

Composição química e toxicidade do óleo essencial de eucalipto sobre o ácaro-rajado

Lauana Pellanda de Souza*¹, Hugo Bolsoni Zago², Patrícia Fontes Pinheiro²,
Wilson Rodrigues Valbon¹, Vitor Zuim¹, Dirceu Pratissoli²

¹Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil

²Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, Brasil

*Autor correspondente, e-mail: lauanaps@hotmail.com

Resumo

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) é uma praga polífaga e causa grandes prejuízos à agricultura brasileira. O controle dessa praga geralmente é realizado por produtos de origem sintética. Com tudo, os óleos essenciais com propriedade acaricida, podem ser considerados uma alternativa no controle desta praga. Assim, os objetivos deste trabalho foram identificar a composição química e avaliar a toxicidade por fumigação do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson sobre *T. urticae*. A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação, utilizando-se equipamento do tipo Clevenger. A identificação dos compostos foi feita pela comparação dos espectros de massas obtidos com os padrões disponíveis no banco de dados da espectroteca Willey 330.000 e pelo índice de Kovats (IK) calculado para cada componente. Fêmeas adultas do ácaro-rajado foram submetidas às doses de 3,57; 7,14; 10,71; 14,28 e 17,85 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar do óleo essencial em câmaras de fumigação por 24, 48 e 72h. Posteriormente, a concentração letal (CL_{50}) do óleo essencial foi estimada. Foram identificados dez compostos, sendo o citronelal (68,20%) o composto presente em maior quantidade. As CL_{50} encontradas após 24, 48 e 72 h de exposição ao óleo essencial foram, respectivamente, de 17,55, 17,00 e 10,50 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e a fecundidade das fêmeas de *T. urticae* sofreu reduções com o aumento das concentrações utilizadas.

Palavras-chave: *Eucalyptus citriodora*, fumigação, *Tetranychus urticae*

Chemical composition and toxicity of eucalyptus essential oil on spotted spider mite

Abstract

The spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) is a polyphagous pest which causes extensive damage to Brazilian agriculture. The control of this pest is usually performed by synthetic origin products. Thus, the essential oils with acaricide property can be resources considered as an alternative to control this pest. The objective of this study was to identify the chemical composition and evaluate the fumigation toxicity of *Eucalyptus citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson essential oil on *T. urticae*. The essential oil extraction was performed by hydrodistillation, using a Clevenger type apparatus. The compounds identification was made comparing the obtained mass spectra with the available spectra in the database of the spectral library Willey 330,000 and by the Kovats index (IK), calculated for each compound. Adult female spotted spider mite were subjected to doses of 3.57, 7.14, 10.71, 14.28 and 17.85 $\mu\text{L L}^{-1}$ of the essential oil air in fumigation chambers during 24, 48 and 72 hours. Subsequently, lethal concentration (LC_{50}) of the essential oil was estimated. Ten compounds were identified, being the citronellal (68.20%) the major compound. The LC_{50} value observed after 24, 48 and 72 hours of exposure to essential oil were 17.55, 17.00 and 10.50 $\mu\text{L L}^{-1}$ of air, respectively, and the fecundity of *T. urticae* females reduced with an increase of the used concentrations.

Keywords: *Eucalyptus citriodora*, fumigation, *Tetranychus urticae*

Recebido: 27 Outubro 2015
Aceito: 21 Abril 2016

Introdução

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) está presente em grande parte do mundo e possui muitas plantas hospedeiras, aproximadamente 1100 espécies distribuídas em 70 gêneros (Grbic et al., 2011). Causa prejuízo em diversas culturas de valor econômico, principalmente em frutíferas, ornamentais e hortaliças (Moraes & Flechtmann, 2008). Em especial no morangueiro, essa praga apresenta rápido desenvolvimento e alto potencial reprodutivo, com isso, atinge elevado nível de infestação (Nyoike & Liburd, 2013).

Em decorrência do rápido prejuízo ocasionado pelo ácaro-rajado, geralmente adota-se o controle químico, e esse, apesar de eficiente, pode acarretar o surgimento de populações resistentes aos acaricidas, elevados índices de resíduos nos produtos alimentícios, contaminações ambientais e impactos negativos à saúde humana (Grützmacher et al., 2008; Peixoto et al., 2009; Sato et al., 2009; Ferreira et al., 2015). Mediante a esses problemas, pesquisas estão sendo realizadas com objetivo de empregar produtos de origem botânica no manejo de pragas (Ootani et al., 2011; Roh et al., 2013; Zandi-Sohani & Ramezani, 2015; Souza et al., 2015).

Diversas plantas vêm sendo estudadas como potenciais ferramentas no controle de insetos e ácaros-praga, e os óleos essenciais de algumas dessas plantas possuem comprovada atividade acaricida (Choi et al., 2004; Olivero-Verbel et al., 2010; Motazedian et al., 2012). Dentre os benefícios da utilização dos óleos essenciais no controle de pragas está o fato de alguns desses óleos oferecem menores risco ao homem e maior biodegradabilidade no ambiente quando comparados aos produtos sintéticos (Dayan et al., 2009).

Dentre as plantas com potencial para produção de óleos essenciais com atividade praguicida, merecem destaque as espécies da família Myrtaceae, em especial as do gênero *Eucalyptus*, que além de apresentarem boa adaptação as condições climáticas do Brasil, possuem também elevada produção de óleo essencial (Estanislau et al., 2001; Castro et al., 2008).

Várias propriedades biológicas já foram atribuídas ao gênero *Eucalyptus*, entre elas atividade inseticida contra besouros (Brito et al., 2006), ação repelente contra *Phlebotomus papatasi* (Yaghoobi-Ershadi et al., 2006), além de repelência e atividade acaricida contra *T. urticae* (Lim et al., 2012; Roh et al., 2013). No Brasil, as principais espécies de *Eucalyptus* usadas para a produção de óleos essenciais comerciais são *E. staigeriana*, *E. citriodora* e *E. globulus* (Vitti & Brito, 2003).

Mediante ao exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar a composição química e avaliar a toxicidade por fumigação do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* sobre *Tetranychus urticae*.

Material e Métodos

A extração do óleo essencial e os bioensaios foram realizados no setor de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI) no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

Obtenção e multiplicação de *Tetranychus urticae*

A população de *T. urticae* utilizada nos bioensaios foi estabelecida a partir de coletas em plantios de morango no município de Guaçuí - ES (20° 46' 36,48" S e 41° 40' 37,92" O) e a criação foi mantida a 25 ± 1 °C, U.R. 70 ± 10% e fotofase de 12 h, em plantas de feijão-deporco (*Canavalia ensiformes* L. DC, Fabaceae) que eram substituídas a cada cinco dias.

Obtenção e identificação dos compostos existentes no óleo essencial

Folhas frescas de *Eucalyptus citriodora* foram coletadas no período matutino, no município de Alegre, Sul do Espírito Santo, Brasil, entre os meses de março e novembro de 2012.

A extração do óleo essencial foi realizada por hidrodestilação, utilizando-se equipamento do tipo Clevenger. Em um balão de fundo redondo (3 L) foram adicionados 100 g de planta fresca, triturada manualmente, e 1,5 L de água destilada. Após destilação por 3 horas

foi recolhido 100 mL de hidrolato (água + óleo).

O óleo foi então extraído da fase aquosa com funil de separação, utilizando pentano como solvente. Foram realizadas três extrações com 30 mL de solvente cada e então adicionado sulfato de sódio anidro à fase orgânica, com o objetivo de remover a água presente. A fase orgânica foi filtrada e o solvente removido em evaporador rotativo. O óleo essencial foi acondicionado em frasco escuro envolto por papel laminado e armazenado em refrigerador a 4 °C, para que mantivesse as características originais até a análise e utilização no bioensaio. O rendimento do óleo essencial foi calculado dividindo-se a massa do material fresco pelo volume de óleo extraído.

O óleo essencial foi analisado por cromatografia em fase gasosa (CG) em equipamento Shimadzu GC-2010 Plus, equipado com detector de ionização de chama (DIC) de hidrogênio e coluna capilar Rtx-5MS, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio. A temperatura inicial da coluna foi de 60 °C, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 240 °C. As temperaturas do injetor e do detector foram fixadas em 240 e 250 °C, respectivamente. Uma quantidade de 10 mg do óleo foi diluída em 1 mL de diclorometano, sendo que 1 µL dessa solução foi usado na injeção.

A identificação dos compostos do óleo essencial foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-EM), em equipamento com detector seletivo de massa, modelo QP-PLUS-2010 (Shimadzu). A coluna cromatográfica utilizada foi a capilar de sílica fundida com fase estacionária Rtx-5MS, de 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno, utilizando hélio como gás de arraste. As temperaturas foram de 220 °C no injetor e 300 °C no detector. A programação de temperatura no forno foi a mesma utilizada nas análises por CG-DIC.

A identificação dos compostos foi feita pela comparação dos espectros de massas obtidos com os disponíveis no banco de dados da espectroteca Willey 330.000 e pelo índice de

Kovats (IK) calculado para cada componente (Adams, 2007).

O percentual relativo de cada composto foi calculado através da razão entre a área integral de seus respectivos picos e a área total de todos os constituintes da amostra, dados estes obtidos pelas análises realizadas no cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama.

Avaliação da atividade acaricida por fumigação

A metodologia para avaliar a ação fumigante do óleo essencial sobre *T. urticae* foi realizada segundo Souza et al. (2015). O teste de fumigação foi realizado submetendo fêmeas adultas do ácaro-rajado às doses de 3,57; 7,14; 10,71; 14,28 e 17,85 µL L⁻¹ de ar, em câmaras de fumigação por 24, 48 e 72 h. Nada foi aplicado no controle. Cada câmara de fumigação foi composta por um recipiente de vidro com volume de 1,4 L. No interior da câmara foram colocados três recipientes de vidro com volume de 10 mL contendo água, que serviam de suporte para um disco de folha de feijão-de-porco de 2,5 cm fixado pelo pecíolo com auxílio de algodão hidropônico. Para cada disco de feijão-de-porco foram transferidas dez fêmeas adultas de *T. urticae*.

Na borda superior da câmara de fumigação foi afixada uma fita de 2 cm x 5 cm de papel filtro onde foi depositado o óleo essencial com auxílio de pipetador automático. Após a aplicação do óleo, a parte superior da câmara de fumigação foi vedada com quatro camadas de plástico tipo PVC e as câmaras acondicionadas em ambiente controlado com temperatura de 25 ± 1 °C, umidade relativa do ar de 70 ± 10% e fotofase de 12 h.

Para cada concentração e tempo de exposição ao óleo essencial foram realizadas nove repetições, sendo cada repetição composta por um disco de feijão-de-porco contendo dez fêmeas adultas de *T. urticae*.

As avaliações foram feitas ao final de 24, 48 e 72 h. O delineamento do experimento foi inteiramente casualizado (DIC) e as avaliações foram realizadas contando-se o número de ácaros mortos (incapazes de caminhar uma

distância superior ao comprimento do corpo após um leve toque com pincel de cerdas finas, nº 000). A fecundidade foi avaliada pela contagem do número de ovos presentes no disco de folha.

Análises Estatísticas

A CL_{50} foi estimada submetendo-se os dados de mortalidade a análise de Probit (Robertson et al., 2007). Os dados de fecundidade foram submetidos à análise de regressão, com auxílio do programa estatístico Assistat, versão 7.6 Beta.

Resultados e Discussão

Identificação dos compostos existentes no óleo essencial

O óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* apresentou rendimento de 2,9% ($m\ m^{-1}$) da massa fresca e foram encontradas onze substâncias compondo o óleo analisado, porém uma das substâncias, que representa 8,69% da amostra, não pode ser identificada pela biblioteca do aparelho. O composto majoritário encontrado foi o citronelal, com 68,20%, seguido do neo-isopulegol, com 10,58% (Tabela 1).

A composição química do óleo

Tabela 1. Composição química do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora*

TR (min)	Área (%)	IK (Cal.)	IK (Tab.)	Composto Identificado
8,95	1,18	1037	1026	Eucaliptol (1,8-cineol)
9,99	0,25	1061	1054	γ -terpinene
11,62	0,36	1094	1095	Linalol
13,54	10,58	1138	1144	Neo-isopulegol
13,93	68,20	1146	1148	Citronelal
14,57	0,60	1160	1155	Iso-isopulegol
15,56	0,24	1179	1186	α -terpineol
17,19	8,69	1211	-	N.I.*
21,86	7,02	1307	-	Acetato de α -terpenila*
22,81	2,84	1329	-	Acetato de citronelita*
24,61	0,04	1368	-	Phosphoryl fluoride*

TR= Tempo de Retenção em minutos; IK (cal.) = Índice de Kovats calculado; IK (tab.) = Índice de Kovats tabelado.

*Composto identificado somente pela biblioteca do aparelho. 'N.I.' = composto não identificado.

essencial estudado corrobora com os resultados encontrado por Ootani et al. (2011), que observaram 61,78% de citronelal e 15,58% de Isopulegol presentes no óleo essencial de *E. citriodora*. Também Han et al. (2011), analisando o óleo essencial da mesma espécie, encontraram 65,94% de citronelal.

O rendimento do óleo essencial estudado apresentou-se inferior ao encontrado por Estanislau et al. (2001), que observaram um rendimento de 4% de óleo essencial da mesma espécie em plantas cultivadas no estado de Goiás. Castro et al. (2008), estudaram o *E. citriodora* no estado de Minas Gerais e observaram que o rendimento do óleo essencial desta planta variou de 2,56 a 6,15% de acordo com o local e a época de coleta das plantas. Em estudo similar Chalchat et al. (2001), encontraram rendimentos de 1,0% a 2,6% de óleo essencial em plantas de *E. citriodora* cultivadas na Tailândia e de 0,8% a 1,3% em plantas cultivadas no Marrocos e em Israel.

De acordo com Castro et al. (2008), além do rendimento, a composição e a concentração de cada composto podem variar conforme o local e a época de coleta das plantas. Estes mesmos autores observaram uma redução no teor de citronelal de 10% de fevereiro para agosto e alguns compostos presentes no óleo oriundo de plantas coletadas em agosto, como o β -pineno (0,58%), deixam de compor o óleo extraído de plantas coletadas em fevereiro na mesma localidade. Além do local e da época de colheita, a composição dos óleos essenciais pode sofrer influência de fatores como solo, clima e adubação. Carvalho et al. (2005), comparando o rendimento do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* submetido a diferentes tipos de adubação, demonstraram que o tratamento com adubação orgânica gerou um rendimento do óleo superior ao tratamento com adubação convencional.

Os tempos de retenção das substâncias encontradas no óleo essencial estudado

variaram de 8,95 a 24,61 minutos. Em testes de fumigação, onde não ocorre o contato direto do óleo essencial com a praga, deve-se dedicar uma atenção especial ao tempo de retenção dos compostos químicos encontradas em sua composição. O tempo de retenção está diretamente relacionado à velocidade que um composto demora a ser volatilizado no ambiente e, conseqüentemente, entrar em contato com a

praga.

Atividade fumigante do óleo essencial sobre *T. urticae*

Os valores de inclinação das curvas de concentração-resposta (CL_{50}) calculados para o óleo essencial de *E. citriodora* sobre *T. urticae* estão descritos na Tabela 2, com os respectivos intervalos de confiança.

Tabela 2. Inclinação das curvas de concentração letal (CL_{50}) do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* sobre *Tetranychus urticae*.

T ¹ (h)	N ²	Inclinação ± EP ³	CL ₅₀ (µL.L ⁻¹) (IC α 95%) ⁴	GL ⁵	χ ²⁽⁶⁾
24	450	3,48 ± 0,63	17,55 (15,94 – 20,51)	3	0,51
48	450	4,80 ± 0,99	17,00 (15,23 – 20,20)	3	0,10
72	450	6,32 ± 0,90	10,50 (7,41 – 12,24)	3	5,18

¹Tempo de exposição ao óleo; ²Número de ácaros usados no teste; ³Erro padrão; ⁴Intervalo de confiança das CL_{50} a 95% de probabilidade; ⁵Número de graus de liberdade; ⁶Teste qui-quadrado.

Os valores de inclinação das curvas de concentração letal do óleo essencial de *E. citriodora* sobre *T. urticae* mostraram-se diretamente proporcionais ao tempo de exposição ao óleo essencial. A inclinação da curva determina a variabilidade genética da população de insetos em relação a mortalidade provocada pelo óleo. Assim, menores valores de inclinação da reta indicam maior variabilidade genética, sugerindo a presença de mais de um genótipo na população testada, podendo resultar em maiores índices de resistência da população ao produto utilizado (Kerns & Gaylor, 1992).

Foi observado redução na CL_{50} do óleo essencial de *E. citriodora* de 17,00 para 10,50 µL L⁻¹ de ar, com o aumento do tempo de exposição ao óleo de 48 para 72 h. Essa redução na CL_{50} do óleo essencial é importante na sua possível utilização no manejo do ácaro-rajado, uma vez que a menor dose do óleo seria capaz de controlar a infestação com eficiência, no entanto, necessitaria de maior período de exposição da população ao óleo.

Em estudo com o óleo essencial de *Eucalyptus globulus* e *E. citriodora*, Choi et al. (2004) também observaram efeito desses óleos sobre a mortalidade de *T. urticae*. De acordo com os autores, *E. citriodora* apresentou maior toxicidade, sendo que 9,3 µL L⁻¹ de ar do óleo foi capaz de controlar 99,0% da população da praga, enquanto que para *E. globulus* foram

necessários 19,0 µL L⁻¹ de ar para controlar 89,0% da população.

Investigações prévias em relação ao potencial inseticida e acaricida de óleos essenciais de diferentes plantas têm mostrado, em geral, que a toxicidade apresentada está relacionada aos componentes majoritários dos óleos essenciais, que no caso do *E. citriodora* é o monoterpene citronelal (68,20%), conhecido possuidor de atividades acaricidas (Han et al., 2011; Ootani et al., 2011). No entanto, não se devem descartar o possível efeito dos compostos presentes em menores quantidades no óleo essencial e até mesmo a ocorrência de efeito sinérgico entre compostos presentes em maior e menor quantidades. Estudos realizados por Han et al. (2011), demonstram que após 24 horas de exposição, o acetato de citronelol obteve CL_{50} de 16,8 µg cm³ e o citronelal de 33,9 µg cm⁻³, esses presentes no óleo essencial de *E. citriodora* em percentuais de 2,2 e 65,94%, respectivamente. Assim, mesmo os compostos químicos presentes em menor quantidade nos óleos essenciais podem ser importantes fontes de estudo para a produção de acaricidas.

A fecundidade de *T. urticae*, obtida pelo número de ovos por fêmea, foi inversamente proporcional à concentração utilizada nos três tempos de exposição à fumigação (Figura 1).

No presente estudo, além de mortalidade, o óleo essencial de *E. citriodora*

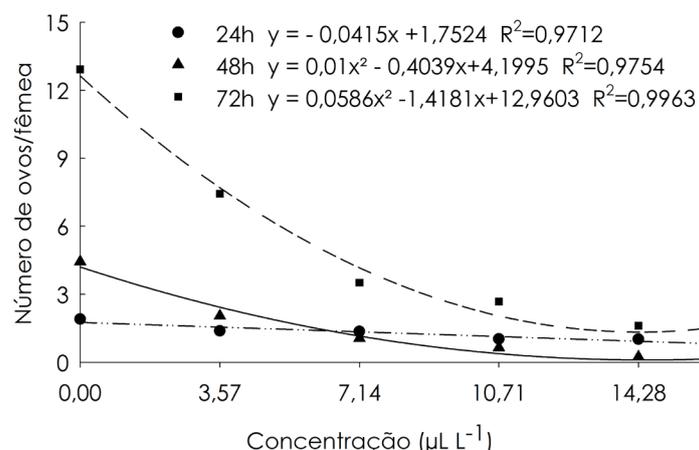


Figura 1. Fecundidade de *T. urticae* com 24, 48 e 72 horas de exposição ao óleo essencial de *E. citriodora*.

apresentou redução da fecundidade de *T. urticae* (Figura 1). O mesmo foi observado por Roh et al. (2013), em teste de imersão com óleos essenciais de *Eucalyptus bicostata*, *E. maidenii*, *E. sideroxylon*, *E. approximans* a 5% (5 ml L⁻¹) para o mesmo ácaro. Óleos essenciais de outras espécies de plantas também promovem redução da fecundidade de *T. urticae*. Folhas e frutos de *Xylopiia sericea* (Annonaceae) e *Protium heptaphyllum* (Burceraceae), promoveram reduções na oviposição de *T. urticae* à medida que as concentrações do óleo foram aumentadas até 10 µL L⁻¹ de ar (Pontes et al., 2007a; Pontes et al. 2007b).

Os monoterpenos, como os encontrados no óleo essencial de *E. citriodora*, vêm sendo citados na literatura como responsável para inibição do crescimento, maturação prejudicada, reduzida capacidade de reprodução, supressão do apetite e morte de insetos (Viegas Júnior, 2003). Apesar do mecanismo de ação dos monoterpenos no organismo dos insetos e ácaros ser desconhecida, Coats et al. (1991) afirmam que a atividade praguicida se deve provavelmente a ação neurotóxica apresentada por estas substâncias.

Testes futuros devem ser realizados, principalmente a campo, no sentido de estudar o mecanismo de ação dos constituintes dos óleos essenciais e seu efeito sobre a cultura, o homem e o ambiente.

Conclusões

Foram encontradas onze substâncias compondo o óleo essencial de *E. citriodora* e o composto presente em maior quantidade é o citronelal (68,20%).

Os resultados indicam que o óleo essencial de *E. citriodora* possui efeito acaricida, podendo ser usado via fumigação contra o ácaro-rajado e em pequenas doses reduz a fecundidade das fêmeas.

Referências

- Adams, R.P. 2007. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. 4 ed. Allured Publishing Corp, Carol Stream, USA. 804p.
- Brito, J.P., Oliveira, J.E.M., Bortoli, S.A. 2006. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6: 96–103.
- Carvalho, C.M., Costa, C.P.M., Sousa, J.S., Silva, R.H.D., Oliveira, C.L., Paixão, F.J.R. 2005. Rendimento da produção de óleo essencial de capim-santo submetido a diferentes tipos de adubação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 5: 96–103.
- Castro, N.E.A., Carvalho, M.G., Pimentel, F.A., Correa, R.M., Guimarães, L.G.L. 2008. Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook colhidas em diferentes municípios de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 10: 70-75.

- Chalchat, J.C., Kundakovic, T., Gorunovic, M.S. 2001. Essential oil the leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, Myrtaceae from Jerusalem. *Journal of Essencial Oil Research* 13: 105-107.
- Choi, W.I., Lee, S.G., Park, H.M., Ahn, Y.J. 2004. Toxicity of Plant Essential Oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology* 97: 553-558.
- Coats, J.R., Karr, L.L., Drewes, C.D., 1991. Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids in insects and earthworms. *American Chemical Society Symposium Series* 449: 306-316.
- Dayan, F.E., Cantrell, C.L., Duke, S.O. 2009. Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17: 4022-4034.
- Estanislau, A.A., Barros, F.A.S., Peña, A.P., Santos, S.C., Ferri, P.H., Paula, J.R. 2001. Composição química e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de cinco espécies de *Eucalyptus* cultivada em Goiás. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 11: 95-100.
- Ferreira, C.B.S., Andrade, F.H.N., Rodrigues, A.R.S., Siqueira, H.A.A., Gondim Júnior, M.G.C. 2015. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. *Crop Protection* 67: 77-83.
- Grbic, M., van Leeuwen, T., Clark, R.M., Rombauts, S., Rouzé, P., Grbic, V., Osborne, E.J., Dermauw, W., Ngoc, P.C.T., Ortego, F., Crespo, P.H., Diaz, I., Martinez, M., Navajas, M., Sucena, É., Magalhães, S., Nagy, L., Pace, R.M., Djuranovic, S., Smagghe, G., Iga, M., Christiaens, O., Veenstra, J.A., Ewer, J., Villalobos, R.M., Hutter, J.L., Hudson, S.D., Velez, M., Yi, S.V., Zeng, J., da Silva, A.P., Roch, F., Cazaux, M., Navarro, M., Zhurov, V., Acevedo, G., Bjelica, A., Fawcett, J.A., Bonnet, E., Martens, C., Baele, G., Wissler, L., Rodriguez, A.S., Tirry, L., Blais, C., Demeestere, K., Henz, S.R., Gregory, T.R., Mathieu, J., Verdon, L., Farinelli, L., Schmutz, J., Lindquist, E.E., Feyerisen, R., de Pee, Y.V., 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature* 479: 487-492.
- Grützmaker, D. D., Grützmaker, A. D., Agostinetto, D., Loock, A.E., Roman, R., Peixoto, S.C., Zanella, R. 2008. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12: 632-637.
- Han, J., Kim, S., Choi, B.R., Lee, S.G., Ahn, Y.J. 2011. Fumigant toxicity of lemon eucalyptus oil constituents to acaricide-susceptible and acaricide-resistant *Tetranychus urticae*. *Pest Management Science* 67: 1583-1588.
- Kerns, D.L., Gaylor, M.J. 1992. Insecticide resistance in field populations of the cotton aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 85: 1-8.
- Lim, E., Lee, B.H., Park, C.G. 2012. Fumigant activity of essential oils and their components from *Eucalyptus codonocarpa* and *E. dives* against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at three temperatures. *Journal of Applied Entomology*. 136: 698-703.
- Moraes, G.J., Flechtmann, C.H.W., 2008. *Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Editora Holos, Ribeirão Preto, Brasil. 308p.
- Motazedian, N., Ravan, S., Bandani, A.R. 2012. Toxicity and Repellency Effects of Three Essential Oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology* 14: 275-284.
- Nyoike, T.W., Liburd, O.E. 2013. Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in North-Central Florida. *Journal of Economic Entomology* 106: 1757-1766.
- Olivero-Verbel, J., Nerio, L.S., Stashenko, E.E. 2010. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. *Pest Management Science* 66: 664-668.
- Ootani, M.A., Aguiar, R.W. de S., Mello, A.V. de, Didonet, J., Portella, A.C.F., Nascimento, I.R. do. 2011. Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* MOTSCHULSKY (Coleoptera: Curculionidae). *Bioscience Journal* 27: 609-618.
- Peixoto, M. F., Barbosa, R.V., Oliveira, R.R. da C., Fernandes, P.M., Costa, R.B da. 2009. Amostragem do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e eficiência de acaricidas no seu controle na cultura do algodoeiro irrigado. *Bioscience Journal* 25: 24-32.
- Pontes, W.J.T., Oliveira, J.C.S de, Câmara, C.A.G da, Gondim Júnior, M.G.C., Oliveira, J.V. de; Schwartz, M.O.E. 2007a. Atividade acaricida dos óleos essenciais de folhas e frutos de *Xylopia sericea* sobre o ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch). *Química Nova* 30: 838-841.
- Pontes, W.J.T., Oliveira, J.C.S de, Câmara, C.A.G da, Lopes, A.C.H.R., Gondim Júnior, M.G.C., Oliveira, J.V. de, Barros, R., Schwartz, M.O.E. 2007b. Chemical composition and acaricidal activity of the leaf and fruit essential oils of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Bursaceae). *Acta Amazonica* 37: 103-110.

Robertson, J.L., Russell, R.M., Preisler, H.K., Savin, N.E. 2007. *Bioassays with Arthropods*. 2 ed. CRC Press, Boca Raton, USA. 199p.

Roh, H.S., Lee, B.H, Park, C.G. 2013. Acaricidal and repellent effects of myrtacean essential oils and their major constituents against *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology* 16: 245-249.

Sato, M.E., Silva, M.Z. da, Silva, R.B. da, Souza Filho M.F., Raga, A. 2009. Monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* Koch (Acar: Tetranychidae) a abamectin e fenpyroximate em diversas culturas no estado de São Paulo. *Arquivos do Instituto Biológico* 76: 217-223.

Souza, L.P., Zago, H.B., Costa, A.V., Stinguel, P., Valbon, W.R. 2015. Composição química e atividade acaricida do óleo essencial de erva-de-santa-maria sobre o ácaro-rajado. *Revista Caatinga* 28: 160-166.

Viegas Júnior, C. 2003. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Química Nova* 26:390-400.

Vitti, A.M.S., Brito, J.O. 2003. Óleo essencial de Eucalipto. IPEF, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. *Documentos Florestais* 17: 2-25.

Yaghoobi-Ershadi, M.R., Akhavan, A.A., Jahanifard, E., Vantandoost, H., Amin, G.H., Moosavi, L., Ramazani, A.R.Z., Abdoli, H., Arandian, M.H. 2006. Repellency effect of Myrtle essential oil and DEET against *Phlebotomus papatasi*, under laboratory conditions. *Iranian Journal Public Health* 35: 7-13.

Zandi-Sohani, N., Ramezani, L. 2015. Evaluation of five essential oils as botanical acaricides against the strawberry spider mite *Tetranychus turkestanii* Ugarov and Nikolskii. *International Biodeterioration & Biodegradation* 98: 101-106.