

TOXICIDADE POR FUMIGAÇÃO, CONTATO E INGESTÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1885 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Toxicity by fumigation, contact and ingestion of essential oils in *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1885 (Coleoptera: Curculionidae)

Rodrigo Leandro Braga de Castro Coitinho¹, José Vargas de Oliveira²,
Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior², Cláudio Augusto Gomes da Câmara³

RESUMO

A espécie *Sitophilus zeamais* é uma das principais pragas do milho armazenado no Brasil. O controle é feito, comumente, utilizando-se medidas de higienização e limpeza, bem como inseticidas sintéticos fumigantes e protetores. A busca por produtos menos tóxicos, biodegradáveis e seguros do ponto de vista ecológico, é muito bem aceita pela sociedade. Assim, os objetivos do presente trabalho foram testar a toxicidade de contato e ingestão e fumigante de óleos essenciais e do composto orgânico natural eugenol para adultos de *S. zeamais*. Os valores de CL_{50} dos óleos essenciais provenientes de folhas de *Piper hispidinervum*, *Eugenia uniflora*, *Cinnamomum zeylanicum*, *P. marginatum*, *Schinus terebinthifolius*, *Melaleuca leucadendron*, dos frutos verdes de *S. terebinthifolius* e do composto eugenol, nos testes de contato e ingestão, foram estimados em 1,0; 11,6; 14,2; 21,1; 57,7; 75,8; 98,8 e 14,8 $\mu\text{L}/40$ g de milho, respectivamente. As razões de toxicidade (RT) variaram entre 1,3 e 98,8. Na fumigação em adultos, as concentrações letais dos óleos variaram de 0,53 a 94,7 $\mu\text{L}/\text{L}$ de ar, obedecendo à seguinte ordem decrescente de toxicidade: *P. hispidinervum* > *P. aduncum* > *S. terebinthifolius* > frutos verdes de *S. terebinthifolius* > *P. marginatum* > eugenol e as RT variaram entre 2,0 a 178,7.

Termos para indexação: Gorgulho do milho, bioatividade, plantas inseticidas, concentrações letais.

ABSTRACT

The *Sitophilus zeamais* species is a major pest of stored maize in Brazil. The control is made, usually, using measures of hygiene and cleanliness, synthetic insecticides and fumigant protectors. The search for less toxic products, biodegradable and safe from an ecological point of view is very well accepted by society. The objective of this study was to test the toxicity by contact and ingestion and fumigant of essential oils and eugenol natural organic compound for adults of *S. zeamais*. The values of LC_{50} in oil from leaves of *Piper hispidinervum*, *Eugenia uniflora*, *Cinnamomum zeylanicum*, *P. marginatum*, *Schinus terebinthifolius*, *Melaleuca leucadendron*, green fruits of *S. terebinthifolius* and eugenol compound in tests of contact and ingestion were estimated at 1.0; 11.6, 14.2, 21.1, 57.7, 75.8, 98.8 and 14.8 $\mu\text{L}/40$ g maize, respectively. The toxicity ratios (TR) ranged from 1.3 to 98.8. In the fumigation of adults, the lethal concentrations ranged from 0.53 to 94.7 $\mu\text{L}/\text{L}$ air, in the following order of toxicity: *P. hispidinervum* > *P. aduncum* > *S. terebinthifolius* > green fruits of *S. terebinthifolius* > *P. marginatum* > eugenol, and the TR ranged from 2.0 to 178.7.

Index terms: Weevil maize, bioactivity, plant insecticides, lethal concentrations.

(Recebido em 18 de junho de 2009 e aprovado em 23 de abril de 2010)

INTRODUÇÃO

O gorgulho, *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1885 (Coleoptera: Curculionidae), é uma das principais pragas primárias internas do milho, efetuando a postura no interior dos grãos, onde também as larvas e pupas se desenvolvem. As perdas ocorrem antes, durante e após a colheita, no transporte, industrialização e armazenamento dos grãos; são influenciadas por diversos fatores, como a precária estrutura das unidades armazenadoras, o alto teor de umidade, impureza dos grãos e a presença de pragas (Tavares &

Vendramim, 2005). De acordo com Silva et al. (2003) são necessários 180 adultos de *S. zeamais* kg^{-1} em trigo armazenado para causar 1,5% de grãos danificados, umedecer os grãos em 0,13% e reduzir o peso hectolítrico em 0,4 kg hL^{-1} e causar uma perda de matéria seca em 0,7%.

O controle de pragas com inseticidas de origem vegetal tem despertado um grande interesse da sociedade, com a segurança e seletividade no controle de pragas (Ribeiro et al., 2003; Benhalima et al., 2004; Pereira et al., 2009; Lima et al., 2010). O Brasil com tanta pluralidade edafo-climática abriga uma grande diversidade de plantas.

¹Instituto Agrônomo de Pernambuco/IPA – Avenida General San Martin – 1371– 50761-000 – Recife, PE – rodrigolbc@bol.com.br

²Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE – Departamento de Agronomia – Recife, PE

³Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE – Departamento de Química – Recife, PE

Nesse contexto, famílias botânicas, tais como Chenopodiaceae, Verbenaceae, Piperaceae, Asteraceae, Lauraceae, Myrtaceae têm despertado o interesse para o controle de pragas, possuindo compostos secundários bioativos com propriedades inseticidas, que apresentam toxicidade por ingestão, contato e fumigação (Fazolin et al., 2007a; Rajendran & Srianjini, 2008). Esses compostos provocam diversos efeitos sobre pragas, incluindo as de grãos armazenados, como mortalidade, repelência, deterrência na alimentação e oviposição e redução no crescimento (Kabeh & Jalingo, 2007).

Muitos produtos naturais de plantas, tais como extratos vegetais, óleos essenciais, além de compostos bioativos isolados das mesmas, têm-se mostrado promissores para o manejo de *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY, 1885. (Coleoptera: Curculionidae), como extratos de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae), *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (Poaceae) e *Citrus cinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae) (Almeida et al., 2005); a cumarina, presente em *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae) (Moreira et al., 2007); óleo essencial extraído de folhas frescas de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum (Bignoneaceae) (Fazolin et al., 2007a); óleo essencial de *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. (Zingiberaceae); óleos essenciais de *Piper aduncum* L. (Piperaceae); e *P. hispidinervum* C.DC. (Piperaceae) (Huang et al., 2000; Estrela et al., 2006).

Considerando-se a importância econômica de *S. zeamais* como praga do milho e outros cereais armazenados, o desenvolvimento de pesquisas com inseticidas botânicos compatíveis com o manejo integrado de pragas é muito oportuno, visando atenuar os efeitos indesejáveis do uso de inseticidas sintéticos. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade de contato, ingestão e fumigação de óleos essenciais em adultos de *S. zeamais*.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia Agrícola do Departamento de

Agronomia, Área de Fitossanidade e no Laboratório de Produtos Naturais Bioativos do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife-PE.

Criação de *S. zeamais*. Os insetos foram criados em sementes de milho cv. Caatingueiro, obtidas da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, à temperatura de $27,4 \pm 1,9^\circ \text{C}$, umidade relativa de $61,5 \pm 7,0\%$ e fotofase de 12 horas e acondicionados em recipientes de dois litros de capacidade vidro, fechados com tampa plástica perfurada e revestida internamente com tecido fino para permitir as trocas gasosas. O confinamento dos insetos foi realizado durante 15 dias para efetuarem a postura e, em seguida, foram retirados e os recipientes armazenados até a emergência dos espécimes da geração F_1 .

Coleta do Material Vegetal. As plantas utilizadas no presente trabalho foram coletadas no período da manhã em dezembro de 2006 e as informações necessárias constam na Tabela 1. Foram identificadas pela professora Margareth Ferreira de Sales do Departamento de Biologia da UFRPE e as exsicatas encontram-se depositadas no Herbário Vasconcelos Sobrinho desta Universidade.

Obtenção dos Óleos Essenciais. O material vegetal coletado foi submetido à hidrodestilação por 2h no Laboratório de Produtos Naturais Bioativos do Departamento de Química da UFRPE, e os óleos essenciais, extraídos por meio de um aparelho tipo Clevenger modificado, foram separados da água, secos com Na_2SO_4 anidro e armazenados à baixa temperatura em recipientes escuros hermeticamente fechados. O rendimento não foi quantificado, mas baseou-se no peso dos óleos, comparado com a massa fresca do vegetal, que variou de acordo com a coleta. Também foram utilizados o composto eugenol e os óleos essenciais de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* obtidos da Indústria Farmacêutica Ltda - PR, da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC - PA) e da Embrapa - Acre, respectivamente.

Toxicidade de Contato e Ingestão de Óleos Essenciais para Adultos de *S. zeamais*. Os experimentos foram conduzidos

Tabela 1 – Plantas coletadas para o estudo do efeito de óleos essenciais em *S. zeamais*.

Nome científico	Família	Nome vulgar	Nº exsicata	Local da coleta
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	Pitanga	48490	Campus da UFRPE – Recife-PE
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	Lauraceae	Canela	48602	Jardim Brasil -Olinda-PE
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.	Anacardiaceae	Aroeira	42544	Jardim Brasil -Olinda-PE
<i>Melaleuca leucadendron</i> L.	Myrtaceae	Melaleuca	48489	Campus da UFRPE – Recife-PE
<i>Piper marginatum</i> Jacq.	Piperaceae	Malvaíscó	48210	Campus da UFRPE – Recife-PE

à temperatura de $27,4 \pm 1,9^\circ\text{C}$, umidade relativa de $61,5 \pm 7,0\%$ e fotofase de 12 horas. Foram utilizados os seguintes tratamentos nas concentrações em $\mu\text{L}/40\text{g}$ de milho: folhas de *P. hispidinervum* (0; 1,2; 1,6; 2,4; 2,8); composto eugenol (0; 7; 9; 11; 15; 17); folhas de *P. marginatum* (0; 20; 25; 30; 35; 40); frutos verdes de *S. terebinthifolius* (0; 85; 90; 95; 100); folhas de *S. terebinthifolius* (0; 45; 50; 60; 70; 80); folhas de *E. uniflora* (0; 11,1; 12,9; 19,8; 35); folhas de *M. leucadendron* (0, 40; 60; 80; 100; 120) e folhas de *C. zeylanicum* (0; 10; 15; 25; 30). As concentrações foram definidas em testes preliminares. Os óleos essenciais e eugenol, não solubilizados, foram adicionados às sementes de milho com pipetador automático, no interior de recipientes de vidro, os quais foram agitados manualmente durante dois minutos. Cada parcela de 40 g de milho foi infestada com 16 adultos não sexados de *S. zeamais* com 0 a 15 dias de idade. Após 48 horas de confinamento, foram determinadas as percentagens de mortalidade (Coitinho et al., 2006).

Foram realizados experimentos individuais para cada tratamento no delineamento inteiramente casualizado com no mínimo cinco concentrações e quatro repetições. A determinação das $\text{CL}_{50\text{s}}$ foi efetuada por meio do programa computacional POLO-PC (Leora Software, 1987). As razões de toxicidade (RT) foram obtidas através dos quocientes entre a CL_{50} do óleo essencial, que apresentou menor toxicidade, e as $\text{CL}_{50\text{s}}$ dos demais tratamentos.

Fumigação com Óleos Essenciais em Adultos de *S. zeamais*. Os experimentos foram conduzidos à temperatura de $27,4 \pm 1,9^\circ\text{C}$, umidade relativa de $61,5 \pm 7,0\%$ e fotofase de 12 h. Na avaliação do efeito fumigante, adotou-se a metodologia adaptada de Aslan et al. (2004). Utilizaram-se, como câmaras de fumigação, recipientes de vidro com 2,5 L de capacidade, onde foram confinados 20 adultos de *S. zeamais*, não sexados com 0 a 15 dias de idade (Coitinho et al., 2006). Com base em testes preliminares, foram utilizados os tratamentos nas seguintes concentrações, em $\mu\text{L}/\text{L}$ de ar: folhas de *P. hispidinervum* (0; 0,4; 0,8; 1,2 e 1,6); folhas de *P. aduncum* (0; 4; 12; 20; 32; 40; 44); eugenol (0; 66; 82; 98; 114; 130; 146); folhas de *P. marginatum* (0; 32; 40; 48; 64; 72; 80 e 88); frutos verdes de *S. terebinthifolius* (0; 36; 38; 40; 44; 46; 48 e 50) e folhas de *S. terebinthifolius* (0; 34; 35; 36; 37; 38; 39 e 40). Os óleos, sem nenhum veículo de solubilização, foram aplicados com pipetador automático, em papéis-filtro com 18 cm^2 , fixados na superfície inferior da tampa dos recipientes. Para evitar o contato direto dos óleos com os insetos, utilizou-se tecido poroso (filó) entre a tampa onde se encontrava o papel-filtro e o recipiente propriamente dito. Para a completa vedação, os recipientes foram envolvidos com filme de PVC e fita adesiva. Decorridas 48 horas após a montagem dos experimentos,

avaliou-se a porcentagem de mortalidade. Foram efetuados experimentos individuais para cada óleo essencial e eugenol no delineamento inteiramente casualizado com no mínimo cinco tratamentos e quatro repetições.

As $\text{CL}_{50\text{s}}$ e as razões de toxicidade foram determinadas conforme experimentos de contato e ingestão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Toxicidade de Contato e Ingestão de Óleos Essenciais em Adultos de *S. zeamais*. De acordo com as $\text{CL}_{50\text{s}}$, a toxicidade dos tratamentos decresceu na seguinte ordem: folhas de *P. hispidinervum* > folhas de *E. uniflora* > folhas de *C. zeylanicum* > eugenol > folhas de *P. marginatum* > folhas de *S. terebinthifolius* > folhas de *M. leucadendron* > frutos verdes de *S. terebinthifolius*. Por outro lado, as razões de toxicidade foram, respectivamente, 98,8; 8,5; 7,0; 6,7; 4,7; 1,7 e 1,3 em relação ao óleo de frutos verdes de *S. terebinthifolius* (Tabela 2).

Os componentes majoritários dos óleos essenciais estudados no presente trabalho provavelmente devem ter sido responsáveis pela ação inseticida. Esses compostos foram os seguintes: *S. terebinthifolius* folhas (p-cimen-7-ol- 22,5%) (Silva et al., 2010); *P. marginatum* folhas [(Z)-asarona- 30,4%] (Autran et al., 2009); *C. zeylanicum* folhas (Eugenol – 60%) (Lima et al., 2005); *P. hispidinervum* folhas e ramos secundários (Safrol – 94,7%) (Estrela et al., 2006); *E. uniflora* folhas [Epóxido de selina-1,3,7(11)-trien-8-ona - 25,4%] e *M. leucadendron* folhas [(E)- nerolidol - 92,5%] (C.A.G. Câmara, dados não publicados).

Diversos óleos essenciais e seus componentes químicos têm sido efetivos, como alternativa aos inseticidas sintéticos, no controle de diversas pragas de grãos armazenados. Os óleos essenciais de *P. aduncum* e *P. hispidinervum* também foram tóxicos por contato para adultos de *S. zeamais* (Estrela et al., 2006), porém os autores empregaram metodologia diferente do presente trabalho, ou seja, os insetos foram colocados em placas de Petri sobre papéis-filtro impregnados com óleos diluídos em acetona. No entanto, a toxicidade por contato e ingestão foi observada com os óleos de *Lippia gracillis* HBK (Verbenaceae) e eugenol (Coitinho et al., 2006); folhas de canela (*C. zeylanicum*) (Huang & Ho, 1998); folhas frescas de *T. nocturnum*, que apresentou CL_{50} de 1321,6 ng/g de grãos de milho (Fazolin et al., 2007a); *Vernonia amygdalina* Del. (Compositae) e *Xylopiya aethiopica* (Dunal) (Annonaceae), respectivamente (Asawalam & Hassanali, 2006; Kouninki et al., 2007).

O modo de ação dos óleos essenciais no sistema nervoso dos insetos está diretamente relacionado com a

rapidez na mortalidade. Há evidências sobre a interferência dos óleos no neuromodulador octopamina, que é encontrado em todos os invertebrados, mas não nos mamíferos, ou nos canais de cálcio modulados pelo GABA (Isman, 2006). A octopamina é semelhante à noradrenalina e age como neurohormônio, neuromodulador e neurotransmissor, regulando os batimentos cardíacos, os movimentos, o comportamento e o metabolismo dos insetos (Roeder, 1999).

Fumigação com Óleos Essenciais em Adultos de *S. zeamais*. As CL_{50} s dos óleos essenciais e eugenol variaram de 0,53 a 94,7 $\mu\text{L/L}$ de ar, com as maiores toxicidades sido alcançadas com os óleos de *P. hispidinervum* e *P. aduncum*. As razões de toxicidade (RT) apresentaram valores entre 178,7 e 2,0 (Tabela 3).

É muito provável que o desempenho de *P. hispidinervum* tenha sido decorrente da sua alta

volatilidade, bem como pela presença do alilbenzeno safrol, como composto majoritário, concordando com Fazolin et al. (2007b). Enquanto a toxicidade de *P. aduncum* pode ser atribuída ao dilapiol, lignina presente em grande quantidade nesta planta (Bernard et al., 1995). A bioatividade do safrol em *S. zeamais* foi comprovada em pesquisas desenvolvidas por Huang et al. (1999) e Estrela et al. (2006). A associação das ligninas ao grupo metilenedioxifenil provoca inibição da mono-oxigenase (enzima destoxicante) dependente do citocromo P450 (Bernard et al., 1990). O efeito inseticida do dilapiol pode também estar relacionado à ação de outros compostos bioativos minoritários de *P. aduncum*, como o safrol (Huang et al., 1999) e o sarisan (Bizzo et al., 2001), uma vez que apresentam também na sua estrutura o grupo metilenedioxifenil (Fazolin et al., 2005).

Tabela 2 – Toxicidade por contato e ingestão de óleos essenciais e eugenol para adultos de *S. zeamais* em sementes de milho. Temp.: $27,4 \pm 1,9^\circ\text{C}$; UR: $61,5 \pm 7,0\%$ e fotofase: 12 horas.

Tratamentos	Estrutura vegetal	N	Inclinação \pm EP	CL_{50} (IC 95%) $\mu\text{L} / 40\text{g}$	RT ₅₀	χ^2
<i>Piper hispidinervum</i>	Folhas	256	$3,44 \pm 0,68$	1,0 (0,70– 1,20)	98,8	0,03
<i>Eugenia uniflora</i>	Folhas	256	$3,63 \pm 0,58$	11,6 (9,70 – 13,07)	8,5	1,25
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Folhas	256	$5,81 \pm 0,61$	14,2 (13,03 – 15,35)	7,0	1,90
<i>Eugenol</i>	Folhas	320	$3,62 \pm 0,56$	14,8 (13,37 – 17,14)	6,7	1,19
<i>Piper marginatum</i>	Folhas	320	$6,44 \pm 0,86$	21,1 (18,99 – 22,70)	4,7	2,83
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Folhas	320	$14,98 \pm 1,29$	57,7 (56,08 – 59,40)	1,7	2,14
<i>Melaleuca leucadendron</i>	Folhas	320	$5,52 \pm 0,56$	75,8 (70,83 – 81,05)	1,3	2,45
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Frutos verdes	256	$16,19 \pm 3,31$	98,8 (96,19 – 103,75)	-	0,36

N = Número de insetos usados no teste, EP = erro padrão da média, IC = intervalo de confiança, RT = razão de toxicidade, χ^2 = Qui-quadrado.

Tabela 3 – Efeito fumigante de óleos essenciais e eugenol em adultos de *S. zeamais*. Temp.: $27,4 \pm 1,9^\circ\text{C}$; UR: $61,5 \pm 7,0\%$ e fotofase: 12 horas.

Tratamento	Estrutura vegetal	N	Inclinação \pm EP	CL_{50} (IC 95%) $\mu\text{L} / \text{L}$ de ar	RT ₅₀	χ^2
<i>Piper hispidinervum</i>	Folhas	256	$3,04 \pm 0,37$	0,53 (0,44 – 0,61)	178,7	0,32
<i>Piper aduncum</i>	Folhas	384	$2,57 \pm 0,22$	15,1 (13,20 – 17,08)	6,2	2,42
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Folhas	448	$21,80 \pm 2,46$	36,4 (35,96 – 36,84)	2,6	1,75
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Frutos verdes	448	$11,53 \pm 1,18$	40,6 (39,50 – 41,48)	2,3	4,51
<i>Piper marginatum</i>	Folhas	448	$1,96 \pm 0,36$	46,7 (38,83 – 52,97)	2,0	3,35
<i>Eugenol</i>	–	384	$2,42 \pm 0,50$	94,7 (82,50 – 105,69)	-	0,99

N = Número de insetos usados no teste, EP = erro padrão da média, IC = intervalo de confiança, RT = razão de toxicidade, χ^2 = Qui-quadrado.

Outros óleos essenciais também foram tóxicos por fumigação para *S. zeamais*, como o metil silicato, principal componente volátil da *Securidaca longepedunculata* Fers (Polygalaceae) (Jayasekara et al., 2005); *Eucalyptus saligna* Smith (Myrtaceae) e *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae) (Tapondjou et al., 2005) e *E. cardamomum* (Huang et al., 2000).

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam a importância da utilização de óleos essenciais como uma alternativa para o manejo de *S. zeamais* no armazenamento de sementes de milho, principalmente ao nível de produtores de Cultivos Orgânicos e de Agricultura Familiar, pelo fato da liberação desses compostos pelas certificadoras ser relativamente mais fácil pelas, em relação ao registro de inseticidas sintéticos. Os efeitos de contato, ingestão e fumigante, aliados à baixa toxicidade, rápida degradação no ambiente, eficiência no controle de pragas e segurança para os aplicadores e consumidores, reabrem a necessidade da continuidade de pesquisas com óleos essenciais.

CONCLUSÕES

O óleo essencial de *P. hispidinervum* obteve a maior razão de toxicidade por contato e ingestão para *S. zeamais*, em relação aos de *E. uniflora*, *C. zeylanicum*, composto eugenol, *P. marginatum*, *S. terinbithifolius* e *M. leucadendron*. A toxicidade de *P. hispidinervum* por fumigação é superior a *P. aduncum*, *S. terinbithifolius*, *P. marginatum* e composto eugenol.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE e CNPq, pelas bolsas concedidas, respectivamente, aos primeiro e segundo autores deste trabalho. Ao Prof. Jorge Braz Torres pelas sugestões e a Alicely Araújo Correia, Alberto Belo Esteves Filho e Solange Maria de França pelos auxílios prestados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.A.C.; PESSOA, E.B.; GOMES, J.P.; SILVA, A.S. Emprego de extratos vegetais no controle das fases imatura e adulta do *Sitophilus zeamais*. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.26, n.1, p.46-53, 2005.
- ASAWALAM, E.F.; HASSANALI, A. Constituents of the essential oil of *Vernonia amygdalina* as maize weevil protectants. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, Yucatan, v.6, n.2, p.95-102, 2006.
- ASLAN, İ.; ÖZBEK, H.; ÇALMASUR, Ö.; ŞAHİN, F. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.19, n.2, p.167-173, 2004.
- AUTRAN, E.S.; NEVES, I.A.; SILVA, C.S.B.; SANTOS, G.K.N.; CÂMARA, C.A.G.; NAVARRO, D.M.A.F. Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). **Bioresource Technology**, New York, v.100, n.7, p.2284-2288, 2009.
- BENHALIMA, H.; CHAUDHRY, M.Q.; MILLS, K.A.; PRICE, N.R. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Marocco. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.40, n.3, p.241-249, 2004.
- BERNARD, C.B.; ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; LAM, J.; WADDEL, T. In-vivo effect of mixtures of allelochemicals on the life cycle of the european corn borer, *Ostrinia nubilalis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.57, n.1, p.17-22, 1990.
- BERNARD, C.B.; KRISHINAMURTY, H.G.; CHAURET, D.; DURST, T.; PHILOGENE, B.J.R.; SANCHÉS-VINDAS, P.; HASBAUN, C.; POVEDA, L.; ROMAN, L.S.; ARNASON, J.T. Insecticidal defenses of piperaceae from the neotropics. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v.21, n.6, p.801-814, 1995.
- BIZZO, H.R.; LOPES, D.; ABDALA, R.V.; PIMENTAL, F.A.; SOUZA, J.A.; PEREIRA, M.V.G.; BERGTER, L.; GUIMARÃES, E.F. Sarisan from leaves of *Piper hispidinervum* C.DC (long pepper). **Flavour and Fragrance Journal**, Sussex, v.16, n.2, p.113-115, 2001.
- COITINHO, R.L.B.C.; OLIVEIRA, J.V.; GONDIM JÚNIOR, M.G.C.; CÂMARA, C.A.G. Toxicidade de óleos para adultos de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera, Curculionidae) em grãos de milho armazenados. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.31, n.1, p.29-34, jan./jun. 2006.
- ESTRELA, J.L.V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M.R.; LIMA, M.S. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.2, p.217-222, fev. 2006.

- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J.L.V.; CATANI, V.; ALÉCIO, M.R.; LIMA, M.S. Atividade inseticida do óleo de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.37, n.4, p.599-604, 2007a.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J.L.V.; CATANI, V.; ALÉCIO, M.R.; LIMA, M.S. 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. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.113-120, jan./fev. 2007b.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J.L.V.; CATANI, V.; LIMA, M.S.; ALÉCIO, M.R. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.3, p.485-489, maio/jun. 2005.
- HUANG, Y.; HO, S.H. Toxicity and antifeedant activities of Cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Mots., 1865. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.34, n.1, p.11-17, 1998.
- HUANG, Y.; HO, S.H.; KINI, M. Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.92, n.3, p.676-683, 1999.
- HUANG, Y.; LAM, S.L.; HO, S.H. Bioactivities of essential oil from *Ellateraria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.36, n.2, p.107-117, 2000.
- ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.51, n.1, p.45-66, 2006.
- JAYASEKARA, T.K.; STEVENSON, P.C.; HALL, D.R.; BELMAIN, S.R. Effect of volatile constituents from *Securidaca longepedunculata* on insect pests of stored grain. **Journal of Chemical Ecology**, Dordrecht, v.31, n.2, p.303-313, 2005.
- KABEH, J.D.; JALINGO, M.G.D.S.S. 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). **International Journal of Agriculture and Biology**, Faisalabad, v.9, n.3, p.452-454, 2007.
- KOUNINKI, H.; HANCE, T.; NOUDJOU, F.A.; LOGNAY, G.; MALAISSE, F.; NGASSOUM, M.B.; MAPONGMETSEM, P.M.; NGAMO, L.S.T.; HAUBRUGE, E. Toxicity of some terpenoids of essential oils of *Xylopia aethiopica* from Cameroon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Journal of Applied Entomology**, Goettingen, v.131, n.4, p.269-274, 2007.
- LEORA SOFTWARE. **POLO-PC**: a user's guide to Probit Logit analysis. Berkely, 1987.
- LIMA, M.P.; ZOGHBI, M.G.B.; ANDRADE, E.H.A.; SILVA, T.M.D.; FERNANDES, C.S. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.35, n.3, p.363-366, 2005.
- LIMA, M.P.L. de; OLIVEIRA, J.V. de; GODIM JÚNIOR, M.G.C.; MARQUES, E.J.; CORREIA, A.A. Bioatividade de formulações de nim (*Azadirachta indica* A. Juss, 1797) e de *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p.1381-1389, nov/dez., 2010.
- MOREIRA, D.M.; PICANÇO, M.C.; BARBOSA, L.C.A.; GUEDES, R.N.C.; CAMPOS, M.R.; SILVA, G.A.; MARTINS, J.C. Plant compounds insecticide activity against coleoptera pests of stored products. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.7, p.909-915, jul. 2007.
- PEREIRA, A.C.R.L.; OLIVEIRA, J.V.de; GODIM JÚNIOR, M.G.C.; CÂMARA, C. A.G. da. Influência do período de armazenamento do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], tratado com óleos essenciais e fixos, no controle de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p.319-325, jan/fev., 2009.

- RAJENDRAN, S.; SRIRANJINI, V. Plant products as fumigants for stored-product insect control. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.44, n.2, p.126-135, 2008.
- RIBEIRO, B.M.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E.; SANTOS, J.P. Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.39, n.1, p.21-31, 2003.
- ROEDER, T. Octopamine in invertebrates. **Progress in Neurobiology**, New York, v.59, n.5, p.533-561, 1999.
- SILVA, A.A.L.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C.; MARTINS, J.H.; PIMENTEL, M.A.G. Modelagem das perdas causadas por *Sitophilus zeamais* e *Rhyzopertha dominica* em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia e Agricultura Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.292-296, 2003.
- SILVA, A.B.; SILVA, T.; FRANCO, E.S.; RABELO, S.A.; LIMA, E.R.; MOTA, R.A.; CÂMARA, C.A.G.; PONTES-FILHO, N.T.; LIMA-FILHO, J.V. Antibacterial activity, chemical composition, and cytotoxicity of leaf's essential oil from Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius*, raddi). **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.41, n.1, p.158-163, 2010.
- TAPONDJOU, L.A.; ADLER, C.; FONTEM, D.A.; BOUDA, H.; REICHMUTH, C. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.41, n.1, p.91-102, 2005.
- TAVARES, M.A.G.C.; VENDRAMIM, J.D. Atividade inseticida da erva-de-santa-maria *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.72, n.1, p.51-55, jan./mar. 2005.