

TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) E

Suidasia pontifica OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Júnior)

RESUMO

O uso de óleos essenciais de plantas é uma alternativa ao controle de ácaros, como *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Suidasia pontifica* Oudemans, em ambientes fechados. A toxicidade dos óleos de folhas de *Cinnamomum zeylanicum* (Blume.), *Eugenia uniflora* (Berg.), *Eugenia uvalha* (Cambess.), *Melaleuca leucadendra* L., *Piper marginatum* (Jacq.) e *Schinus terebinthifolius* foi comparada a fosfina, produto normalmente utilizado em armazéns, através de testes de fumigação. Os ácaros foram colocados em gaiola telada, que permitia a passagem do ar, mas retinha os ácaros em seu interior. As gaiolas foram transferidas para câmaras de fumigação, com capacidade para 2L. Os óleos foram aplicados em tiras de papel de filtro e fixados na parte interna das câmaras. Estas foram fechadas e colocadas em incubadora. A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 48 horas. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homoscedasticidade, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os óleos de *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha* foram os mais tóxicos. Para estes e o eugenol, foram estabelecidas as CL₅₀ e CL₉₀ através da análise de Probit. As estimativas das curvas de concentração resposta indicaram eugenol como mais tóxico a *T. putrescentiae*, com CL₅₀ e CL₉₀ de 0,23 µL/ L e 14,51 µL/ L de ar, respectivamente. Para *S. pontifica*, a estimativa da CL₅₀

também indicou eugenol como mais tóxico, com CL_{50} de $0,57 \mu\text{L}/\text{L}$ de ar, no entanto a estimativa da CL_{90} indicou *S. terebinthifolius* como mais tóxico, com CL_{90} de $23,48 \mu\text{L}/\text{L}$ de ar.

PALAVRAS-CHAVE: Controle alternativo, Acari, grãos armazenados, fumigação, ácaros Astigmata.

TOXICITY OF PLANT ESSENTIAL OILS TO *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) AND
Suidasia pontifica OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

(Under the Direction of Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Júnior)

ABSTRACT

The use plant-derived essential oils are an alternative for mite control, such as the *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) and *Suidasia pontifica* Oudemans, in confined environment. The toxicity of essential oils from *Cinnamomum zeylanicum*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uvalha*, *Melaleuca leucadendra*, *Piper marginatum* and *Schinus terebinthifolius* was compared, through fumigation tests, to that from phosphine, product usually applied in warehouses. Mites were enclosed in screened small cages, allowing ventilation but not mites escaping. The cages were transferred to fumigation glass chambers with 2L capacity. The oils were applied in filter paper straps and fixed at the interior of the chambers. The glass chambers were closed and held in incubator chambers. Mite mortality was assessed after 48 hours of exposure. The mortality data were submitted to normality test and homocedasticity, and the means compared by the Tukey's test at 5%. The oils from *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* and *E. uvalha* were the most toxic. The CL₅₀ and CL₉₀ estimates were established for these oils and the eugenol through Probit analysis. The estimates indicated the eugenol as the most toxic treatment towards *T. putrescentiae*, LC₅₀ and LC₉₀ equal to 0.23 µL/L and 14,51 µL/L of air, respectively. For *S. pontifica*, the LC₅₀ estimate showed the eugenol as the most toxic treatment towards it with an LC₅₀ estimate of 0.57

$\mu\text{L}/\text{L}$ of air. However, *S. terebinthifolius* was the most toxic treatment regarding the LC_{90} estimate, which was $23.48 \mu\text{L}/\text{L}$ of air.

KEY WORDS: Alternative control, Acari, stored grains, fumigation, Astigmata mites.

TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) E
Suidasia pontifica OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

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 – 2010

TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) E
Suidasia pontifica OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Júnior – UFRPE

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

Cláudio Augusto Gomes da Câmara – UFRPE

TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) E
Suidasia pontifica OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)

por

CARLA PATRÍCIA OLIVEIRA DE ASSIS

Orientador: _____
Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. – UFRPE

Examinadores: _____
Gilberto José de Moraes – ESALQ/USP

José Vargas de Oliveira - UFRPE

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira - UFRPE

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Aos meus queridos pais José Adonias de Assis e Jaciara Oliveira de Assis e as minhas irmãs Luciana Maria Oliveira de Assis e Janaina Maria Oliveira de Assis.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre esteve e está ao meu lado concedendo-me força para superar os obstáculos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) juntamente com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo junto ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE.

Aos meus amados pais José Adonias de Assis e Jaciara Oliveira de Assis pelo esforço contínuo para sempre me oferecer o melhor e pelos ensinamentos diários. O meu muito obrigada por tudo, principalmente, pelos sábios conselhos.

Às minhas irmãs Luciana Maria Oliveira de Assis e Janaina Maria Oliveira de Assis por serem minhas verdadeiras amigas.

Ao professor e orientador Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior pela orientação, apoio, incentivo e dedicação para meu desenvolvimento técnico e científico. Serei eternamente grata pela grandiosa assistência que me prestou durante toda a realização deste trabalho.

Ao co-orientador, professor Cláudio Augusto Gomes da Câmara pelos ensinamentos desde a graduação.

Ao co-orientador, professor Herbert Álvaro Abreu de Siqueira por todos os ensinamentos toxicológicos e pela assistência no trabalho desde o início. Também pela revisão dos abstracts.

Aos meus colegas e amigos de laboratório Aleuny Reis, Andréia Galvão, Camila Stephanie, Cecília Sanguinetti, Cícero Nicolini, Cleiton Araújo, Débora Lima, Fernanda Andrade, José Wagner, Vaneska Barbosa pelos momentos agradáveis, descontraídos e companheirismo.

Aos colegas e amigos de turma Tadeu, Lílian, Nicole, Vanessa, Thais, Robério, Vando, Gicela, Roseane, Alicely, Alberto, Agna, Adauto, Flávia e Ricardo pela amizade e experiências divididas.

Aos professores do programa de pós-graduação em Entomologia Agrícola: César Badji, Cláudio Câmara, Dirceu Pratisoli, Edmilson Marques, Herbert Siqueira, Jorge Torres, José Vargas, Manoel Guedes, Reginaldo Barros e Valéria Wanderley pelo apoio e incentivo acadêmico.

Aos funcionários Darci e Romildo pelos auxílios prestados quando necessário.

Aos amigos conquistados na UFRPE desde a graduação: Janaina, Isabel, Jacqueline, Danielle, Yohannes, Natália, Carlos André, André Ribas, Ricardo, Kyllderes, Ana Paula, Bárbara pela torcida, amizade, companheirismo e descontrações.

A todos que contribuíram direta e/ou indiretamente para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| AGRADECIMENTOS | ix |
| CAPÍTULOS | |
| 1 INTRODUÇÃO | 01 |
| LITERATURA CITADA..... | 05 |
| 2 TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE OS ÁCAROS <i>Tyrophagus</i> <i>putrescentiae</i> (SCHRANK) E <i>Suidasia pontifica</i> OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA) | 11 |
| RESUMO | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| INTRODUÇÃO | 14 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 15 |
| RESULTADOS | 17 |
| DISCUSSÃO..... | 19 |
| AGRADECIMENTOS..... | 23 |
| LITERATURA CITADA..... | 23 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Os ácaros pertencem à classe Arachnida (Subclasse Acari) e tem como principais características o tamanho reduzido, ausência de segmentação do corpo, larva com três pares de pernas, e normalmente quatro pares de pernas nos demais estádios pós-larvais (Moraes & Flechtmann 2008). Estes organismos apresentam uma marcante diversidade morfológica, e também uma grande variedade de hábitos e habitats (Galvão & Guitton 1989). Os ácaros da subordem Astigmata são, em sua maioria, de movimentos lentos, apresentando cutícula elástica, transparente, podendo variar de 0,2 a 0,5 mm de comprimento (Flechtmann 1975). Durante seu desenvolvimento pós-embrionário, os Astigmata passam pelas fases de larva, protoninfa, tritoninfa e adulto. Entretanto, uma deutoninfa pode surgir após a protoninfa, quando as condições ambientais são desfavoráveis ou na falta de alimento. Este estágio é diferente em relação à morfologia e ao comportamento dos demais estágios (Moraes & Flechtmann 2008). A deutoninfa apresenta estruturas especializadas para fixar-se em outros animais, com a finalidade de atingir ambientes mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Este transporte passivo de um organismo para outro ambiente, com o propósito de dispersão é denominado de forese (Clausen 1976, Roff 1991, Steinkraus & Cross 1993). Tal comportamento é uma estratégia que possibilita ao organismo colonizar novas áreas ou fugir de locais onde as condições sejam desfavoráveis, contribuindo também para prolongar sua sobrevivência.

Dentre as espécies de Astigmata, os ácaros *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acaridae) e *Suidasia pontifica* Oudemans (Suidasiidae) são espécies cosmopolitas, e comumente associadas a produtos armazenados no Brasil (Moraes & Flechtmann 2008). Estes ácaros infestam diversos

produtos durante o armazenamento, especialmente aqueles com alto teor de gordura e proteína, como grãos, queijo, nozes, frutas secas, sementes, rações, fumo e farinhas (Hughes 1976, Sinha 1979, Moraes & Flechtmann 2008). Podem reduzir o teor de nutrientes e capacidade germinativa das sementes e conseqüentemente causar prejuízos (Krantz 1955, Zdarkova 1991). As condições de armazenamento em depósitos favorecem o desenvolvimento dessas espécies, visto que a proteção contra extremos de temperatura permite a alimentação e reprodução durante todo ano (Flechtmann 1986). São também responsáveis por disseminar patógenos entre fazendeiros e trabalhadores que manipulam produtos armazenados, causando enterite aguda (Hughes 1976), anafilaxia sistêmica entre outras patologias (Matsumoto *et al.* 1996). Alimentos contaminados com esses ácaros, quando ingeridos, podem disseminar bactérias e fungos toxicogênicos, como *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. (van Bronswijk & Sinha 1973, Franzolin *et al.* 1999).

T. putrescentiae é geralmente disseminado por roedores, aves e insetos nos depósitos e armazéns ou infestam os grãos vindos do campo a esses ambientes (Olsen 1983). O tempo de desenvolvimento de uma geração, em regiões tropicais, é de aproximadamente 10 dias para *T. putrescentiae* (Hill 2002) e de 13 dias para *S. pontifica* (Mercado *et al.* 2001). Os fatores abióticos mais importantes que influenciam o aumento de populações de ácaros em armazéns são a temperatura e a umidade relativa do ar (Mercado *et al.* 2001).

T. putrescentiae pode alimentar-se de diferentes estágios evolutivos de insetos, assim como de ácaros e de nematóides, mas normalmente é fungívoro (Gerson *et al.* 2003). Este ácaro tem sido bastante utilizado em condições de laboratório para a multiplicação de agentes de controle biológico, como insetos do gênero *Orius* Wolff (Husseini *et al.* 1993) e ácaros da família Phytoseiidae (Ramakers & van Lieburg 1982, Moraes & Flechtmann 2008). *S. pontifica* está associado, além de produtos armazenados, a ninhos de vertebrados e insetos (Hughes 1976,

Oconnor 1982). Essas espécies também têm sido isoladas de poeira domiciliar em regiões tropicais (Vargas & Mairena 1991, Chew *et al.* 1997).

O controle dos Astigmata em armazéns é geralmente dificultado pelo fato deles passarem despercebidos, devido ao tamanho reduzido (Sousa *et al.* 2005). Quando detectados podem ser controlados através da alteração das condições de temperatura e umidade nas estruturas de armazenamento (Lorini 1998). Esses ácaros também podem ser controlados com inseticidas fumigantes, como a fosfina (Fields & White 2002, Kim *et al.* 2004), além de piretróides e organofosforados (Zdarkova 1994). O controle com ácaros predadores das famílias Cheyletidae e Ascidae tem sido estudado também para controle biológico em grãos armazenados (Zdarkova & Feit 1999, Rezk 2000), bem como o tratamento de grãos com óleos vegetais (Sánchez Ramos & Castañera 2001). Inseticidas e acaricidas sintéticos como a fosfina, benzil benzoato e *N,N*-dietil-*m*-toluamida têm sido amplamente usados no controle de pragas em grãos armazenados devido sua alta eficiência, e são a principal forma de controle curativo de ácaros em armazéns na atualidade (Lee *et al.* 2006). Entretanto, a utilização freqüente por longos períodos de tempo de alguns inseticidas tem resultado na seleção de populações resistentes de ácaros a inseticidas como pirimifós metil e fenitrothion (Szlendak *et al.* 2000). Além disso, o mau uso destes produtos também tem causado efeitos indesejáveis sobre organismos não-alvo (Hays Jr. & Laws Jr. 1991, Roel 2001).

O estudo de mecanismos de defesa de plantas tem permitido uma nova abordagem na seleção de inseticidas e acaricidas que preencham os requisitos de eficácia, segurança e seletividade (Viegas Jr. 2003). Algumas classes de metabólitos secundários presentes nos vegetais, como os terpenóides e compostos fenólicos, funcionam como uma defesa química das plantas, atuando quantitativamente como redutoras da digestibilidade, ou qualitativamente como toxinas para as pragas (Geissman & Crout 1969, Viegas Jr. 2003). Substâncias ou compostos de

plantas podem atuar de várias formas, especialmente quando o responsável por sua ação contra a praga é um complexo (Menezes 2005). Essas substâncias constituem uma alternativa ao uso de agrotóxicos, no controle de artrópodes (Geissman & Crout 1969, Viegas Jr. 2003, Brito *et al.* 2006).

A grande diversidade de plantas encontradas na natureza fornece inúmeras substâncias com potencial inseticida (Viegas Jr. 2003). A ação desses compostos nos insetos e ácaros despertou o interesse de pesquisadores em utilizar esses princípios ativos para a síntese de novos produtos inseticidas e acaricidas e/ou obtenção de inseticidas naturais para a aplicação direta no controle de pragas, através do manejo integrado (Armitage *et al.* 1994, Castro 2004). Estas substâncias têm ação tóxica ou repelente sobre os artrópodes, através do contato direto ou ingestão. Ácaros Astigmata possuem respiração cutânea, são pouco esclerotizados e são vulneráveis à dessecação (Collins 2006). Óleos essenciais podem ser acessíveis pelas vias respiratórias, causando a morte desses ácaros (Menezes 2005).

Os óleos essenciais destacam-se pela volatilidade, agem na comunicação química e como arma de defesa contra artrópodes, funcionando como fumigantes (Martins *et al.* 2000, Rajendran & Sriranjini 2008). Práticas com produtos naturais vêm conquistando a preferência dos produtores e consumidores, não apenas pelos benefícios à saúde em função da redução do uso de agrotóxicos, como pela necessidade da adoção de práticas de menor impacto ao meio ambiente (Vendramim 1997). Entretanto, somente poucas plantas, incluindo aquelas que contêm piretrinas, rotenóides e alcalóides, têm sido utilizadas como acaricidas (Rembold 1989, Addor 1994, Ndumu *et al.* 1999, Viegas Jr. 2003). Neste sentido, esforços são despendidos na procura de compostos de origem natural com propriedades acaricidas (Sudaram *et al.* 1995, Jones *et al.* 1996, Pontes 2006).

Diversos óleos essenciais de origem vegetal apresentam atividade acaricida e inseticida (Lale 1995, Golob & Gudrups 1999, Adler *et al.* 2000, Weaver & Subramanyam 2000, Macchioni *et al.* 2002, Kim *et al.* 2003a, Kim *et al.* 2003b, Lee *et al.* 2006). Alguns, inclusive, têm atividade contra *T. putrescentiae*, como *Prunus dulcis* Mill. (amêndoa), *Ocimum basilicum* L. (manjeriço), *Laurus nobilis* L. (louro) (Watanabe *et al.* 1989), *Picea abies* (L.) Karst (Miyazaki 1996), *Cinnamomum cassia* L. (Kim *et al.* 2004), *Eucalyptus cyanoclada* (Blakely), *Mentha spicata* L. e *Curcuma longa* L. (Gulati & Mathur 1995).

O presente trabalho tem por objetivo verificar o efeito de óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum* (Blume.), *Eugenia uniflora* (Berg.), *Eugenia uvalha* (Cambess.), *Melaleuca leucadendra* L., *Piper marginatum* (Jacq.) e *Schinus terebinthifolius* (Raddi), plantas cujos óleos ainda não foram testados contra *T. putrescentiae* e *S. pontifica*, e que ocorrem no estado de Pernambuco.

Literatura Citada

- Addor, R.W. 1994.** Insecticides. In C.R.A. Godfrey (ed.), *Agrochemical from Natural Products*. New York, Marcel Dekker, 418p.
- Adler, C., P. Ojimekwe & A.L. Tapondjou. 2000.** Utilisation of phytochemicals against stored product insects, p. 169-175. In C. Adler & M. Schoeller. 1999. *Proceedings of the Meeting of the OILB Working Group "Integrated Protection in Stored Products"*. IOBC/WPRS Bulletin 23: 169-175.
- Armitage, D.M., P.M. Cogan & D.R. Wilkin. 1994.** Integrated pest management in stored grain: Combining surface insecticide treatments with aeration. *J. Stored Prod. Res.* 30: 303-319.
- Brito, H.M., M.G.C. Gondim Jr., J.V. Oliveira & C.A.G. Câmara. 2006.** Toxicidade de formulações de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro-rajado e a *Euseius alatus* de Leon e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). *Neotropic. Entomol.* 35: 500-505.
- Castro, D.P. 2004.** Atividade inseticida de óleos essenciais de *Achillea millefolium* e *Thymus vulgaris* sobre *Spodoptera frugiperda* e *Schizaphis graminum*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, MG, 87p.

- Chew, F.T., L. Zhang, T.M. Ho & B.W. Lee. 1997.** House dust mite of tropical Singapore. *Clin. Exp. Allergy* 29: 201–206.
- Clausen, C.P. 1976.** Phoresy among entomophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 21: 343-367.
- Collins, D.A. 2006.** A review of alternatives to organophosphorus compounds for the control of storage mites. *J. Stored Prod. Res.* 42: 395-426.
- Fields, P.G & N.D.G. White. 2002.** Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 331-359.
- Flechtmann, C.H.W. 1975.** Elementos de Acarologia. São Paulo, Nobel, 344p.
- Flechtmann, C.H.W. 1986.** Ácaros em produtos armazenados e na poeira domiciliar. FEALQ, Piracicaba, 97p.
- Franzolin, M.R., W. Gambale, R.G. Cuero & B. Correa. 1999.** Interaction between toxigenic *Aspergillus flavus* Link and mites (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank) on maize grains: effects on fungal growth and aflatoxin production. *J. Stored Prod. Res.* 35: 215–224.
- Galvão, A.B. & N. Guitton. 1989.** Noções de estrutura e biologia dos ácaros. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 84: 223-239.
- Geissman, T.A. & D.H.G. Crout. 1969.** Organic chemistry of secondary plant metabolism. California, Freeman, Cooper & Company, 592p.
- Gerson, U., R.L. Smiley & R. Ochoa. 2003.** Mites (Acari) for pest control. Oxford, Blackweell Publishing, UK, 539p.
- Golob, P. & I. Gudrups. 1999.** The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. *FAO Agricultural Sciences Bulletin* No. 137, 289p.
- Gulati, R. & S. Mathur. 1995.** Effect of *Eucalyptus* and *Mentha* leaves and *Curcuma* rhizomes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae) in wheat. *Exp. Appl. Acarol.* 19: 511–518.
- Hays Jr., J.B & E.R. Laws Jr. 1991.** Handbook of Pesticide Toxicology, v. 1. Academic Press, San Diego, 1571p.
- Hill, D.S. 2002.** Pests of stored foodstuffs and their control. New York, Kluwer Academic Publishers, 476p.
- Hughes, A.M. 1976.** The mites of stored food and houses. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Technical Bulletin 9, 400p.

- Husseini, M., K. Schumann & H. Sermann. 1993.** Rearing immature feeding stage of *Orius majesculus* Reut. (Het., Anthociridae) on the acarid mite *Tyrophagus putrescentiae* [sic] Schr. as new alternative prey. J. Stored Prod. Res. 116: 113-117.
- Jones, G., A.M. Campbell, B.J. Bye, S.P. Maniar & A. Mudd. 1996.** Repellent and oviposition-deterrent effects of hop beta-acids on the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. Pestic. Sci. 47: 165-169.
- Kim, E.H., H.K. Kim & Y.J. Ahn. 2003a.** Acaricidal activity of plant essential oils against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). J. Asia-Pacific Entomol. 6: 77-82.
- Kim, E.H., H.K. Kim, D.H. Choi & Y.J. Ahn. 2003b.** Acaricidal activity of clove bud oil compounds against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). Appl. Entomol. Zool. 38: 261-266.
- Kim, H.K., J.R. Kim & Y.J. Ahn. 2004.** Acaricidal activity of cinnamaldehyde and its congeners against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). J. Stored Prod. Res. 40: 55-63.
- Krantz, G.W. 1955.** Some mites injurious to farm-stored grain. J. Econ. Entomol. 48: 754-755.
- Lale, N.E.S. 1995.** An overview of the use of plant products in the management of stored product Coleoptera in the tropics. Post Harvest News Inf. 6: 69-75.
- Lee, C.H., B.K. Sung & H.S. Lee. 2006.** Acaricidal activity of fennel seed oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored-food mite. J. Stored Prod. Res. 42: 8-14.
- Lorini, I. 1998.** Controle integrado de pragas de grãos armazenados. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 52p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 48).
- Machioni, F., P.L. Cioni, G. Flamini, I. Morelli, S. Perrucci, A. Franceschi, G. Macchioni & L. Ceccarini. 2002.** Acaricidal activity of pine essential oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored food mite. J. Agric. Food Chem. 50: 4586-4588.
- Martins, E.R., D.M. Castro, D.C. Castellane & J.E. Dias. 2000.** Plantas Mediciniais. Viçosa, UFV. 220p.
- Matsumoto, T., T. Hisano, M. Hamaguchi & T. Miike. 1996.** Systemic anaphylaxis after eating storage-mite contaminated food. Int. Arch. Allergy Immunol. 109: 197-2000.
- Menezes, E.L.A. 2005.** Inseticidas Botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Documentos 205, Embrapa, Seropédica/RJ, 32p.
- Mercado, D., L. Puerta & L. Caraballo. 2001.** Life-cycle of *Suidasia medanensis* (= *pontifica*) (Acari: Suidasiidae) under laboratory conditions in a tropical environment. Exp. Appl. Acarol. 25: 751-755.

- Miyazaki, Y. 1996.** Differences in susceptibilities of mites (*Dermatophagoides farina* and *Tyrophagus putrescentiae*), found in house dust, to exposure to several leaf oils. *Mokuzai Gakkaishi* 42: 532-533.
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de Acarologia, Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos Editora, 308p.
- Ndumu, P.A., J.B.D. George & M.K. Choudhury. 1999.** Toxicity of neem seed oil (*Azadiracta indica*) against the larvae of *Amblyomma variegatum* a three-host tick in cattle. *Phyther. Res.* 13: 532–534.
- Oconnor, B. 1982.** Acari: Astigmata, 146–169. In S. Parker (ed.), *Synopsis and Classification of Living Organisms*, McGraw-Hill, New York, v. 2, 1232p.
- Olsen, A.R. 1983.** Food-contaminating mites from imported foods entering the United States through southern California. *Int. J. Acarol.* 9: 189-193.
- Pontes, W.J.T. 2006.** Efeito de extratos vegetais e óleos essenciais de espécies nativas de Pernambuco sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 96p.
- Rajendran, S. & V. Sriranjini. 2008.** Plant products as fumigants for stored-product insect control. *J. Stored Prod. Res.* 44: 126–135.
- Ramakers, P.M.J. & M.J. van Lieburg. 1982.** Start of commercial production and introduction of *Amblyseius mckenziei* Sch. & Pr. (Acarina: Phytoseiidae) for the control of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in glasshouse. *Meded. Fac. Landbouw. Rijkuniv. Gent.* 47: 541-545.
- Rembold, H. 1989.** Azadirachtins: Their structure and mode of action, p. 150-163. In J.T. Arnason, B.J.R. Philogène & P. Morand (eds.), *Insecticides of plant origin*. ACS Symp. Ser. 387 American Chemical Society, Washington, DC, 212p.
- Rezk, H.A. 2000.** Mites associated with stored dried-dates in Egypt and the role of *Blattisocius keegani* Fox as a biological control agent. *Alexandria J. Agric. Res.* 45: 179-191.
- Roel, A.R. 2001.** Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o desenvolvimento rural sustentável. *Rev Int Desenv Local* 1: 43-50.
- Roff, D.A. 1991.** Life history consequences of bioenergetic and biomechanical constrains on migration. *Amer. Zool.* 31: 205-215.
- Sánchez Ramos, I. & P. Castañera. 2001.** Acaricidal activity of natural monoterpenes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), a mite of stored food. *J. Stored Prod. Res.* 37: 93-101.
- Sinha, R.B. 1979.** Role of Acarina in stored grain ecosystem, p. 263-273. In J.G. Rodríguez (ed.), *Recent Advances in Acarology*, Academic Press, New York, 530p.

- Sousa, J.M., M.G.C. Gondim Jr., R. Barros & J.V. de Oliveira. 2005.** Ácaros em produtos armazenados comercializados em supermercados e feiras livres da cidade do Recife. *Neotrop. Entomol.* 34: 303-309.
- Steinkraus, D.C. & E.A. Cross. 1993.** Description and life history of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Prostigmata: Acarophenacidae), an egg parasite of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 86: 239-249.
- Sudaram, K.M.S., R. Campbell, L. Sloane & J. Studens. 1995.** Uptake, translocation, persistence and fate of azadirachtin in aspen plants (*Populus tremuloides* Michx.) and its effect on pestiferous two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). *Crop Prot.* 14: 415-421.
- Szlendak, E., C. Conyers, J. Muggleton & B.B. Thind. 2000.** Pirimiphos-methyl resistance in two stored product mites, *Acarus siro* and *Acarus farris*, as detected by impregnated paper bioassay and esterase activity assays. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 45-54.
- van Bronswijk, J.E.M.H. & R.N. Sinha. 1973.** Role of fungi in the survival of *Dermatophagoides* (Acarina: Pyroglyphidae) in house-dust environment. *Environ. Entomol.* 2: 142-145.
- Vargas, M. & H. Mairena. 1991.** House dust mites from the metropolitan area of San Jose. Costa Rica. *Intern. J. Acarol.* 17: 141-144.
- Vendramim, J.D. 1997.** Uso de plantas inseticidas no controle de pragas, p. 64-69. In II Ciclo de Palestras sobre Agricultura Orgânica. Campinas, Fundação Cargil, 150p.
- Viegas Júnior, C. 2003.** Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Quim. Nova* 26: 390-400.
- Zdarkova, E. 1991.** Stored product acarology, p. 211-218. In F. Dusbabek & V. Bukva (eds.), *Modern Acarology*, Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, v. 1, 680p.
- Zdarkova, E. 1994.** The effectiveness of organophosphate acaricides on stored product mites interacting in biological control. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 747-751.
- Zdarkova, E. & R. Feit. 1999.** Biological control of stored mites on oilseeds using the mites predator *Cheyletus eruditus* (Schrank). *Pl. Prot. Sci.* 35: 136-138.
- Watanabe, F., S. Tadaki, M. Takaoka, S. Ishino & I. Morimoto. 1989.** Killing activities of the volatiles emitted from essential oils for *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae* and *Tyrophagus putrescentiae*. *Shoyakugaku Zassh.* 43: 163-168.

Weaver, D.K. & B. Subramanyam. 2000. Botanicals p. 303-320. In B. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 436p.

CAPÍTULO 2

TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) E *Suidasia pontifica* OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)¹

CARLA P. O. ASSIS², MANOEL G. C. GONDIM JR.², HERBERT A. A. SIQUEIRA² E CLÁUDIO A. G.
DA CÂMARA³

² Departamento de Agronomia-Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av.
Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900 Recife, PE.

³ Laboratório de Produtos Naturais Bioativos, Departamento de Química, Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900 Recife, PE.

¹ Assis, C.P.O., M.G.C. Gondim Jr., H.A.A. Siqueira & C.A.G. Câmara. Toxicidade de óleos essenciais sobre *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Suidasia pontifica* Oudemans. A ser submetido ao Journal of Stored Products Research.

RESUMO - O uso de óleos essenciais de plantas é uma alternativa ao controle de ácaros, como *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Suidasia pontifica* Oudemans, em ambientes fechados. A toxicidade dos óleos de folhas de *Cinnamomum zeylanicum* (Blume.), *Eugenia uniflora* (Berg.), *Eugenia uvalha* (Cambess.), *Melaleuca leucadendra* L., *Piper marginatum* (Jacq.) e *Schinus terebinthifolius* foi comparada a fosfina, produto normalmente utilizado em armazéns, através de testes de fumigação. Os ácaros foram colocados em gaiola telada, que permitia a passagem do ar, mas retinha os ácaros em seu interior. As gaiolas foram transferidas para câmaras de fumigação, com capacidade para 2L. Os óleos foram aplicados em tiras de papel de filtro e fixados na parte interna das câmaras. Estas foram fechadas e colocadas em incubadora. A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 48 horas. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e homoscedasticidade, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Os óleos de *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha* foram os mais tóxicos. Para estes e o eugenol, foram estabelecidas as CL₅₀ e CL₉₀ através da análise de Probit. As estimativas das curvas de concentração resposta indicaram eugenol como mais tóxico a *T. putrescentiae*, com CL₅₀ e CL₉₀ de 0,23 µL/ L e 14,51 µL/ L de ar, respectivamente. Para *S. pontifica*, a estimativa da CL₅₀ também indicou eugenol como mais tóxico, com CL₅₀ de 0,57 µL/ L de ar, no entanto a estimativa da CL₉₀ indicou *S. terebinthifolius* como mais tóxico, com CL₉₀ de 23,48 µL/ L de ar.

PALAVRAS-CHAVE: Acari, controle alternativo, grãos armazenados, fumigação, ácaros Astigmata

TOXICITY OF PLANT ESSENTIAL OILS TO *Tyrophagus putrescentiae* (SCHRANK) AND
Suidasia pontifica OUDEMANS (ACARI: ASTIGMATA)

ABSTRACT – The use plant-derived essential oils are an alternative for mite control, such as the *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) and *Suidasia pontifica* Oudemans, in confined environment. The toxicity of essential oils from *Cinnamomum zeylanicum*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uvalha*, *Melaleuca leucadendra*, *Piper marginatum* and *Schinus terebinthifolius* was compared, through fumigation tests, to that from phosphine, product usually applied in warehouses. Mites were enclosed in screened small cages, allowing ventilation but not mites escaping. The cages were transferred to fumigation glass chambers with 2L capacity. The oils were applied in filter paper straps and fixed at the interior of the chambers. The glass chambers were closed and held in incubator chambers. Mite mortality was assessed after 48 hours of exposure. The mortality data were submitted to normality test and homocedasticity, and the means compared by the Tukey's test at 5%. The oils from *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* and *E. uvalha* were the most toxic. The CL_{50} and CL_{90} estimates were established for these oils and the eugenol through Probit analysis. The estimates indicated the eugenol as the most toxic treatment towards *T. putrescentiae*, LC_{50} and LC_{90} equal to 0.23 $\mu\text{L/L}$ and 14,51 $\mu\text{L/L}$ of air, respectively. For *S. pontifica*, the LC_{50} estimate showed the eugenol as the most toxic treatment towards it with an LC_{50} estimate of 0.57 $\mu\text{L/L}$ of air. However, *S. terebinthifolius* was the most toxic treatment regarding the LC_{90} estimate, which was 23.48 $\mu\text{L/L}$ of air.

KEY WORDS: Acari, alternative control, stored grains, fumigation, Astigmata mites

Introdução

Alguns Astigmata (Acari) são importantes pragas de produtos armazenados (Flechtmann 1986). *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) e *Suidasia pontifica* Oudemans ocorrem freqüentemente em grãos, sementes e outros alimentos armazenados (Thind & Clarke 2001, Stejskal *et al.* 2003, Kucerova & Horak 2004, Hubert *et al.* 2006, Palyvos *et al.* 2008), principalmente em regiões de clima quente e úmido (Sánchez-Ramos e Castañera 2005). Estes ácaros têm preferência por produtos atacados por fungos (Parkinson *et al.* 1991, Hubert *et al.* 2003). Os Astigmata se reproduzem com rapidez, causando grandes perdas aos produtos armazenados, e como conseqüência influenciam negativamente a qualidade dos produtos, além de serem causadores de reações alérgicas em humanos (Kondreddi *et al.* 2006) e disseminadores de fungos toxicogênicos (Hubert *et al.* 2004).

As medidas de controle de ácaros em armazéns incluem a limpeza do ambiente e a aplicação de acaricidas (Eaton & Kells 2009). Organofosforados, como clorpirifós e pirimifós-metil, são recomendados para a proteção de grãos e ambientes de armazenamento (Zdarkova 1994). Outra forma de controle é através de atmosfera modificada (Conyers & Bell 2003) e produtos fumigantes como brometo de metila, fosfina e fluoreto de sulfurila (Jalil *et al.* 1970, Bowley & Bell 1981, Bell *et al.* 2004). Atualmente há poucos produtos comerciais específicos para o controle de ácaros em produtos armazenados, como a permetrina, piriproxifeno e benzoato de benzila (Hubert *et al.* 2007). No entanto, o repetido uso de produtos químicos tem resultado no surgimento de populações de ácaros resistentes, sobretudo de *T. putrescentiae* (Wilkin 1979, Stables 1984).

Diversos métodos de controle vêm sendo pesquisados, como alternativa ao uso dos acaricidas convencionais, dentre os quais se destaca o uso de pós e extratos botânicos e óleos essenciais de origem vegetal (Isman 2000, Brito *et al.* 2006, Lee *et al.* 2006). O uso de óleos

extraídos de plantas para controle de ácaros tem sido bastante estudado, sobretudo porque os compostos voláteis de muitos óleos essenciais como alcalóides, alcoóis, aldeídos, terpenóides e especialmente monoterpenóides exibem atividade fumigante (Watanabe *et al.* 1989, Sánches-Ramos & Castañera 2001, Macchioni *et al.* 2002, Kim *et al.* 2003a, Kim *et al.* 2003b). Por isso, esforços vêm sendo realizados na busca de óleos essenciais de plantas com potencial no controle de pragas de produtos armazenados (Gulati & Mathur 1995, Kim *et al.* 2003a, Kim *et al.* 2003b, Kwon & Ahn 2003).

As espécies *Cinnamomum zeylanicum* (Blume.), *Eugenia uniflora* (Berg.), *Eugenia uvalha* (Cambess.), *Melaleuca leucadendra* L., *Piper marginatum* (Jacq.) e *Schinus terebinthifolius* fazem parte da flora do Estado de Pernambuco e foram estudadas quanto ao potencial acaricida de seus óleos essenciais. O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito tóxico, através de testes de fumigação, dos óleos daquelas espécies sobre *T. putrescentiae* e *S. pontifica*.

Material e Métodos

Coleta de material vegetal e extração de óleos essenciais. Folhas de *C. zeylanicum*, *E. uniflora*, *E. uvalha*, *M. leucadendra*, *P. marginatum* e *S. terebinthifolius* foram coletadas no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (07°41'W, 34°56'S). Em seguida, foram levadas ao laboratório de Produtos Naturais Bioativos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e submetidas à hidrodestilação por 2h em aparelho tipo Clevenger modificado. Finalmente, os óleos foram separados da água com a adição de Na₂SO₄ e armazenados em recipientes fechados à baixa temperatura.

Criação de *T. putrescentiae* e *S. pontifica*. Os espécimes utilizados nos bioensaios foram obtidos da criação do Laboratório de Acarologia Agrícola do Departamento de Agronomia da UFRPE. Os

ácaros foram mantidos em frascos Erlenmeyer com ração Bonguy *Premium*, sabor carne, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Toxicidade dos óleos. Foi utilizada metodologia adaptada de Pontes *et al.* (2007) para se avaliar a atividade fumigante dos óleos essenciais das seis espécies de plantas estudadas. Recipientes de vidro transparente com capacidade para 2 L serviram como câmara de fumigação. Foram aplicadas doses de 0,0; 0,1; 1; 10 e 100 μL de cada óleo essencial, correspondente a concentrações de 0,00; 0,05; 0,5; 5 e 50 $\mu\text{L}/\text{L}$ de ar, respectivamente. Como comparativo, utilizou-se pastilhas de fosfina, na concentração de 2 pastilhas de 3g/ m^3 , que equivale a 3,42 mg de fosfina/ L de ar.

Os ácaros foram mantidos em uma gaiola plástica de 2,5 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura, cuja tampa era provida de um orifício de 1,3 cm de diâmetro coberto com uma tela, essa abertura permitia a penetração dos óleos, mas não a passagem dos ácaros. Em cada gaiola foi colocado um disco de papel de filtro de 2,4 cm de diâmetro, umedecido com água destilada, e sobre este um disco de folha de feijão de porco, *Canavalia ensiformes* L., de mesmo diâmetro. Foram transferidos 10 ácaros adultos para o interior de cada gaiola e colocados aproximadamente 100 μg de ração Bonguy *Premium* como alimento. Após montagem das arenas, estas foram transferidas para os recipientes de vidro (câmara de fumigação). Em cada recipiente de vidro foram colocadas três arenas e feitas três repetições, totalizando 90 ácaros por concentração. Os óleos foram aplicados em pedaços de papel de filtro (2x5 cm) fixados na parte inferior da tampa dos recipientes. Em seguida, os recipientes foram fechados e mantidas em câmara climática (B.O.D.), a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ de UR e fotofase 12h, até o momento da avaliação. A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 48 horas.

Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade e homoscedasticidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade pelo procedimento PROC ANOVA do programa estatístico SAS (SAS Institute 1989).

Curvas concentração-resposta. A partir dos dados de mortalidade do bioensaio anterior, curvas de concentração-resposta foram estabelecidas para os três óleos mais tóxicos e para eugenol, constituinte majoritário do óleo essencial da espécie *C. zeylanicum* (Tabela 1). A metodologia foi a mesma descrita anteriormente, com 3 repetições e 2 falsas repetições, totalizando 60 ácaros/concentração. As concentrações abrangendo respostas entre 0 e 100% de mortalidade. No controle não foi utilizado óleo essencial ou eugenol. As mortalidades foram avaliadas 48h após transferência para a B.O.D. e os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971) após correção (Abbott 1925) através do programa Polo-PC (LeOra Software 1989). Os valores de CL₅₀ e CL₉₀ para cada espécie foram estabelecidos com base na junção das repetições após análise pelo teste de igualdade de curvas (Robertson & Preisler 1992). As razões de toxicidade foram calculadas através do teste de razão letal (Robertson & Preisler 1992).

Resultados

Toxicidade dos óleos. Os óleos essenciais das folhas de *C. zeylanicum*, *E. uvalha*, *S. terebinthifolius*, *P. marginatum*, *M. leucadendra* e *E. uniflora* causaram mortalidade de aproximadamente 98, 87, 81, 58, 44 e 30%, respectivamente, a *T. putrescentiae* na concentração de 50 µL/ L de ar (Fig. 1A). *C. zeylanicum* causou mortalidade de 53 e 84%, nas concentrações de 0,5 e 5 µL/ L de ar, respectivamente e *E. uvalha* de 58% de mortalidade com 5 µL/L de ar. Os demais tratamentos de *M. leucadendra* e *E. uniflora* causaram mortalidades inferiores a 50%. Na concentração 0 µL/ L de ar, que corresponde ao controle, a mortalidade foi inferior a 5% para todos os óleos testados. A mortalidade foi de 100% no tratamento com 3,42 mg/ L de ar de fosfina (Fig. 1A).

Os óleos essenciais das folhas de *S. terebinthifolius*, *C. zeylanicum* e *E. uvalha* causaram mortalidades de aproximadamente 100, 93 e 62%, respectivamente, a *S. pontifica* na concentração

de 50 µL/ L de ar (Fig. 1B). *C. zeylanicum* causou mortalidades de 56 e 79%, nas concentrações de 0,5 e 5 µL/ L de ar, respectivamente e *S. terebinthifolius* 52% em 5 µL/ L de ar. Os demais tratamentos de *P. marginatum*, *M. leucadendra* e *E. uniflora* provocaram mortalidades inferiores a 50%. O tratamento controle causou mortalidade inferior a 10%. A mortalidade causada pela fosfina foi de 100% para *S. pontifica*.

Curvas concentração-resposta. O modelo de Probit se ajustou aos dados de mortalidade de *T. putrescentiae* e *S. pontifica* expostos aos óleos (χ^2 não significativo, $p > 0,05$). As estimativas da CL_{50} e CL_{90} indicaram eugenol como mais tóxico a *T. putrescentiae*, com CL_{50} de 0,23 µL/ L de ar e CL_{90} de 14,51 µL/ L de ar (Tabela 2). *C. zeylanicum* mostrou CL_{50} de 0,82 µL/ L de ar, enquanto para *S. terebinthifolius* foi de 8,25 µL/ L de ar e *E. uvalha* 3,71 µL/ L de ar. As razões de toxicidade de *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha* para *T. putrescentiae* variaram de 1,79 a 18,06 vezes menor que o eugenol quando os valores de CL_{50} foram comparados (Tabela 2). Os valores da CL_{90} para *T. putrescentiae* variaram de 14,51 a 193,10 µL/ L de ar, enquanto que as razões de toxicidade variaram entre 0,74 e 6,65 vezes (Tabela 2).

A estimativa da CL_{50} dos óleos testados também indicou eugenol como mais tóxico a *S. pontifica*, com CL_{50} de 0,57 µL/ L de ar, enquanto *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha* mostraram CL_{50} de 1,75; 4,87 e 11,09 µL/ L de ar, respectivamente. As razões de toxicidade dos óleos variaram de 3,09 a 19,53 vezes menos tóxicos que o eugenol. No entanto, a estimativa da CL_{90} indicou *S. terebinthifolius* como mais tóxico, com CL_{90} de 23,48 µL/ L de ar, enquanto eugenol, *C. zeylanicum* e *E. uvalha*, mostraram CL_{90} de 37,98; 79,40 e 535,9 µL/ L de ar, respectivamente (Tabela 2). As razões de toxicidade dos óleos variaram 1,61 a 22,76 vezes menos tóxicos que *S. terebinthifolius* (Tabela 2).

As curvas de concentração-mortalidade obtidas com os óleos essenciais de *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius*, *E. uvalha* e eugenol para as duas espécies de ácaros mostraram uma relação

concentração/dependente, sendo esta traduzida pelo aumento da mortalidade mediante elevação das concentrações (Fig. 2). Todos os tratamentos apresentaram coeficientes angulares baixos (curvas rasas), exceto o tratamento *S. terebinthifolius*, que apresentou coeficiente pelo menos duas vezes maior que os demais (Fig. 2).

Discussão

As atividades de óleos essenciais de plantas foram avaliadas neste estudo na busca de substâncias com potenciais de inserção no mercado para o controle de pragas de ambientes fechados, *T. putrescentiae* e *S. pontifica*, e como eventuais substitutos da fosfina, um inseticida/acaricida fumigante inorgânico que já tem confirmado alguns casos de resistência em pragas (Zettler *et al.* 1989). Três dos óleos testados apresentaram alta atividade às espécies de ácaros avaliadas, *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha*. Os demais óleos causaram mortalidades para estes ácaros abaixo de 50-60%, mesmo na maior concentração testada e, portanto, não foram considerados nos experimentos de suscetibilidade.

As atividades apresentadas pelos óleos de *C. zeylanicum*, *S. terebinthifolius* e *E. uvalha* estão provavelmente associadas à presença de seus constituintes majoritários, eugenol (Wang *et al.* 2009), *p*-Cimeno-7-ol (Silva *et al.* 2010) e óxido de cariofileno (Oliveira *et al.* 2007), respectivamente. Embora não tenha sido possível testar todos estes componentes na sua forma purificada, uma análise das curvas de concentrações-resposta para eugenol e do óleo de *C. zeylanicum* mostra que a toxicidade do óleo seja provavelmente uma ação do eugenol presente na sua composição, pois suas curvas de concentração-resposta foram muito similares. O uso do *p*-Cimen-7-ol (Silva *et al.* 2010) e do óxido de cariofileno (Oliveira *et al.* 2007) nas suas formas purificadas, em paralelo com os respectivos óleos, poderia possivelmente esclarecer também se estes componentes são os prováveis compostos tóxicos destes óleos. No entanto, vários outros

estudos têm mostrado que as toxicidades de óleos essenciais em geral estão associadas aos seus componentes principais (Tapondjou *et al.* 2002, Singh *et al.* 2003, Aslan *et al.* 2004a, Aslan *et al.* 2004b), o que sugere que as respostas dos óleos estejam potencialmente associadas aos componentes listados na Tabela 1. Apesar disso, testes toxicológicos com estes componentes ainda se fazem necessários para elucidar possíveis semelhanças nas respostas.

Os resultados de atividade demonstraram que uma relação dose-resposta existe para os óleos em maior ou menor extensão. Desta forma, curvas de dose-resposta foram estimadas para os óleos que apresentaram maior atividade nas maiores concentrações. Estas respostas foram variadas para os óleos e o eugenol em relação a cada uma das espécies de ácaros estudadas. Em geral, as CL₉₀s foram menores para *T. putrescentiae* comparado à *S. pontifica*, excetuando apenas o óleo de *S. terebinthifolius*, que foi aproximadamente duas vezes menos tóxico para *S. pontifica*. Isto sugere que as duas espécies de ácaros apresentam diferenças fisiológicas ou bioquímicas que possivelmente estão associadas a estas diferenças. Caso *S. pontifica* se apresentasse no geral como uma espécie mais tolerante do que *T. putrescentiae*, então seria esperado uma CL₅₀ para *S. pontifica* maior do que aquela para este último. O padrão de resposta foi similar com os valores de CL₉₀ para as duas espécies, apresentando apenas uma pequena diferença, ou seja, o óleo de *S. terebinthifolius* mostrou-se mais tóxico para *S. pontifica*, e desta forma, mais uma vez concordando com o mencionado acima. No entanto, estudos adicionais com os constituintes do óleo da espécie *S. terebinthifolius* e as duas espécies de ácaros seriam necessários para esclarecer estas diferenças de tolerâncias. Estes resultados demonstram que a atividade dos óleos essenciais nestes ácaros pode ser influenciada não apenas pela composição química de cada óleo (Kordali *et al.* 2006), mas também da suscetibilidade da espécie estudada.

Na avaliação da toxicidade de uma substância é necessário que se observe as respostas toxicológicas em vários aspectos. É muito usual a comparação de substâncias no aspecto

toxicidade através das CL_{50} s de suas curvas de dose resposta (Robertson & Preisler 1992). Contudo, o coeficiente angular das curvas também pode indicar aspectos da toxicodinâmica e toxicocinética de uma substância. Visto que o valor dos coeficientes angulares pode ser uma medida da sensibilidade da resposta de uma população ao produto testado, um valor alto do coeficiente de regressão dos dados de concentração-mortalidade indica um alto grau de sensibilidade e correlação entre concentração do óleo essencial e mortalidade. Neste estudo, *S. terebinthifolius* apresentou um coeficiente angular maior do que os demais óleos e do que o eugenol, apesar deste apresentar menores valores de CL_{50} para as espécies de ácaros. Do ponto de vista da rápida eliminação da praga, usando por exemplo uma dose que elimine pelo menos 99% da população, o *S. terebinthifolius* seria o óleo mais promissor. Estes valores das inclinações das retas de concentração-mortalidade de *T. putrescentiae* e *S. pontifica* maiores para o óleo de *S. terebinthifolius* sugerem também uma maior homogeneidade de resposta a este óleo. Isto sugere que este óleo pode ter ação sobre um alvo relativamente específico e de baixa variabilidade intrapopulacional.

Os coeficientes angulares das curvas dos óleos foram maiores se comparados com o do eugenol. Ao avaliar o óleo *C. zeylanicum*, cujo componente principal é o eugenol, sua curva foi mais inclinada do que para o eugenol puro, rendendo ao óleo um efeito tóxico mais rápido, apesar do eugenol provocar mortalidades em concentrações mais baixas. Isto sugere que os demais constituintes do óleo podem ter interagido de forma sinérgica ou aditiva com o eugenol, acelerando seus efeitos tóxicos. De fato, é frequentemente observado que a complexa composição química dos óleos essenciais são mais eficientes do que compostos puros (Don-Pedro 1996, Miresmailli *et al.* 2006, Singh *et al.* 2009). Combinações de compostos são em geral mais desejáveis, de vez que não somente o espectro de ação é aumentado, mas também porque várias pragas tornam-se mais suscetíveis a elas (Singh *et al.* 2009).

O efeito acaricida dos óleos essenciais selecionados está atribuído à ação destes na fase de vapor. Desta forma, os óleos podem ser tóxicos por penetrar o corpo dos ácaros através da cutícula, pois se acredita que a cutícula que recobre os ácaros Astigmata seja a única superfície respiratória desses (Moraes & Flechtmann 2008). Embora o modo de ação da grande maioria dos óleos essenciais não seja conhecido (Kim *et al.* 2004), a rápida ação de alguns óleos contra os ácaros é indicativa de uma ação neurotóxica (Isman 2006). A ação relativamente rápida do óleo de *S. terebinthifolius* poderia estar associada a uma resposta neurotóxica, contudo estudos adicionais são necessários para esclarecer esta hipótese. Há ainda evidências da interferência do neuromodulador octopamina para alguns óleos em insetos (Enan 2001, Kostyukovsky *et al.* 2002) e com GABA moduladores de canais de cloro (Priestley *et al.* 2003).

Apesar de o resultado salientar a variabilidade dos óleos essenciais sobre *T. putrescentiae* e *S. pontifica*, o futuro potencial de óleos essenciais de plantas como alternativa aos acaricidas sintéticos em produtos armazenados parece promissor, sobretudo pelo fato desses compostos serem mais facilmente registrados em relação aos inseticidas sintéticos. Além disso, o efeito fumigante, rápida degradação no ambiente, eficiência no controle de pragas e aparente segurança para mamíferos recobra a necessidade da continuidade de pesquisas com óleos essenciais. Porém, estudos adicionais sobre os aspectos toxicológicos, mudanças na qualidade dos produtos tratados com esses compostos (ex. cor, sabor e textura), relação custo/benefício do uso em larga escala, bem como a segurança no uso destes produtos, são necessários (Cloyd *et al.* 2009). Outros fatores requerendo atenção são o modo de ação acaricida e a formulação para melhorar particularmente a estabilidade dos produtos e potência.

Os óleos essenciais discutidos neste trabalho são possíveis alternativas para produtos convencionais sintéticos e podem fazer parte de nova geração de compostos biologicamente ativos com potencial para utilização no manejo sustentável de pragas em unidades de

armazenamento de produtos. Em particular, o óleo de *S. terebinthifolius* parece o mais promissor não somente por ser o mais tóxico nas concentrações que efetivamente controlariam a população, mas também por que faria isto de maneira mais rápida. Isto é muito importante para estes compostos, por que em geral eles não são muito estáveis e esta resposta rápida é particularmente desejada. No entanto, a utilização destes compostos depende ainda da avaliação de vários outros fatores como o custo-benefício, eficácia e segurança antes de sua liberação.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor, junto ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE. Ao Dr. Carlos H.W. Flechtmann pela identificação das espécies de ácaros estudados.

Literatura Citada

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265-267.
- Aslan, I., H. Ozbek, O. Calmasur & F. Sahin. 2004a.** Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia lahasi* Genn. *Ind. Crops Prod.* 19: 167–173.
- Aslan, I., H. Ozbek, S. Kordali, O. Calmasur & A. Cakir. 2004b.** Toxicity of essential oil vapours obtained from *Pistacia* spp. to the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *J. Pl. Dis. Protect.* 111: 400–407.
- Bell, C.H., N. Savvidou, T.J. Wontner-Smith, S.K. Cardwell & C. Bodle. 2004.** Development of sulphuryl fluoride as a fumigant for the milling industry. London, HGCA-Project-Report. (333): 67p.
- Bowley, C.R. & C.H. Bell. 1981.** The toxicity of twelve fumigants to three species of mites infesting grain. *J. Stored. Prod. Res.* 17: 83–87.

- 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. Biol. Cienc. Terra 6: 96-103.
- Cloyd, R.A., N.R. Timmons, J.M. Goebel & K.E. Kemp. 2009.** Effect of pesticides on adult rove beetle *Atheta coriaria* (Coleoptera: Staphylinidae) survival in growing medium. J. Econ. Entomol. 102: 1750-1758.
- Conyers, S.T. & C.H. Bell. 2003.** The effect of modified atmospheres on the survival of the eggs of four storage mite species. Exp. Appl. Acarol. 31: 115–130.
- Don-Pedro, K.N. 1996.** Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citrus peel oil components. Pestic. Sci. 46: 79–84.
- Eaton, M & S.A. Kells. 2009.** Use of vapor pressure deficit to predict humidity and temperature effects on the mortality of mold mites, *Tyrophagus putrescentiae*. Exp. Appl. Acarol. 47: 201-213.
- Enan E. 2001.** Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comp. Biochem. Physiol. 130C: 325–337.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis, A statistical Treatment of the Sigmoid Response Curve. University Press, Cambridge, 333p.
- Flechtmann, C.H.W. 1986.** Ácaros em produtos armazenados e na poeira domiciliar. FEALQ, Piracicaba, 97p.
- Gulati, R. & S. Mathur. 1995.** Effect of *Eucalyptus* and *Mentha* leaves and *Curcuma* rhizomes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acarina: Acaridae) in wheat. Exp. Appl. Acarol. 19: 511–518.
- Hubert, J., V. Stejskal, A. Kubatova, Z. Munzbergova, M. Vanova & E. Zdarkova. 2003.** Mites as selective fungal carriers in stored grain habitats. Exp. Appl. Acarol. 29: 69–87.
- Hubert, J., V. Stejskal, Z. Munzbergova, A. Kubatova, M. Vanovam & E. Zdarkova. 2004.** Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic. J. Econ. Entomol. 97: 2144–2153.
- Hubert, J., Z. Munzbergova, Z. Kucerova & V. Stejskal. 2006.** Comparison of communities of stored product mites in grain mass and grain residues in the Czech Republic. Exp. Appl. Acarol. 39: 149–158.
- Hubert, J., V. Stejskal, Z. Munzbergová, J. Hajslova & H. Arthur. 2007.** Toxicity and efficacy of selected pesticides and new acaricides to stored product mites (Acari: Acaridida). Exp. Appl. Acarol. 42: 283–290.
- Isman, M.B. 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19: 603-608.

- Isman, M.B. 2006.** The role of botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
- Jalil, M., I.J. Ross & J.G. Rodriguez. 1970.** Methyl bromide and phosphine as fumigants for some acarid mites. *J. Stored. Prod. Res.* 6: 33–37.
- Kim, E.H., H.K. Kim & Y.J. Ahn. 2003a.** Acaricidal activity of plant essential oils against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 6: 77-82.
- Kim, E.H., H.K. Kim, D.H. Choi & Y.J. Ahn. 2003b.** Acaricidal activity of clove bud oil compounds against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *Appl. Entomol. Zool.* 38: 261–266.
- Kim, H.K., J.R. Kim & Y.J. Ahn. 2004.** Acaricidal activity of cinnamaldehyde and its congeners against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *J. Stored Prod. Res.* 40: 55–63.
- Kondreddi, P.K., B.L. Elder, M.S. Morgan, D.L. Vyszynski-Moher & L.G. Arlian. 2006.** Importance of sensitization to *Tyrophagus putrescentiae* in the United States. *Ann. Allergy Asthma Immunol.* 96: 124.
- Kordali, S., I. Aslan, O. Calmasur & A. Cakir. 2006.** Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Ind. Crops Prod.* 23: 162–170.
- Kostyukovsky, M., A. Rafaeli, C. Gileadi, N. Demchenko & E. Shaaya. 2002.** Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Manag. Sci.* 58: 1101–1106.
- Kucerova, Z. & P. Horak. 2004.** Arthropod infestation in samples of stored seeds in the Czech Republic. *Czech J. Genet. Pl. Breed.* 40: 11–16
- Kwon J.H. & Y.J. Ahn. 2003.** Acaricidal activity of *Cnidium officinale* rhizome-derived butylidenephthalide against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *Pest Manag. Sci.* 59: 119-123.
- LeOra-Software, 2005.** Polo-plus, polo for windows, LeOra Software, Petaluma, CA.
- Lee, C-H., B-K. Sung & H-S. Lee. 2006.** Acaricidal activity of fennel seed oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored-food mite. *J. Stored. Prod. Res.* 42: 8–14.
- Macchioni, F., P.L. Cioni, G. Flamini, I. Morelli, S. Perrucci, A. Franceschi, G. Macchioni & L. Ceccarini. 2002.** Acaricidal activity of pine essential oils and their main components against *Tyrophagus putrescentiae*, a stored food mite. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4586–4588.

- Melo, R.M., V.S. Corrêa, A.C.L. Amorim, A.L.P. Miranda & C.M. Rezende. 2007.** Identification of impact aroma compounds in *Eugenia uniflora* L. (Brazilian Pitanga) leaf essential oil. *J. Braz. Chem. Soc.* 18: 179-183.
- Miresmailli, S., R. Bradbury & M.B. Isman. 2006.** Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest Manag. Sci.* 62: 366–371.
- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de Acarologia. Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos Editora, 308p.
- Oliveira, J.C.S., I.A. Neves, E.V. Sousa, L.L.D. Silva, M.O.E. Schwartz & C.A.G. da Câmara. 2007.** Composição química do óleo essencial de *Eugenia uvalha* Cambess. (Myrtaceae). Resumo expandido da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia, SP.
- Palyvos, N.E., N.G. Emmanouel & C.J. Saitanis. 2008.** Mites associated with stored products in Greece. *Exp. Appl. Acarol.* 44: 213–226
- Parkinson, D., N. Jamieson, J. Eborall & D.M. Armitage. 1991.** Comparison of the fecundity of three species of grain store mites on fungal diets. *Exp. Appl. Acarol.* 12: 297–302.
- Pontes, W.J.T., J.C.G. Oliveira, C.A.G. Câmara, A.C.H.R. Lopes, M.G.C. Gondim Júnior, J.V. Oliveira, R. Barros & M.O.E. Schwartz. 2007.** Chemical composition and acaricidal activity of the leaf and fruit essential oils of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae). *Acta Amazonica* 37: 103-110.
- Priestley, C.M., E.M. Williamson, K.A. Wafford & D.B. Sattelle. 2003.** Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABAA receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. *Br. J. Pharmacol.* 140: 1363–1372.
- Ramos, L.S., M.L. da Silva. A.I.R. Luz, M.G.B. Zoghbi & J.G.S. Maia. 1986.** Essential oil of *Piper marginatum*. *J. Nat. Prod.* 49: 712-741.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide Bioassays with Arthropods. Boca Raton, CRC Press, 127p.
- Sánchez-Ramos, I. & P. Castañera. 2001.** Acaricidal activity of natural monoterpenes on *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), a mite of stored food. *J. Stored. Prod. Res.* 37: 93–101.
- Sánchez-Ramos, I. & P. Castañera. 2005.** Effect of temperature on reproductive parameters and longevity of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). *Exp. Appl. Acarol.* 36: 93–105.
- SAS Institute** (Cary, United States). 1989. SAS/STAT user's guide: version 6. 4th ed. Cary, v.2.

- Silva, C.J., L.C.A. Barbosa, C.R.A. Maltha, A.L. Pinheiro & F.M.D. Ismail. 2007.** Comparative study of the essential oils of seven *Melaleuca* (Myrtaceae) species grown in Brazil. *Flavour Fragr. J.* 22: 474–478.
- Silva, A.B., T. Silva, E.S. Franco, S.A. Rabelo, E.R. Lima, R.A. Mota, C.A.G. da Câmara, N.T. Pontes-Filho & J.V. Lima-Filho. 2010.** antibacterial activity, chemical composition, and cytotoxicity of leaf's essential oil from brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius*, Raddi). *Braz. J. Microbiol.* 41: 158-163.
- Singh, G., O.P. Singh, M.P. De Lampasona & A.N. Cesar Catalan. 2003.** Studies on essential oils, Part 35: chemical and biocidal investigation on *Tagetes erecta* leaf volatile oil. *Flavour Fragr. J.* 18: 62–65.
- Singh, R., O. Koul, P.J. Rup & J. Jindal. 2009.** Toxicity of some essential oil constituents and their binary mixtures against *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.* 29: 93–101.
- Stables, L.M. 1984.** Effect of pesticides on three species of *Tyrophagus*, and detection of resistance to pirimiphosmethyl in *T. palmarum* and *T. putrescentiae*, p. 1026-1033. In D.A. Griffiths & C.E. Bowman (eds.), *Acarology VI*, v. 2, Ellis Horwood, Chichester, UK, 1296p.
- Stejskal, V., J. Hubert, Z. Kucerova, Z. Munzbergova, J. Lukas & E. Zdarkova. 2003.** The influence of type of storage on pest infestation of stored grain in the Czech Republic. *Pl. Soil Environ.* 49: 55–62.
- 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.
- Thind, B.B. & P.G. Clarke. 2001.** The occurrence of mites in cereal-based foods destined for human consumption and possible consequences of infestation. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 203–215.
- Zdarkova, E. 1994.** The effectiveness of organophosphate acaricides in stored product mites interacting in biological control. *Exp. Appl. Acarol.* 18: 747-751.
- Zettler, J.L., W.R. Halliday & F.H. Arthur. 1989.** Phosphine resistance in insects infesting stored peanuts in the southeastern United States. *J. Econ. Entomol.* 82: 1508-1511.
- Wang, R., R. Wang & B. Yang. 2009.** Extraction of essential oils from five cinnamon leaves and identification of their volatile compound compositions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 289–292.

Watanabe, F., S.I. Tadaki, M. Takaoka, M. Ishino & I. Morimoto. 1989. Killing activities of the volatiles emitted from essential oils for *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Dermatophagoides farinae* and *Tyrophagus putrescentiae*. Jpn. J. Pharmacol. 43: 163–168 (in Japanese).

Wilkin, D.R. 1979. The control of mites in cheese stores. p. 221-229. In J.G. Rodriguez (ed.), Recent Advances in Acarology, v. 1, Academic Press, New York, 375p.

Tabela 1. Constituintes majoritários dos óleos essenciais das espécies de plantas utilizadas para atividade acaricida contra *Tyrophagus putrescentiae* e *Suidasia pontifica*.

| Espécie | Família | Parte usada | Principais compostos majoritários | Referências |
|---------------------------------|---------------|-------------|--|-----------------------------|
| <i>Cinnamomum zeylanicum</i> | Lauraceae | Folha | Eugenol (79,7%), <i>trans</i> -cinamaldeído (16,2%), 3-Etoxy-hexa-1,5-dienil)-benzene (1,14%), 5-(2-Propenyl)-1,3-benzodioxol (0,47%) | Wang <i>et al.</i> 2009 |
| <i>Eugenia uniflora</i> | Myrtaceae | Folha | Furanodieno/furanoelemeno (50,2%), β -elemeno (5,9%), α -cadinol (4,7%), espatulenol (3,8%) | Melo <i>et al.</i> 2007 |
| <i>Eugenia uvalha</i> | Myrtaceae | Folha | Óxido de Cariofileno (52,27%), β -cariofileno (10,22%) e epóxido de Humuleno II (7,35%) | Oliveira <i>et al.</i> 2007 |
| <i>Melaleuca leucadendra</i> | Myrtaceae | Folha | Metil-eugenol (96,6%), <i>epi</i> - α -Cadinol (0,8%), α -Muurolol (0,5%), óxido de cariofileno (0,3%) | Silva <i>et al.</i> 2007 |
| <i>Piper marginatum</i> | Piperaceae | Folha | 3,4-Metilenopropiofenona (8,01%), β -Cariofileno (4,01%), γ -Elemeno (3,75%) | Ramos <i>et al.</i> 1986 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | Anacardiaceae | Folha | <i>p</i> -Cimen-7-ol (22,5%), óxido de cariofileno (5,2%), β -dehydro-Elsholtziona (4,6%), <i>m</i> -Cimen -8 -ol (4,1%), <i>cis</i> -Muurolo-4(14),5-dieno (3,5%) | Silva <i>et al.</i> 2010 |

Tabela 2. Toxicidade de óleos essenciais de plantas e do eugenol sobre *Tyrophagus putrescentiae* e *Suidasia pontifica*.

| Espécie | n ¹ | GL ² | χ^2 ³ | Inclinação ± EP ⁴ | CL ₅₀ (95%) ⁵ | RT ₅₀ ⁶ | CL ₉₀ (95%) ⁵ | RT ₉₀ ⁶ |
|---------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <i>Tyrophagus putrescentiae</i> | | | | | | | | |
| Eugenol | 780 | 5 | 6,21 | 0,71 ± 0,07 | 0,23 (0,10 – 0,51) | ---- | 14,51 (6,34 – 48,79) | ---- |
| <i>Cinnamomum zeylanicum</i> | 720 | 4 | 6,65 | 0,90 ± 0,07 | 0,82 (0,39 – 1,15) | 1,79 (0,85 – 3,76) | 21,57 (10,32 – 66,64) | 0,74 (0,32 – 1,70) |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 1260 | 5 | 3,57 | 1,58 ± 0,18 | 8,25 (6,87 – 9,66) | 18,06 (9,23 – 35,35)* | 53,31 (44,55 – 66,15) | 1,84 (0,92 – 3,70) |
| <i>Eugenia uvalha</i> | 1260 | 5 | 4,37 | 0,75 ± 0,05 | 3,71 (2,69 – 4,95) | 8,11 (3,95 – 16,64)* | 193,10 (123,13 – 337,84) | 6,65 (2,87 – 15,42)* |
| <i>Suidasia pontifica</i> | | | | | | | | |
| Eugenol | 840 | 5 | 6,7085 | 0,702 ± 0,059 | 0,57 (0,20 – 1,23) | ---- | 37,98 (16,93 – 115,71) | 1,61 (0,81 – 3,19) |
| <i>Cinnamomum zeylanicum</i> | 1260 | 5 | 6,4425 | 0,774 ± 0,049 | 1,75 (1,03 – 2,75) | 3,09 (1,59 – 6,02)* | 79,4 (44,93 – 168,34) | 3,37 (1,98 – 3,19)* |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 840 | 5 | 8,4304 | 1,875 ± 0,200 | 4,87 (2,83 – 7,00) | 8,57 (4,57 – 16,09)* | 23,48 (15,65 – 46,63) | ---- |
| <i>Eugenia uvalha</i> | 1260 | 5 | 8,4012 | 0,761 ± 0,060 | 11,09 (6,02 – 18,80) | 19,53 (10,04 – 37,99)* | 535,9 (232,4 – 2006,90) | 22,76 (11,58 – 44,74)* |

¹Número total de ácaros usados nos bioensaios.

²Graus de liberdade para teste de qui quadrado.

³Valor de qui-quadrado ($P > 0,05$).

⁴Erro padrão da média.

⁵Concentrações em $\mu\text{L}/\text{L}$ de ar.

⁶Razão de toxicidade calculada através do método de Robertson & Preisler (1992). * Razão de toxicidade significativa a 5%, intervalo não inclui o valor 1,0.

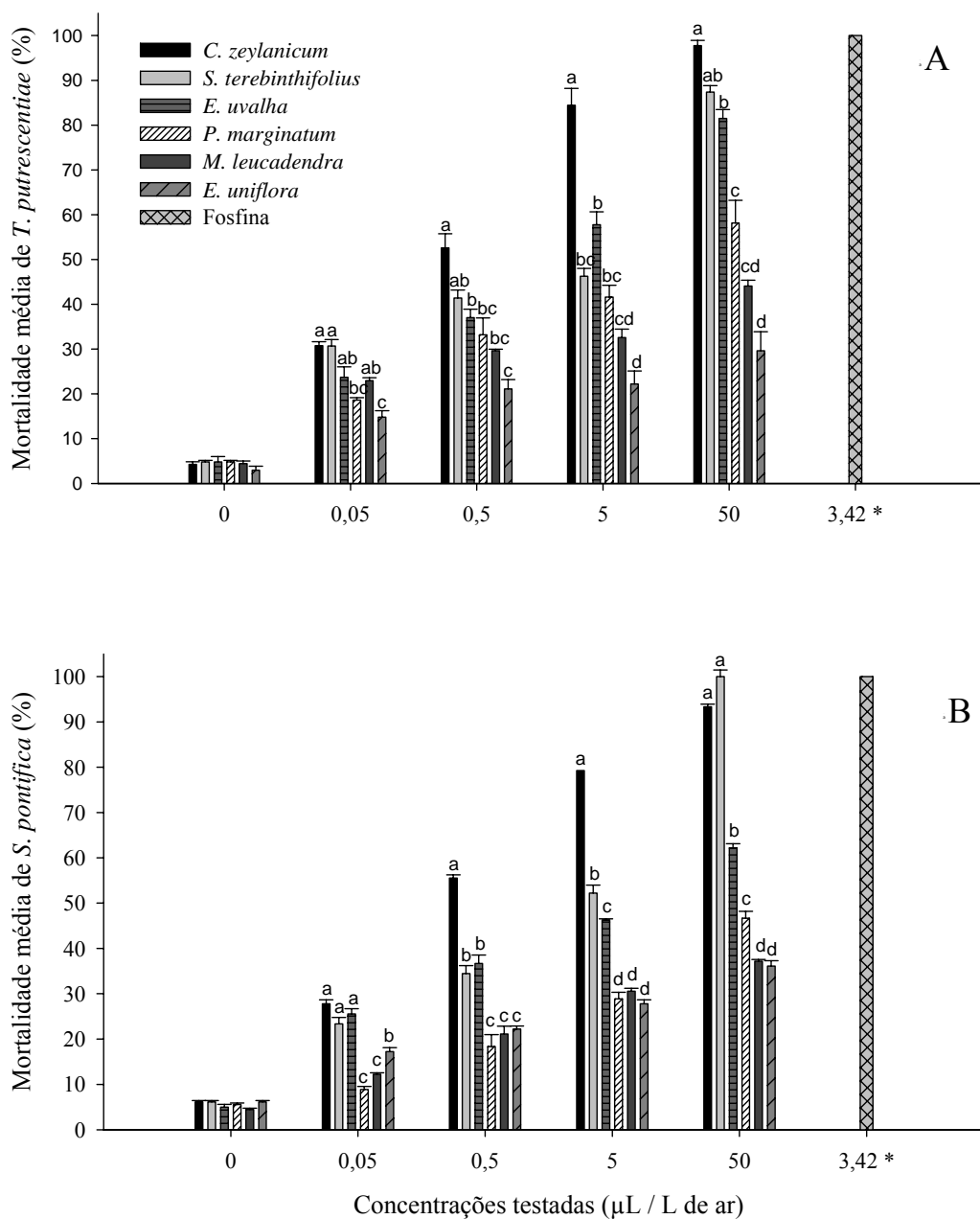


Figura 1. Média (+EP) da mortalidade de *T. putrescentiae* (A) e *S. pontifica* (B) aos óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uvalha*, *Melaleuca leucadendra*, *Piper marginatum* e *Schinus terebinthifolius* e Eugenol. n= 270 ácaros/concentração/tratamento. * mg/L de ar. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

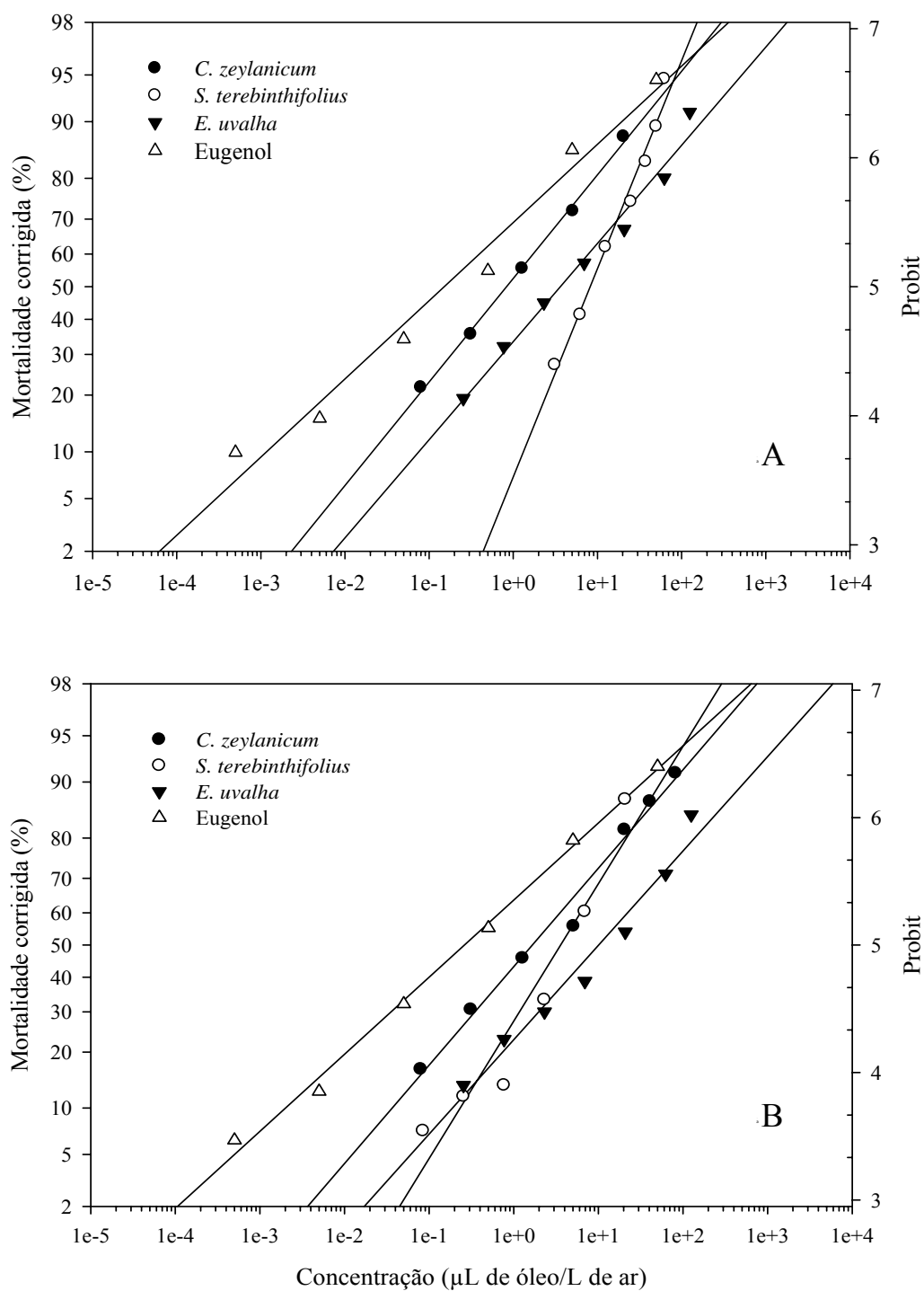


Figura 2. Curvas de concentração-mortalidade do eugenol e dos óleos de *Cinnamomum zeylanicum*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uvalha*, *Melaleuca leucadendra*, *Piper marginatum* e *Schinus terebinthifolius* sobre *Tyrophagus putrescentiae* (A) e *Suidasia pontifica* (B).