

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 02/12/2021.

JOÃO PEDRO DE ANDRADE BOMFIM

**ATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Bemisia tabaci* (GENNADIUS)
BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE), *Spodoptera frugiperda* (JE
SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E INIMIGOS NATURAIS**

Botucatu

2020

JOÃO PEDRO DE ANDRADE BOMFIM

**ATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Bemisia tabaci* (GENNADIUS)
BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE), *Spodoptera frugiperda* (JE
SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E INIMIGOS NATURAIS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientadora: Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno

Botucatu

2020

B695a Bomfim, João Pedro de Andrade
Atividade de óleos essenciais sobre Bemisia tabaci (Gennadius)
biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), Spodoptera frugiperda (JE
Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e inimigos naturais / João Pedro de
Andrade Bomfim. -- , 2021
104 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara,
Orientadora: Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno

1. Cymbopogon citratus. 2. Syzygium aromaticum. 3.
Mosca-branca. 4. Lagarta-do-cartucho. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Farmacêuticas, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Bemisia tabaci* (GENNADIUS) BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE), *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E INIMIGOS NATURAIS

AUTOR: JOÃO PEDRO DE ANDRADE BOMFIM

ORIENTADORA: REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO (Participação Virtual)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Prof.^a Dr.^a DANIELLE FERNANDES DA SILVA (Participação Virtual)
Pós-Doutoranda - Departamento de Química / Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. MOACIR ROSSI FORIM (Participação Virtual)
Química / Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participação Virtual)
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Dr.^a GABRIELA GRANGHELLI GONÇALVES (Participação Virtual)
Pós-Doutoranda - Departamento de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP

Botucatu, 02 de dezembro de 2020

*Aos meus pais,
Marivalda e João e à minha avó Jovina,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

À FCA/UNESP, Campus de Botucatu, em especial o Programa de Pós-graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) pela oportunidade de crescimento profissional através da realização do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela viabilização deste trabalho através da bolsa concedida. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À minha orientadora Profa. Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno, pela dedicação e zelo no orientar, por todos os ensinamentos compartilhados e por todas as oportunidades oferecidas.

A todos os integrantes do AGRIMIP, pelo companheirismo, e contribuição na execução do trabalho.

Aos estudantes de graduação Meri, Lucas, Felipe Lipe, Felipe Matheus e Celso que trabalharam diretamente comigo durante estes três anos de doutorado

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) pelos ensinamentos.

Aos meus pais, Marivalda Andrade e João Bomfim, ao meu padrasto Sival Silva, minha irmã Gabriele, meu irmão Robert e meu irmão João Victor pelos incentivos aos estudos.

Aos meus amigos Nadja Nara, Carolane Silva, Gabriely Ramos, Daniel Alvarez, Gabriela Gonçalves, Rafael Lima, Raquel Gonçalves, Sidinei Dallacort, Diego Arcanjo, Lucas Brunini, Daniel Diego e muitos outros, pela amizade, suporte, conversas e vivências.

A todas as amigas conquistadas em Botucatu, que fizeram e fazem minha passagem por aqui mais iluminada.

Ao professor Felipe Giardini, pela parceria e por disponibilizar o Laboratório para a execução de meus trabalhos.

À professora Maria Fátima das Graças Fernandes da Silva, por estar sempre disponível para auxiliar no desenvolvimento da pesquisa

À Jéssica Amaral, por toda a disponibilidade e auxílio nas análises químicas

E finalmente, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

Insetos-praga são um dos principais problemas fitossanitários na agricultura, sendo responsáveis por perdas de produtividade. O controle destes organismos é realizado, em geral, por meio da aplicação de inseticidas sintéticos. No entanto, devido à busca por produtos de menor impacto no ambiente e com menores resíduos nos alimentos, estudos com plantas inseticidas têm se intensificado. Dois insetos-praga têm se destacado no cenário mundial: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) devido a suas características polífagas, à voracidade dos insetos, casos de populações resistentes, além do fato de *B. tabaci* ser vetora de fitopatógenos. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar o potencial dos óleos essenciais de *Syzygium aromaticum*, *Baccharis dracunculifolia*, *Cordia verbenacea*, *Schinus terebinthifolius*, *Callistemon* sp. e *Cymbopogon citratus* sobre *B. tabaci*, *S. frugiperda* e sobre os parasitoides *Telenomus remus* e *Trichogramma pretiosum*. Foram realizados experimentos para avaliar o potencial destes óleos essenciais na mortalidade de *S. frugiperda* via dieta artificial, dieta natural, por pulverização e imersão do alimento. Foram determinadas as concentrações letais para o óleo essencial de *C. citratus*. Avaliou-se o efeito da fumigação dos óleos em *T. pretiosum* e *T. remus*. Em mosca-branca, avaliou-se o efeito na mortalidade nas fases de ovo, ninfa e adulto, além da repelência e deterrência de oviposição em adultos. Os óleos de *C. citratus* e *S. aromaticum* foram tóxicos para as duas pragas e para os inimigos naturais. A pulverização dos óleos sobre lagartas de segundo ínstar de *S. frugiperda* não foi efetiva na redução da população da praga. A fase mais sensível de *B. tabaci* foi a de ninfa, com valores acima de 90,0% de mortalidade. Os óleos essenciais mostraram-se promissores para a utilização no controle das pragas-alvo e podem ser utilizados em programas de manejo integrado, sobretudo associando ao controle biológico, desde que seja respeitado o momento ideal para o posicionamento de ambas as táticas.

Palavras-chave: *Cymbopogon citratus*. *Syzygium aromaticum*. Mosca-branca. Lagarta-do-cartucho.

ABSTRACT

Pest insects are one of the main phytosanitary problems in agriculture, being responsible for yield losses. In general, the control of these organisms is carried out based on synthetic insecticides spraying. However, in order to get an eco-friendlier management tool, which also provide food security, studies with insecticidal plants have been increased. Two pest insects have globally stood out: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) due to their polyphagia, voracity, potential resistance development, additionally to the fact that *B. tabaci* is vector of phytopathogens. In this context, the present study aimed to evaluate the potential of the essential oils of *Syzygium aromaticum*, *Baccharis dracunculifolia*, *Cordia verbenacea*, *Schinus terebinthifolius*, *Callistemon* sp. and *Cymbopogon citratus* on *B. tabaci*, *S. frugiperda* and on the parasitoids *Telenomus remus* and *Trichogramma*. Trials were carried out to evaluate the potential of these essential oils in the mortality of *S. frugiperda* under artificial diet, natural diet, spraying and immersing food conditions. Lethal doses have been determined for some oils. The effect of oil fumigation on *T. pretiosum* and *T. remus* was evaluated. For *B. tabaci*, the effect on mortality in the egg, nymph and adult stages was evaluated, besides repellency and deterrence of oviposition in adults. The oils of *C. citratus* and *S. aromaticum* were toxic to both pests and to natural enemies. The spraying of oils on second instar larvae of *S. frugiperda* was not effective in reducing the pest population. The most sensitive stage of *B. tabaci* was the nymph, with values above 90.0% of mortality. Essential oils have shown promise for use in the control of target pests and can be used in integrated pest management programs, additionally to natural enemies' releasement, only if the ideal moment for the positioning of both tactics is respected.

Keywords: *Cymbopogon citratus*. *Syzygium aromaticum*. Whitefly. Fall armyworm.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL	17
	CAPÍTULO 1 - ÓLEOS ESSENCIAIS COM POTENCIAL PARA USO NO MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS	20
1.1	INTRODUÇÃO	22
1.2	INSETICIDAS BOTÂNICOS COMO FERRAMENTA NO MANEJO DE INSETOS-PRAGA.....	23
1.3	ÓLEOS ESSENCIAIS: CARACTERÍSTICAS GERAIS	23
1.4	FAMÍLIAS BOTÂNICAS E ESPÉCIES COM ATIVIDADE SOBRE INSETOS	25
1.4.1	Família Anacardiaceae.....	25
1.4.2	Família Asteraceae	27
1.4.3	Família Myrtaceae.....	28
1.4.4	Família Poaceae	29
1.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
	REFERÊNCIAS.....	33
	CAPÍTULO 2 - ATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE SPODOPTERA FRUGIPERDA (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E PARASITOIDES DE OVOS TRICHOGRAMMA PRETIOSUM RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) E TELENOMUS REMUS NIXON (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)	38
2.1	INTRODUÇÃO	40
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.2.1	Insetos utilizados nos bioensaios	42
2.2.2	Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial	42
2.2.3	Determinação do perfil químico do óleo essencial	44
2.2.4	Efeito dos óleos essenciais em dieta artificial sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	45
2.2.5	Efeito dos óleos essenciais em folha de milho sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	45

2.2.6	Efeito dos óleos essenciais em plântulas de milho sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	46
2.2.7	Efeito de fumigação sobre <i>Trichogramma pretiosum</i> e <i>Telenomus remus</i>	46
2.2.8	Efeito da pulverização sobre imaturos de <i>Telenomus remus</i>	47
2.2.9	Análise estatística.....	47
2.3	RESULTADOS	47
2.3.1	Determinação do perfil químico dos óleos essenciais	47
2.3.2	Bioensaios	48
2.4	DISCUSSÃO	54
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
	REFERÊNCIAS	58
	CAPÍTULO 3 - EFEITO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>CYMBOPOGON CITRATUS</i> (DC.) STAPF (POACEAE) SOBRE <i>SPODOPTERA FRUGIPERDA</i> (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E OS INIMIGOS NATURAIS <i>TRICHOGRAMMA PRETIOSUM</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) E <i>TELENOMUS REMUS</i> NIXON (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)	62
3.1	INTRODUÇÃO	64
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	66
3.2.1	Criação dos parasitoides <i>Trichogramma pretiosum</i> e <i>Telenomus remus</i>	66
3.2.2	Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial.....	66
3.2.3	Determinação do perfil químico do óleo essencial	67
3.2.4	Efeito do óleo essencial sobre lagartas	67
3.2.5	Determinação da CL ₅₀ CL ₈₀ e CL ₉₅	68
3.3	RESULTADOS	68
3.3.1	Rendimento e composição do óleo essencial.....	68
3.3.2	Efeito do óleo essencial sobre lagartas	69
3.4	DISCUSSÃO	73
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
	REFERÊNCIAS	77
	CAPITULO 4 - ATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE <i>BEMISIA TABACI</i> (GENNADIUS) BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) .	81

4.1	INTRODUÇÃO	83
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	84
4.2.1	Criação de <i>Bemisia tabaci</i>	84
4.2.2	Coleta do material vegetal e extração do óleo essencial	84
4.2.3	Determinação do perfil químico do óleo essencial	85
4.2.4	Efeito dos óleos essenciais em ovos de <i>Bemisia tabaci</i>	86
4.2.5	Efeito inseticida em ninfas de <i>Bemisia tabaci</i>	88
4.2.6	Efeito inseticida sobre adultos de <i>Bemisia tabaci</i>	88
4.2.7	Efeito de repelência sobre adultos de <i>Bemisia tabaci</i>	89
4.2.8	Efeito de deterrência de oviposição de <i>Bemisia tabaci</i>	89
4.2.9	Análise estatística	90
4.3	RESULTADOS.....	90
4.4	DISCUSSÃO	94
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
	REFERÊNCIAS.....	97
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
	REFERÊNCIAS	101

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil se configura como um dos principais produtores mundiais de alimento, com cultivos de grãos em extensas áreas, além de se destacar na produção de frutas e hortaliças (CONAB, 2020). Apesar do alto rendimento nas lavouras brasileiras, problemas fitossanitários se configuram como entraves para o alcance de produtividades ainda maiores. Dentre os problemas fitossanitários, a ocorrência de insetos-praga tem destaque devido à grande diversidade de indivíduos, à rápida adaptação nos diversos ambientes, ao ciclo curto e alto potencial biótico, entre outros fatores.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), é um dos principais insetos-praga da agricultura mundial, por suas características biológicas e comportamentais. É a principal praga para a cultura do milho (*Zea mays* – Poaceae), mas se caracteriza como um inseto polífago, com registro de 353 espécies hospedeiras em todo o mundo (MONTEZANO et al., 2018). Embora sua ocorrência seja mais frequente no milho, a lagarta-do-cartucho ataca diversas outras espécies de importância econômica como soja (*Glycine max* – Fabaceae), feijão (*Phaseolus vulgaris* – Fabaceae), algodão (*Gossypium hirsutum* – Malvaceae), tomate (*Solanum lycopersicum* – Solanaceae), pimentão (*Capsicum annuum* – Solanaceae) e couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala* – Brassicaceae) (MONTEZANO et al., 2018). Outra característica importante de *S. frugiperda* é o potencial para selecionar populações resistentes às moléculas inseticidas, com 146 casos registrados em todo o mundo (MOTA-SANCHEZ; WISE, 2021). No ano de 2016 ocorreu o primeiro registro de *S. frugiperda* na África, em 2019 na China e outros países da Ásia e, em 2020, na Austrália, configurando sua presença em todos os continentes (FAO, 2019; 2020; GOERGEN et al., 2016).

Além da lagarta-do-cartucho, a mosca-branca da espécie *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) tem alta relevância no cenário agrícola mundial (LACERDA; CARVALHO, 2008). Além do alto potencial biótico, comportamento cosmopolita e polífago, *B. tabaci* é um inseto vetor, transmitindo vírus para espécies vegetais de importância econômica, como tomate e pimentão (QUINTELA et al., 2016; VILLAS BÔAS; FRANÇA; MACEDO, 2002). Dentre as espécies hospedeiras deste inseto, destacam-se aquelas pertencentes às famílias

Brassicaceae, Cucurbitaceae, Euforbiaceae, Fabaceae, Malvaceae e Solanaceae (HAJI et al., 2004; SOUZA et al., 2016; TOSCANO et al., 2016), o que faz de *B. tabaci* um sério problema fitossanitário na horticultura.

Assim como *S. frugiperda*, *B. tabaci* apresenta rápida seleção de populações resistentes à moléculas inseticidas, com 664 casos de resistência relatados no mundo (MOTA-SANCHEZ; WISE, 2021). Os danos diretos de *B. tabaci* estão relacionados à alimentação de ninfas e adultos, que succionam seiva do floema da planta-alvo, debilitando-a (QUINTELA et al., 2016). E danos indiretos, como a liberação do *honeydew* no processo alimentar, substância açucarada que favorece o desenvolvimento do fungo *Capnodium* sp., causador da fumagina, com consequente diminuição do potencial fotossintético das plantas infestadas (CARVALHO et al., 2015).

O controle destes insetos-praga se dá, predominantemente, por meio da aplicação de inseticidas sintéticos. Contudo, para o controle de *S. frugiperda* em culturas como milho, soja e algodão, onde a tecnologia da transgenia está disponível, o plantio de sementes geneticamente modificadas em que as plantas expressam proteínas da bactéria *Bacillus thuringiensis*, passa a ser a principal ferramenta de controle (BERNARDI et al., 2016; SOUZA et al., 2013). A liberação de parasitoides de ovos, por meio de programas de controle biológico, tem sido uma prática frequente. No Brasil, o parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a principal espécie produzida para o controle de *S. frugiperda* (BUENO; PARRA; BUENO, 2012; BUENO et al., 2017; PARRA; COELHO JUNIOR, 2019). Estudos têm avaliado o potencial de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygastridae) no controle biológico da lagarta-do-cartucho, pois apresenta afinidade ao parasitismo de ovos do gênero *Spodoptera* Guenée e é capaz de realizar o parasitismo nos ovos das camadas mais internas (BUENO et al., 2008; GOULART et al., 2011).

Os estudos visando selecionar plantas com potencial inseticida têm aumentado, sobretudo devido à crescente demanda por alternativas de menor impacto ambiental e na saúde humana (CHAKIRA et al., 2017; CLERICI et al., 2018; GONÇALVES et al., 2017; ISMAN, 2017, 2019). Os inseticidas botânicos apresentam baixa persistência no ambiente e rápida degradação. A capacidade que muitas espécies vegetais têm de provocar a morte do inseto, ou mesmo

alterações biológicas e comportamentais é resultante dos compostos oriundos do metabolismo secundário destas plantas (ISMAN, 2006; PAVELA, 2016).

Os óleos essenciais, que são compostos formados predominantemente por monoterpenos e sesquiterpenos, voláteis e odoríferos, representam um dos grupos destes metabólitos e são produzidos por várias famílias botânicas (ALVES et al., 2018; HUSSEIN; SALEM, SOLEMAN, 2017; JAIROCE et al., 2016; KABERA et al., 2011). As características quantitativas e qualitativas dos óleos essenciais de uma mesma espécie botânica podem variar em função de vários fatores, como condições edafoclimáticas, estação do ano e horário de coleta do material vegetal, estresses bióticos e abióticos, como ataque por herbívoros e precipitação pluviométrica, entre outros (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; MADI et al., 2020; MORAIS, 2009).

Estudos evidenciaram o efeito de óleos essenciais sobre insetos-praga de importância econômica, entre eles as espécies *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) e *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) (ALVES et al., 2015; ANDRADE et al., 2013; HUSSEIN; SALEM; SOLEMAN, 2017; OLIVEIRA et al., 2017; SANTOS et al., 2013).

Considerando o potencial que as plantas com características inseticidas têm no controle de insetos-praga, bem como a necessidade de buscar ferramentas de controle que resultem em baixo impacto ambiental e baixos resíduos nos alimentos, este trabalho objetiva avaliar o efeito dos óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae), *Callistemon* sp. (Myrtaceae), *Cymbopogon citratus* (Poaceae), *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), e *Cordia verbenacea* (Boraginaceae) sobre os insetos-praga *Spodoptera frugiperda* e *Bemisia tabaci* e sobre os parasitoides de ovos *Trichogramma pretiosum* e *Telenomus remus*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidencia o potencial dos óleos essenciais no controle de *Spodoptera frugiperda* e de *Bemisia tabaci* podendo ser uma ferramenta promissora em programas de manejo desta praga.

Devido à sua diversidade química, os óleos essenciais podem demorar mais para selecionar populações de pragas resistentes a seus compostos. Desta forma, a diversidade química dos óleos essenciais podem auxiliar no manejo da resistência de insetos a inseticidas.

É necessário o aprimoramento das formulações para que os óleos essenciais, quando pulverizados, permaneça efetivo por mais tempo e possa ser mais eficaz no controle de insetos-praga.

É fundamental o estudo das interações entre inseticidas botânicos e inimigos naturais para que possamos garantir a eficácia das diferentes táticas de controle e que possamos implementar programas de manejo integrado de pragas posicionando diferentes táticas de manejo sem, no entanto, reduzir a eficácia de nenhuma das ferramentas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, K. F. et al. *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae) essential oil toxicity to *Culex quinquefasciatus* (Culicidae). **Environmental Science and Pollution Research**, v.25, n.31, p.31718-31726, 2018.
- ALVES, M. S. et al. Essential oils composition and toxicity tested by fumigation against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pest of stored cowpea. **Revista Virtual de Química**, v.7, n.6, p.2387-2399, 2015.
- ANDRADE, L. H. et al. Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em algodoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.628-634, 2013.
- BERNARDI, D. et al. Biological activity of Bt proteins expressed in diferente structures of transgenic corn against *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, v.46, n.6, p.1019-1024, 2016.
- BUENO, R. C. O. F. et al. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.1-6, 2008.
- BUENO, R. C. O. F. et al. Integrated management of soybean pests: the example of Brazil. **Outlooks on Pest Management**, v.28, n.4, p.149-153, 2017.
- BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis* eggs at different temperatures. **Biological Control**, v.60, p.154-162, 2012.
- CARVALHO, S. S. et al. Efeito inseticida sistêmico de nanoformulações à base de nim sobre *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B em tomateiro **Bragantia**, v.74, n.3, p.298-306, 2015.
- CHAKIRA, H. et al. Repellency of essential oils against *Nephotettix cincticeps*: Laboratory and glasshouse assays. **Journal of Applied Entomology**, v.141, p.708-720, 2017.
- CLERICI, D. J. et al. Effects of nanostructured essential oils against subterranean termites (*Coptotermes gestroi*). **Journal of Applied Entomology**, v.142, p.406-412, 2018.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de grãos**, 2020. Available online: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> (accessed on 10 February 2020).
- FAO. First detection of *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) in Torres Strait. FAO: Rome, Italy, 2020; Available online: <https://www.ippc.int/en/countries/australia/pestreports/2020/02/first-detection-of-spodoptera-frugiperda-fall-armyworm-in-torres-strait/>.

FAO. First Detection of Fall Armyworm in China; FAO: Rome, Italy, 2019; Available online: <https://www.ippc.int/fr/news/first-detection-of-fall-armyworm-in-china/>.

GOBBO-NETO, L., LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, 374-381, 2007.

GOERGEN, G. et al. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. **Plos One**, v.11, n.10, p.1-9, 2016.

GONÇALVES, G. L. P. et al. Compounds from *Duguetia lanceolata* St.- Hil. (Annonaceae) bioactive against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Industrial Crops and Products**, v.97, p.360-367, 2017.

GOULART, M. M. P. et al. Host preference of the egg parasitoids *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* in laboratory. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.55, n.1, p.129-133, 2011.

HAJI, F. N. P. et al. Manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B na cultura do tomate. In: HAJI, F. N. P.; BLEICHER, E. (Eds.). **Avanços no manejo da mosca-branca Bemisia tabaci biótipo B (Hemiptera, Aleyrodidae)**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, p. 87-110, 2004.

HUSSEIN, H. S.; SALEM, M. Z. M.; SOLIMAN, A. M. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialetrodes ricini*. **Scientia Horticulturae**, v.216, p.111-119, 2017.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides in the twenty-first century - Fulfilling their promise? **Annual Review of Entomology**, v.65, n.1, p.233-249, 2019.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v.51, p.45-66, 2006.

ISMAN, M. B. Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. **Industrial Crops & Products**, v.110, p.10-14, 2017.

JAIROCE, C. F. et al. Insecticide activity of clove essential oil on bean weevil and maize weevil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.1, p.72-77, 2016.

KABERA, J. et al. Insecticidal effects of essential oils of *Pelargonium graveolens* and *Cymbopogon citratus* on *Sitophilus zeamais* (Motsch.). **African Journal of Food Science**, v.5, n.6, p.366-375, 2011.

LACERDA, J.T. de; CARVALHO, R.A. Descrição e manejo integrado da mosca-branca (*Bemisia* spp.) transmissora de *Geminivirus* em culturas econômicas. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.2, p.15-22, 2008.

MADI, Y. F. et al. Essential oil of *Cymbopogon citratus* cultivated in Egypt: seasonal variation in chemical composition and anticholinesterase activity. **Natural Product Research**, p.1-5, 2020.

MONTEZANO, D. G. et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. **African Entomology**, v.26, n.2, p.286-300, 2018.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.2, 2009.

MOTA-SANCHEZ, D., WISE, J. C. **The Arthropod Pesticide Resistance Database**. Michigan State University, 2021. On-line at: <http://www.pesticideresistance.org>

OLIVEIRA, J. V. et al. Fumigation and repellency of essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.1, p.10-17, 2017.

PARRA, J. R. P.; COELHO JUNIOR, A. Applied biological control in Brazil: from laboratory assays to field application. **Journal of Insect Science**, v.19, n.2, p.1-6, 2019.

PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – a Review. **Plant Protection Science**, v.52, n.4, p.229-241, 2016.

QUINTELA, E. D. et al. Reproduction of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) B biotype in maize fields (*Zea mays* L.) in Brazil. **Pest Management Science**, v.72, n.11, p.2181-2187, 2016.

SANTOS, M. R. A. et al. Composição química e atividade inseticida do óleo essencial de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) Ferrari. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.4, p.757-762, 2013.

SOUZA, J. R. et al. Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in corn on survival, sex ratio, and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley offspring. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.73, n.2, p.122-127, 2013.

SOUZA, L. M. et al. **Fatores de mortalidade de ninfas da mosca-branca em tomateiros orgânicos e convencionais no Distrito Federal**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 321, 2016.

TOSCANO, L. C. et al. Biologia de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de tomateiro em duas épocas. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.4, p.1-6, 2016.

VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F. H.; MACEDO, N. Potencial biótico da mosca-branca *Bemisia argentifolii* a diferentes plantas hospedeiras. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.71-79, 2002.