., F. Oliveira, D. Fell., A.P. Takematsu, T. Jocys & L.J. Oliveira. 1989.** Verificação da atividade inseticida de alguns vegetais brasileiros. Arq. Inst. Biol 56: 53-59.
- SAS Institute. 2002.** User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Senanayake, V.M., T.H. Lee & R.B.H. Wills. 1978.** Volatile constituents of *Cinnamomum zeylanicum* oils. J. Agric. Food Chem. 26: 822-824.
- Seri-Kouassi, B.P., C. Kanko, L.R.N. Aboua, K.A. Bekon, A.I. Glitho, G. Koukoua & Y.T. N'guessan. 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. C.R. Chem. 7: 1043-1046.
- Stamopoulos, D.C., P. Damos & G. Karagianidou. 2007.** Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 43:571-577.

- Tapondjou, L.A., C. Adler, D.A. Fontem, H. Bouda & C. Reichmuth. 2005.** Bioactivities of cymol and essencial oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. J. Stored Prod. Res. 41: 91-102.
- Tavares, M.A.G.C. & J.D. Vendramim. 2005.** Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). Neotrop. Entomol. 34: 319-323.
- Terzi, V., C. Morcia, P. Faccioli, G. Valè, G. Tacconi & M. Malnati. 2007.** In vitro antifungal activity of the tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oil and its major components against plant pathogens. Lett. Appl. Microbiol. 44: 613-618.
- Tripathi, A. K., V. Prajapati, K.K Aggarwal & S. Kumar. 2001.** Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8-Cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castanaeum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Econ. Entomol. 94: 979-983.
- Van Den Doll, H. & P.D.J.A. Kratz. 1963.** Generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. J. Chromatogr. 11: 463-471.
- Viegas Júnior, C. 2003.** Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. Quim. Nova 26: 390-400.
- Vieira, E.H.N. & M. Yokoyama. 2000.** Colheita, processamento e armazenamento p. 233-247. In E.H.N Vieira & C.A. Rava (eds.), Sementes de feijão – Produção e tecnologia. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 270 p.
- Vieira, P.C. & J.B Fernandes. 1999.** Plantas inseticidas, p. 739-754. In C.M.O Simões, E. P. Schenkel, G. Gosmann, J.C.P. Mello, L.A. Mentz & P.R. Petrovick (eds.), Farmacognosia da planta ao medicamento. Florianópolis/Porto Alegre, UFSC/UFRGS, 1104p.
- Villalobos, M.J. & M.C. Balesta-Acosta. 2003.** Chemical variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. Biochem. System. Ecol. 31: 673-679.
- Weaver, D.K., F.V. Dunkel, L. Ntezurubanza, L.L. Jackson & D.T. Stock. 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims. (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product. J. Stored Prod. Res 27: 213-220.

Tabela 1. Plantas e constituintes químicos majoritários dos óleos essenciais testados.

Espécie vegetal	Nome comum	Família	Compostos	(%)	Procedência
<i>Eucalyptus staigeriana</i>	Eucalipto	Myrtaceae	Limoneno Geranial Neral	28,73 15,20 12,16	2
<i>Eucalyptus citriodora</i>	Eucalipto	Myrtaceae	Citronelil acetato 1,8-Cineol β -Pino	3,34 2,87 0,4	2
<i>Ocimum gratissimum</i>	Alfavaca	Lamiaceae	1	-	3
<i>Foeniculum vulgare</i>	Erva-doce	Lamiaceae	1	-	3

¹Em processo de identificação na Universidade Federal de Pernambuco.

²Departamento de Ciências Florestais, ESALQ-USP.

³Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Bananeiras, PB.

Tabela 2. Efeito fumigante de óleos essenciais em adultos de *Zabrotes subfasciatus* em grãos de feijão. Temp: 26 ± 2 °C; UR: $60 \pm 2\%$ e fotofase: 12 h.

Tratamentos	n ¹	GL ²	Inclinação da reta (± EP)	CL ₅₀ (IC 95%) ³	CL ₉₅ (IC 95) ³	RT ₅₀ ⁴	χ ² ⁵
<i>Ocimum gratissimum</i>	400	3	4,6 ± 0,55	0,9 (0,72-1,17)	2,2 (1,7-3,5)	3,0	0,6
<i>Eucaliptus citriodora</i>	400	3	12,3 ± 1,02	0,9 (0,81-1,1)	2,4 (2,11-2,80)	3,0	0,44
<i>Eucaliptus staigeriana</i>	400	3	2,1 ± 0,28	2,4 (2,06-3,00)	14,54 (9,12-31,91)	1,1	0,26
<i>Foeniculum vulgare</i>	480	4	4,5 ± 0,46	2,7 (2,45-3,07)	6,4 (5,3-8,3)	-	0,17

¹Número de insetos por tratamento.

²Grau de liberdade.

³Concentração letal 50 e/ou 90% (µL/L de ar).

⁴Razão de toxicidade (CL₅₀).

⁵Qui-quadrado.

Tabela 3. Efeito de contato de óleos essenciais em adultos de *Zabrotes subfasciatus* em grãos de feijão. Temp: 26 ± 2 °C; UR: $60 \pm 2\%$ e fotofase: 12 h.

Tratamentos	n ¹	GL ²	Inclinação da reta (\pm EP)	CL ₅₀ ³ (I.C. a 95%)	CL ₉₅ ³ (I.C.a 95%)	RT ⁴	χ^2 ⁵
<i>Eucaliptus staigeriana</i>	320	6	4,89 \pm 0,5	2,73 (2,52-2,96)	5,94 (5,18-7,16)	1,48	0,18
<i>Foeniculum vulgare</i>	240	4	4,47 \pm 0,5	2,74 (2,45-3,07)	6,39 (5,31- 8,32)	1,48	0,17
<i>Eucaliptus citriodora</i>	200	3	6,27 \pm 0,8	4,06 (3,75-4,40)	7,42 (6,46-9,20)	-	0,12

¹Número de insetos por tratamento.

²Grau de liberdade.

³Concentração Letal 50 e/ou 90% (μ L/20g de grãos).

⁴Razão de toxicidade (CL₅₀).

⁵Qui-quadrado.

Tabela 4. Efeito repelente de óleos essenciais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* em grãos de feijão. Temp: 26 ± 2 °C; UR: 60 ± 2% e fotofase: 12 h.

Tratamentos	Concentração (µL/20g)	Adultos Atraídos (%) ¹		IR ² (M±DP ³)	Classificação
		Testemunha	Óleos		
	2,5	46	54	1,1 ± 0,54	Neutro
<i>Eucaliptus</i>	5,0	64	43	0,9 ± 0,49	Neutro
<i>staigeriana</i>	8,0	70	30	0,6 ± 0,37	Repelente
	16	89	11	0,2 ± 0,19	Repelente
	3,0	52	48	1,0 ± 0,35	Neutro
<i>Eucaliptus</i>	7,6	71	29	0,6 ± 0,22	Repelente
<i>citriodora</i>	10	21	79	0,4 ± 0,42	Repelente
	15	7	93	0,1 ± 0,14	Repelente
	2,0	45	56	1,1 ± 0,27	Neutro
<i>Foeniculum</i>	4,5	41	59	0,8 ± 0,26	Neutro
<i>vulgare</i>	9,5	29	71	0,6 ± 0,44	Neutro
	15	43	57	0,9 ± 0,39	Neutro

¹Médias seguidas de mesma letra na horizontal dentro do mesmo óleo não diferem estatisticamente entre si pelo teste “t” (P =0,05).

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

³Desvio padrão.

Tabela 5. Porcentagem de redução do número de ovos depositados por *Zabrotes subfasciatus* em grãos de feijão tratados com os óleos e testemunha. Temp: 26 ± 2 °C; UR: $60 \pm 2\%$ e fotofase: 12 h.

Tratamentos	Concentração ($\mu\text{L}/20\text{g}$)	Média (%) ($\pm\text{EP}$) ¹		Redução de postura (%)
		Testemunha	Óleo	
<i>Eucaliptus staigeriana</i>	2,5	$38,2 \pm 10,94$	$61,8 \pm 10,94$	-
	5,0	$82,3 \pm 4,79$	$17,7 \pm 4,79$	64,5
	8,0	$76,1 \pm 6,60$	$23,9 \pm 6,60$	52,1
	16	$98,1 \pm 0,98$	$1,9 \pm 0,98$	96,2
<i>Eucaliptus citriodora</i>	3,0	$59,2 \pm 7,33$	$40,8 \pm 7,33$	18,4
	7,6	$67,9 \pm 8,09$	$32,1 \pm 8,09$	35,9
	10	$89,7 \pm 4,13$	$10,3 \pm 4,13$	79,5
	15	$98,2 \pm 1,12$	$1,8 \pm 1,12$	96,4
<i>Foeniculum vulgare</i>	2,0	$47,7 \pm 9,67$	$52,3 \pm 9,67$	-
	4,5	$55,0 \pm 5,31$	$45,0 \pm 5,31$	9,9
	9,5	$78,0 \pm 5,47$	$22,0 \pm 5,47$	56,1
	15	$78,6 \pm 4,16$	$21,4 \pm 4,16$	57,2

¹Erro padrão.

Tabela 6. Porcentagem de redução do número de adultos de *Z. subfasciatus* emergidos em grãos de feijão tratados com óleos essenciais e testemunha. Temp: 26 ± 2 °C; UR: $60 \pm 2\%$ e fotofase: 12 h.

Tratamentos	Concentração ($\mu\text{L}/20\text{g}$)	Média ($\pm\text{EP}$) ¹		Redução de Emergência (%)
		Testemunha	Óleo	
<i>Eucaliptus staigeriana</i>	2,5	$38,3 \pm 11,05$	$61,7 \pm 11,05$	-
	5,0	$75,9 \pm 9,20$	$24,1 \pm 9,20$	51,8
	8,0	$76,8 \pm 7,41$	$23,3 \pm 7,41$	53,5
	16	$99,5 \pm 0,53$	$0,5 \pm 0,53$	98,9
<i>Eucaliptus citriodora</i>	3,0	$71,8 \pm 7,47$	$28,2 \pm 7,47$	43,7
	7,6	$69,2 \pm 7,63$	$30,8 \pm 7,63$	38,5
	10	$90,6 \pm 3,99$	$9,4 \pm 3,99$	81,2
	15	$98,4 \pm 1,39$	$1,6 \pm 1,39$	96,8
<i>Foeniculum vulgare</i>	2,0	$45,8 \pm 9,50$	$54,2 \pm 9,50$	-
	4,5	$56,0 \pm 5,45$	$44,0 \pm 5,45$	12,0
	9,5	$78,7 \pm 5,45$	$21,3 \pm 5,45$	57,5
	15	$78,4 \pm 4,30$	$21,6 \pm 4,30$	56,8

¹Erro padrão.