

MURIEL CICATTI EMANOELI SOARES

**BIOATIVIDADE DE EXTRATOS DE ANNONACEAE SOBRE *Bemisia tabaci*
BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EM TOMATEIRO**

Botucatu

2019

MURIEL CICATTI EMANOELI SOARES

**BIOATIVIDADE DE EXTRATOS DE ANNONACEAE SOBRE *Bemisia tabaci*
BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EM TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Lopes Baldin

Botucatu

2019

S676b Soares, Muriel Cicatti Emanoeli
Bioatividade de extratos de Annonaceae sobre Bemisia tabaci biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro / Muriel Cicatti Emanoeli Soares. -- Botucatu, 2019
86 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Edson Luiz Lopes Baldin

1. Entomologia. 2. extratos vegetais. 3. tomate. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: BICATIVIDADE DE EXTRATOS DE ANNONACEAE SOBRE *Bemisia tabaci* (GENNADIUS) BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EM TOMATEIRO

AUTORA: MURIEL CICATTI EMANOELI SOARES

ORIENTADOR: EDSON LUIZ LOPES BALDIN

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


Prof. Dr. EDSON LUIZ LOPES BALDIN
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP


Dr. LEANDRO DO PRADO RIBEIRO
EPAGRI / Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina


Dr. ANDRÉ LUIZ LOURENÇÃO
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Fitossanidade / Instituto Agronômico de Campinas

Botucatu, 31 de julho de 2019

A Deus, por iluminar meu caminho, me dando força, sabedoria e paciência durante esta caminhada.

OFEREÇO

DEDICO

À minha amada mãe Tânia Emanoeli, por todo amor, carinho e incentivo durante toda a minha vida.

Aos meus avós Olga e Osvaldo (*in memoriam*), tios e padrinhos Solange e Paulo César, por me auxiliarem em minha formação pessoal, por todo carinho e dedicação.

Ao meu noivo Fabio Sanches, por todo amor, incentivo, pela paciência e pela parceria durante todos esses anos.

À toda minha família, por todo carinho, apoio e incentivo.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Lopes Baldin, pela orientação, amizade, por toda paciência, pelo exemplo de pessoa e de dedicação profissional, por sempre confiar em meu trabalho e me incentivar nessa caminhada.

Ao Dr. Leandro do Prado Ribeiro, pelo fornecimento dos extratos e por todo auxílio durante a execução desta pesquisa e análise estatística dos dados.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, Unesp Botucatu, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Proteção de Plantas, todos os professores e funcionários, pelos ensinamentos transmitidos, pela amizade e colaboração durante a execução deste trabalho.

Aos funcionários da biblioteca da UNESP/FCA e às funcionárias da Seção de Pós-Graduação da UNESP/FCA, pela colaboração, ajuda e atenção.

À empresa Technes Agrícola por todo o suporte e incentivo durante todos esses anos.

À minha amiga Thaís Lohaine, pela amizade, companheirismo, ensinamentos, incentivos e pelo grande auxílio na execução deste trabalho.

Aos meus amigos Sara Penachio e Samuel Almeida, por todo carinho, dedicação, suporte, amizade e pelos bons momentos durante minhas estadias em Botucatu.

A todos os grandes amigos que fiz durante minha vida, por todos os lugares que passei: os de Cabreúva, de Botucatu, de Uberlândia, de Paulínia e de Lincoln (Nebraska), por sempre se fazerem presentes, por todo carinho e apoio. Tenham certeza que vocês foram/são essenciais na minha caminhada.

Aos amigos do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos e Plantas Inseticidas (LARESPI) pelo convívio, momentos de distração, ensinamentos e, acima de tudo, por toda a ajuda durante esses anos. Sem vocês, não teria conseguido!

Nada seria possível sem o apoio e amor de toda a minha família (Família Cicatti Emanoeli e Família Sanches), que sempre esteve presente em todos os momentos.

À todas as pessoas cujos caminhos se cruzaram com os meus e que de alguma forma se fizeram presentes durante toda minha vida, me incentivando e apoiando em todas as decisões.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a execução deste trabalho.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

Bemisia tabaci (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) é um inseto polífago, que ocasiona grandes prejuízos em diversas culturas de importância econômica, incluindo o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), onde pode provocar severos danos diretos e indiretos. O principal método de controle desta praga é a aplicação de inseticidas sintéticos, com impactos negativos para seres humanos e meio ambiente, além de favorecer a seleção de insetos resistentes. Em muitos estudos têm-se buscado técnicas alternativas e, ao mesmo tempo, mais seguras no controle da mosca-branca, com destaque para o uso de derivados botânicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a bioatividade de extratos de *Annona mucosa* (Jacq), *A. sylvatica* A.St.-Hil e *A. muricata* L. e compará-los com o inseticida botânico comercial Anosom[®] 1 EC (à base de acetogeninas, anonina 10.000 mg.L⁻¹) e com o neonicotinoide tiametoxam (Actara[®] 250 WG) sobre ovos, ninfas e adultos de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro, por meio de ensaios em laboratório, casa de vegetação e campo. Inicialmente, realizou-se um ensaio com ninfas (2^o ínstar) e extratos das três espécies (500 mg.L⁻¹) para identificar o solvente mais apropriado e a melhor estrutura da planta, a partir do qual foram selecionados o etanol e as sementes, respectivamente. Em seguida, foi avaliado o efeito dos extratos etanólicos de sementes de *A. mucosa* (ESAM), *A. muricata* e *A. sylvatica* (500 mg.L⁻¹) sobre o comportamento de adultos do inseto. Os índices de infestação e deterrência para oviposição indicaram efeito inibidor com o extrato de *A. muricata*. Posteriormente, avaliou-se a possível ação sistêmica dos extratos, porém não foram verificados efeitos sobre o desenvolvimento ninfal e a viabilidade dos insetos. O efeito ninficida dos extratos (500, 5.000 e 10.000 mg.L⁻¹) foi avaliado aos 7 e 10 dias após a pulverização e, em função do bom potencial do ESAM (> 99% de controle a 500 mg.L⁻¹), este tratamento foi selecionado para a continuidade dos ensaios, iniciando pela estimativa da CL₅₀ e CL₉₀ (10,83 e 200,24 mg.L⁻¹, respectivamente). O efeito de ESAM (CL₅₀ e CL₉₀) sobre adultos foi avaliado 72h após a pulverização, verificando-se maior potencial de controle nos tratamentos com Actara[®] 250 WG e com a CL₉₀ desse extrato. Quanto ao efeito ovicida, após 10 dias da aplicação dos tratamentos, verificou-se menor tendência à eclosão de ninfas em ovos pulverizados com a CL₉₀ do ESAM (44,17%). Em casa de vegetação, avaliou-se a ação de contato, sistêmica e

translaminar do ESAM (CL₅₀ e CL₉₀) sobre ninfas aos 3, 5 e 7 dias após a aplicação dos tratamentos. Os resultados indicaram ação translaminar com a CL₉₀ (31,1% de mortalidade) e de contato nos tratamentos com Anosom[®] 1 EC e ESAM (CL₉₀) (84,4 e 94,4% de controle, respectivamente). A campo, optou-se pela avaliação do efeito de contato, obtendo-se, aproximadamente, 91% de controle das ninfas com o Anosom[®] 1 EC e a CL₉₀ do ESAM, evidenciando, assim, o potencial de derivados de sementes de *Annona* spp. para o manejo de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro.

Palavras-chave: Mosca-branca, derivados botânicos, Annonaceae, repelência, deterrência, mortalidade.

ABSTRACT

Bemisia tabaci (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) is a polyphagous insect pest that can cause direct and indirect damages to several crops of economic importance, including tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Synthetic insecticides sprayings are the main method of control to silverleaf whitefly, with negative effects to human and environment, besides favoring the selection of insect resistant populations. Many studies have assessed alternative and safer tools to whitefly control, with emphasis on the use of botanical derivatives. The objective of this study was to evaluate the bioactivity of extracts of *Annona mucosa* (Jacq), *A. sylvatica* A.St.-Hil and *A. muricata* L. in comparison to Anosom[®] 1 EC commercial botanical insecticide (acetogenin based, annonin 10.000 mg.L⁻¹) and the neonecotinoid thiamethoxam (Actara[®] 250 WG) on eggs, nymphs and adults of *B. tabaci* biotype B in tomato, under laboratory, greenhouse and field conditions. Initially, an experiment was carried out with nymphs (2nd instar) and extracts of the three species (500 mg.L⁻¹) to identify the most appropriate solvent and the best plant structure, from which ethanol and seeds were selected, respectively. After, the effect of ethanolic extract from seeds of *A. mucosa* (ESAM), *A. muricata* and *A. sylvatica* (500 mg.L⁻¹) on the behavior of insect adults was evaluated. The rates of infestation and deterrence to oviposition indicated an inhibitory effect with *A. muricata* extract. Subsequently, the possible systemic action of the extracts was evaluated, however no effects on the nymphal development and viability of the insects were verified. The ninficidal effect was evaluated at 7 and 10 days after the application of the extracts (500, 5.000 and 10.000 mg.L⁻¹) and, due to the good potencial of ESAM, this treatment was selected for the sequence of tests, starting with the estimation of LC₅₀ e LC₉₀ (10.83 and 200.24 mg.L⁻¹, respectively). The effect of ESAM (LC₅₀ and LC₉₀) on adults was evaluated at 72h after spraying, with the highest control in the thiamethoxam and LC₉₀ treatments. The ovicide effect was evaluated 10 days after application, with lower tendency of hatching in ESAM LC₉₀ (44.17%) treatment. In the greenhouse, the contact, systemic and translaminar effects of ESAM (LC₅₀ and LC₉₀) on nymphs were evaluated at 3, 5 and 7 days after application of the treatments. The results showed translaminar effect with LC₉₀ (31.1% of mortality) and contact effect with Anosom[®] 1 EC and ESAM (LC₉₀) (84.4 and 94.4% of control, respectively). In the field, the contact effect was evaluated on nymphs, obtaining approximately 91% of control nymphs with Anosom[®] 1 EC and

ESAM LC₉₀, thus evidencing the potential of *Annona* spp. for the management of *B. tabaci* biotype B in tomato.

Keywords: Silverleaf whitefly, botanical derivatives, Annonaceae, repellence, deterrence, mortality.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I – Bioatividade comparada de derivados de anonáceas e inseticida à base de neonicotinoide sobre *Bemisia tabaci* biótipo B: ensaios de laboratório, semi-campo e campo

Tabela 1. Relação de espécies de *Annona* estudadas e respectivos dados de coleta.....44

Tabela 2. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas de 2^o instar de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro aos 7 dias após a aplicação dos extratos de *A. mucosa* preparados a partir de diferentes partes da planta e em diferentes solventes (500 mg.L⁻¹).....45

Tabela 3. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas 2^o instar de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro, após a aplicação dos extratos de *Annona* em diferentes períodos de avaliação.....46

Tabela 4. Mortalidade média (\pm EP) e eficiência após 72h da aplicação ESAM e inseticidas comerciais para adultos de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro.....47

Tabela 5. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro, após a aplicação de ESAM e inseticidas comerciais em diferentes períodos de avaliação e diferentes modos de aplicação em casa de vegetação.....48

Tabela 6. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro, após a aplicação do ESAM e inseticidas comerciais em diferentes períodos de avaliação em condições de campo.....60

Capítulo II - Efeitos letais e inibitórios de derivados de *Annona* sobre *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro

Tabela 1. Relação de espécies de Annonaceae avaliadas e respectivos dados de coleta.....68

Tabela 2. Médias (\pm EP) de adultos/folículo e índice de infestação de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro submetido a diferentes tratamentos em três períodos de avaliação.....69

Tabela 3. Médias (\pm EP) de ovos/folículo e índice de deterrência de diferentes tratamentos sobre *B. tabaci* biótipo B após 24h da pulverização.....71

Tabela 4. Médias (\pm EP) de ovos/cm² de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro com diferentes tratamentos após 24 h da pulverização.....72

Tabela 5. Médias (\pm EP) de duração de ínstaes ninfais, período ninfal total e viabilidade ninfal de <i>B. tabaci</i> biótipo B em tomateiro, com diferentes tratamentos a 1%.....	73
Tabela 6. Estimativa da CL ₅₀ e CL ₉₀ (mg.L ⁻¹) e intervalo de confiança para o extrato etanólico de sementes de <i>A. mucosa</i> ESAM) sobre ninfas de <i>B. tabaci</i> biótipo B.....	74
Tabela 7. Médias (\pm EP) de eclosão de ninfas de <i>B. tabaci</i> biótipo B em folíolos de tomateiro com diferentes tratamentos, após 10 dias da pulverização.....	75

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO 1 - BIOATIVIDADE COMPARADA DE DERIVADOS DE ANONÁCEAS E INSETICIDA À BASE DE NEONICOTINOIDE SOBRE <i>Bemisia tabaci</i> BIÓTIPO B: ENSAIOS DE LABORATÓRIO, SEMI-CAMPO E CAMPO	23
1.1 INTRODUÇÃO.....	25
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
1.3 RESULTADOS.....	33
1.4 DISCUSSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	39
CAPÍTULO 2 - EFEITOS LETAIS E INIBITÓRIOS DE DERIVADOS DE <i>Annona</i> SOBRE <i>Bemisia tabaci</i> BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EM TOMATEIRO	51
2.1 INTRODUÇÃO.....	52
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	79

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tem como provável centro de origem o Norte da América do Sul, sendo extensivamente cultivado nas Américas (POLSTON; ANDERSON, 1999). É uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo, com uma produção global de, aproximadamente, 160 milhões de toneladas por ano (FAOSTAT, 2018). Os maiores países produtores de tomate são Estados Unidos, Itália, China e Índia (ANSA, 2016). O Brasil é o nono maior produtor do fruto, com produção média de 4,4 milhões de toneladas, sendo os principais produtores os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais (FAOSTAT, 2018; IBGE, 2018).

O tomateiro é severamente atacado por diversas pragas ao longo de todo seu ciclo, com destaque para a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (SRINIVASAN et al., 2012), que pode ocasionar perdas de até 100% na produção. A taxonomia de *B. tabaci* foi discutida por décadas, com inúmeras descrições de espécies, depois biótipos ou raças. A proposta mais recente a define como um complexo de espécies crípticas com total de 43 espécies, morfológicamente idênticas, porém geneticamente distintas (BROWN et al., 1995; PERRING, 2001; XU et al., 2010; SHU-SHENG et al., 2012; QIN et al., 2016; TAY et al., 2017). No Brasil, há pelo menos quatro espécies do complexo relatadas, baseadas na análise do gen I do citocromo oxidase mitocondrial (mtCOI) (DINSDALE et al., 2010; DE BARRO et al., 2011), sendo as espécies nativas *New World* e *New World 2* (NW2) (biótipo A) (MARUBAYASHI et al., 2013) e as espécies invasivas *Middle East-Asia Minor 1* (biótipo B) e *Mediterranean* (biótipo Q) (BARBOSA et al., 2015). Embora esta classificação seja adotada por um grupo de pesquisadores, neste trabalho, será mantida a terminologia biótipo B, ainda muito utilizada nos estudos com *B. tabaci*.

Os danos causados por *B. tabaci* biótipo B na cultura do tomateiro estão relacionados à perda de produtividade, principalmente pela transmissão de geminivírus (BRAGARD et al., 2013). Plantas infectadas apresentam manchas cloróticas nas folhas, além da redução do florescimento e do brix nos frutos (HANSSEN et al., 2010). Os danos diretos ocorrem pela constante sucção de seiva pelo inseto, induzindo o amadurecimento irregular dos frutos, além de efeitos toxicogênicos. Durante a alimentação, as ninfas e adultos do inseto excretam um

grande volume de *honeydew*, favorecendo o desenvolvimento de fumagina (BROWN et al., 1995).

O desenvolvimento das moscas-brancas é hemimetabólico, passando pelas fases de ovo, quatro ínstars ninfais e adulta. Os adultos apresentam 1 a 2 mm de comprimento, sendo as fêmeas maiores que os machos. Apresentam aparelho bucal do tipo sugador labial tetraqueta, em que as mandíbulas e maxilas formam um tubo duplo que é inserido até a região do floema, para a sucção de seiva (SOUZA; VENDRAMIM, 2001; VILLAS-BÔAS; CASTELO-BRANCO, 2009). Junto ao canal alimentar existem duas glândulas, uma principal e uma acessória, as quais parecem estar relacionadas à transmissão viral e à seleção hospedeira durante a picada de prova (GHANIM et al., 2001; WALKER et al., 2010; WEI et al., 2014). Os dois pares de asas membranosas são revestidos por uma pulverulência branca; o dorso é amarelo-pálido e o adulto emerge por meio de uma ruptura em forma de “T” invertido na região ântero-dorsal (SOUZA; VENDRAMIM, 2001; VILLAS-BÔAS; CASTELO-BRANCO, 2009). A reprodução geralmente é sexuada mas também pode ser partenogenética, gerando apenas descendentes machos (arrenótoca) (SALAS; MENDOZA, 1995). Os ovos são elípticos, pedunculados e, em sua maioria, depositados e aderidos na face abaxial das folhas, principalmente sobre as mais jovens. Apresentam cor branco-amarelada no início e assumem tonalidade marrom-escura ao final dessa fase (BYRNE; BELLOWS, 1991; VILLAS-BÔAS et al., 1997). Cada fêmea pode ovipositar de 100 a 300 ovos durante o seu ciclo (BROWN; BIRD, 1992).

As ninfas são divididas em quatro ínstars, sendo móveis e transparentes no primeiro estágio do desenvolvimento pós-embrionário. Apresentam variações no tamanho e na cor durante o segundo e terceiro ínstars, além de serem sésseis. No último instar exibem coloração amarela mais intensa e olhos vermelhos (BYRNE; BELLOWS, 1991; GERLING et al., 2001; HAJI et al., 2005; BORROR; LONG, 2011).

Sob condições controladas de laboratório ($T = 28 \pm 2^\circ\text{C}$, U.R. = $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 horas), o ciclo de *B. tabaci* biótipo B varia em função do hospedeiro, sendo mais curto em repolho (20,5 dias), feijão-comum (21,9 dias) e tomate (22,4 dias) e mais longo em poinsétia (26,6 dias), mandioca (25,0 dias) e milho (23,8 dias) (VILLAS-BÔAS et al., 2002). Estes dados sugerem que o inseto pode apresentar mais de 10 gerações ao ano, em um grande número de culturas.

O manejo de *B. tabaci* biótipo B nas lavouras é realizado principalmente por meio da aplicação de inseticidas sintéticos (SHADMANY et al., 2015). Apesar da significativa contribuição desses produtos para a manutenção das produtividades nos sistemas agrícolas, diversos efeitos indesejáveis decorrentes de seu uso intensivo vêm sendo discutidos, com destaque para o aumento nos custos de produção, a eliminação de insetos benéficos, além dos impactos negativos ao meio ambiente e saúde dos trabalhadores (VILLAS-BÔAS et al., 2007; SOSA-GOMEZ; SILVA, 2010; TURCHEN et al., 2016). Em adição, há relatos de populações de *B. tabaci* de diferentes origens que apresentaram resistência a vários grupos de inseticidas convencionais, incluindo organofosforados, carbamatos, piretroides, reguladores de crescimento, hidrocarbonetos clorados, neonicotinoides, além de derivados do ácido tetrônico (RODITAKIS et al., 2005; NAVEEN et al., 2017; DÂNGELO et al., 2018). Esse cenário ressalta a importância da rotação de ingredientes ativos pertencentes a grupos químicos com mecanismos de ação diferentes (BOYER et al., 2012), bem como o uso de métodos de controle complementares e/ou alternativos.

Face às dificuldades de manejo do inseto, diversos estudos vêm sendo conduzidos na busca por métodos alternativos, eficientes e, ao mesmo tempo, mais sustentáveis para a mosca-branca nas lavouras, como por exemplo o uso de derivados botânicos (BALDIN et al., 2015, FANELA et al., 2016).

Ao longo de sua evolução, as plantas se adaptaram e desenvolveram defesas químicas próprias contra o ataque de insetos herbívoros, principalmente por meio da síntese de metabólitos secundários (WIESBROOK, 2004), os quais englobam uma grande variedade de compostos, como alcaloides, terpenos, flavonoides, cumarinas, benzenoides, quinonas, xantonas, lactonas, esteroides, entre outros (VENTUROSOSO et al., 2011; SILVA et al., 2012). Essas moléculas podem provocar diferentes efeitos sobre os insetos (EL-WAKEIL, 2013), causando mortalidade direta, repelência, esterilidade, interferência no desenvolvimento, além de inúmeras modificações no comportamento dos mesmos (PIUBELLI, 2004; MULUNGU et al., 2007; ABIDA et al., 2010; BEGUM et al., 2011; PADÍN et al., 2013). A bioatividade das plantas sobre os organismos-alvo varia conforme o tipo de solvente empregado na extração dos ativos (SILVA et al., 2005), além da parte da planta escolhida e forma de extração.

O Brasil apresenta-se como um dos países com maior potencial para estudos nessa área, devido à sua ampla biodiversidade (cerca de 20% do total de espécies da flora do planeta), além de comportar a maior floresta equatorial e tropical úmida do mundo (PINTO et al., 2002; SIMÕES; SCHENKEL, 2002). Os compostos derivados de plantas podem ser utilizados por meio de preparações caseiras tanto para uso direto no campo quanto para o desenvolvimento de inseticidas botânicos, além de servirem de modelos químicos para a síntese de novas substâncias inseticidas (ISMAN, 2006; CANTRELL et al., 2012). Ainda assim, mesmo com a maior procura por produtos mais seletivos e seguros (ISMAN et al., 2011), não há um grande número de formulações incluindo derivados botânicos disponíveis no mercado mundial (ISMAN; GRIENEISEN, 2014).

Existem diversas famílias botânicas promissoras quanto às propriedades inseticidas, com destaque para Asteraceae, Annonaceae, Canellaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Piperaceae e Rutaceae (ZABEL et al., 2002; CÉSPEDES et al., 2004; TAMM et al., 2004). Dentre esses grupos, Annonaceae tem se revelado como uma das principais fontes de compostos naturais bioativos (KRINSKI et al., 2014).

As anonáceas compreendem 135 gêneros, com aproximadamente 2.500 espécies descritas (ALMEIDA et al., 2012). No Brasil, há registro de 29 gêneros, compreendidos por cerca de 388 espécies (MAAS et al., 2014), geralmente encontradas na Amazônia e Mata Atlântica. As plantas dessa família são lenhosas, de porte arbóreo ou arbustivo (KIILL; COSTA, 2003), podendo apresentar espécies que produzem frutos para consumo *in natura*, para processamento industrial e usos na medicina popular, tendo grande importância na constituição da flora nacional (CHATROU et al., 2004).

Entre as anonáceas de interesse comercial se destacam a cherimoia (*Annona cherimola* Mill.), a pinha ou fruta-do-conde (*A. squamosa* L.), atemoia (cruzamento *A. squamosa* x *A. cherimola*) e a graviola (*A. muricata* L.) (LORENZI; MATOS, 2002).

No Brasil, as espécies atendem a demanda tanto do mercado de frutas para consumo *in natura* (pinha ou atemoia) quanto para processamento industrial (graviola), com áreas cultivadas e distribuídas em todo o país. De acordo com os dados do CEAGESP (2019), foram comercializadas 913,27 toneladas de graviola, sendo o 103º produto mais comercializado dentre todos os disponíveis.

Segundo Krinski et al. (2014), há relatos de mais de 42 espécies de anonáceas com atividade inseticida, distribuídas em 14 gêneros (*Annona*, *Artabotrys*, *Asimina*, *Cardiopetalum*, *Dennettia*, *Duguetia*, *Guatteria*, *Monodora*, *Mkilua*, *Oxandra*, *Polyathia*, *Rollinia*, *Unonopsis* e *Xylopia*). Os estudos com espécies dessa família têm se tornando cada vez mais frequentes, principalmente, a partir da descoberta dos alcaloides benzilisoquinolínicos e das acetogeninas (ACG's), com grande potencial para a medicina (BERMEJO et al., 2005; RAINER, 2007), proporcionando efeitos antitumorais, anti-parasíticos, pesticidas, antimicrobianos e imunossupressivos (RATNAYAKE et al., 1993; MCLAUGHLIN et al., 1997; MATSUMOTO et al., 2010; FERREIRA et al., 2013).

As ACG's são exclusivas da família Annonaceae e podem ser encontradas em cascas de troncos, ramos, raízes e, principalmente, nas sementes (BERMEJO et al., 2005; CASTILLO-SÁNCHEZ et al., 2010). Com base em dados da literatura, já foram identificados 417 tipos de acetogeninas, sendo a maioria proveniente de espécies do gênero *Annona* (BERMEJO et al., 2005).

Como modo de ação sobre artrópodes, as ACG's apresentam potente inibição do complexo I (NADH - ubiquinona oxidoreductase) na cadeia transportadora de elétrons mitocondrial, levando à redução das taxas respiratórias e cardíaca e à morte celular (DEGLI ESPOSTI et al., 1994; GALLARDO et al., 2000).

Entre as espécies do gênero *Annona*, *A. mucosa* se destaca devido à bioatividade sobre diversos insetos de importância econômica, como *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) (RIBEIRO et al., 2013), *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (RIBEIRO et al. 2014a), *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) (RIBEIRO et al. 2014b), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (TOLOSA et al., 2014; ANSANTE et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (RIBEIRO et al., 2015) e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (SOUZA et al., 2017, 2019).

Embora menos frequentes, há relatos de controle de insetos-praga por outras espécies de Annonaceae, como por exemplo *A. squamosa* e *A. muricata* sobre *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (LEATEMIA; ISMAN, 2004; TRINDADE et al., 2011). Algumas espécies também demonstraram efeito para

uso no controle de pragas pós-colheita, como *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Chrysomelidae), ambos controlados com derivados de *A. muricata* (ADEOYE; EWETE, 2010; ARAÚJO, 2010) e *A. squamosa* (RIBEIRO et al., 2017), além de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) controlado com derivados de *A. senegalensis* Pers. (KHALEQUZZEMAN; SULTANA, 2006; ANITA et al., 2012).

Conforme exposto acima, diversos estudos reportaram os efeitos de derivados de anonáceas no controle de importantes pragas agrícolas; entretanto, ainda não existem estudos demonstrando o potencial de extratos de *A. muricata*, *A. mucosa* e *A. sylvatica* para o manejo de *B. tabaci* biótipo B em plantas de tomateiro, motivando a realização deste trabalho.

Assim, os objetivos específicos deste trabalho foram: a) escolher o melhor solvente para extração e a melhor estrutura das espécies de *Annona* spp.; b) realizar um teste preliminar de eficiência com extratos etanólicos de *A. muricata*, *A. mucosa* e *A. sylvatica* sobre ninfas de *B. tabaci* para a seleção do extrato mais promissor; c) avaliar a inibição (infestação e oviposição) para adultos da mosca-branca; d) comparar a bioatividade, via sistêmica, dos extratos de *A. muricata*, *A. mucosa* e *A. sylvatica* com inseticidas comerciais (botânico e sintético); e) estimar as curvas de concentração-resposta (CL₅₀ e CL₉₀) do extrato etanólico de *A. mucosa* e avaliar os efeitos subletais deste extrato; f) avaliar efeitos ninficida, adulticida e ovicida do extrato etanólico de *A. mucosa*; g) avaliar efeitos sistêmico, translaminar e de contato do extrato etanólico de *A. mucosa* no controle das ninfas da mosca-branca.

Para relatar as atividades referentes a esses objetivos, a dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado “Bioatividade comparada de derivados de anonáceas e inseticida à base de neonicotinoide sobre *Bemisia tabaci* biótipo B: ensaios de laboratório, semi-campo e campo”, redigido conforme as normas da revista Crop Protection. O segundo foi intitulado “Efeitos letais e inibitórios de derivados de *Annona* sobre *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro” e redigido conforme as normas da revista Chilean Journal of Agricultural Research.

CAPÍTULO 1

BIOATIVIDADE COMPARADA DE DERIVADOS DE ANONÁCEAS E INSETICIDA À BASE DE NEONICOTINOIDE SOBRE *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B: ENSAIOS DE LABORATÓRIO, SEMI-CAMPO E CAMPO

Resumo

Visando detectar alternativas para o manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em cultivos de hortaliças, neste estudo avaliou-se a bioatividade de derivados de *Annona mucosa*, *A. sylvatica* e *A. muricata* e de uma formulação comercial à base de acetogenina (Anosom[®] 1 EC, anonina 10.000 mg.L⁻¹) em comparação ao inseticida neonicotinoide tiametoxam (Actara[®] 250 WG) sobre ninfas e adultos de *B. tabaci* em testes em laboratório, casa de vegetação e a campo em tomateiro. Inicialmente, realizou-se um ensaio com extratos das três espécies de Annonaceae, na concentração diagnóstica de 500 mg.L⁻¹, sobre ninfas de 2^o ínstar para identificar o solvente mais adequado e a parte vegetal mais promissora. Com base nos resultados obtidos, foram selecionados o solvente etanol para extração dos compostos ativos e as sementes como sítio de maior acumulação de compostos inseticidas. Na sequência, o efeito ninficida (7 e 10 dias após a aplicação) de extratos etanólicos de sementes de *Annona mucosa*, *A. muricata* e *A. sylvatica* (nas concentrações de 500, 5.000 e 10.000 mg.L⁻¹) foi avaliado em relação aos controles negativo e positivo. Em função da pronunciada bioatividade do extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* (ESAM) (composto majoritário= rollianistatina-1), este tratamento foi selecionado para a continuidade dos ensaios (CL₅₀ e CL₉₀ de 10,83 e 200,24 mg.L⁻¹, respectivamente). Os efeitos de ESAM (CL₅₀ e CL₉₀) sobre adultos foi avaliado 72h após a pulverização, verificando-se maior potencial de controle nos tratamentos com Actara[®] 250 WG e com a CL₉₀ do ESAM. Em casa de vegetação, avaliou-se a ação de contato, sistêmica e translaminar do ESAM (CL₅₀ e CL₉₀) sobre ninfas aos 3, 5 e 7 dias após a aplicação dos tratamentos. Os resultados indicaram ação translaminar com a CL₉₀ do ESAM (31,1% de mortalidade) e de contato nos tratamentos com Anosom[®] 1 EC e CL₉₀ do extrato (84,4 e 94,4% de controle, respectivamente). A campo, optou-se pela avaliação do efeito de contato, obtendo-se, aproximadamente, 91% de controle das ninfas com o Anosom[®] 1 EC

e ESAM (CL₉₀ previamente estimada), evidenciando, assim, o potencial de derivados de Annonaceae no manejo de *B. tabaci* biótipo B, especialmente em sistemas de cultivo orgânico.

Keywords: mosca-branca, derivados botânicos, Annonaceae, acetogeninas, anonina.

Abstract

Aiming to detect alternatives tools for the management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B in vegetable crops, this study evaluated the bioactivity of *Annona mucosa*, *A. sylvatica* and *A. muricata* derivatives and a commercial formulation based on acetogenin (Anosom[®] 1 EC, annonin 10.000 mg.L⁻¹) compared to neonicotinoide insecticide thiamethoxam (Actara[®] 250 WG) on nymphs and adults of *B. tabaci* in laboratory, greenhouse and field trials on tomato plants. Initially, a diagnostic test with Annonaceae extracts at 500 mg.L⁻¹ on nymphs of 2nd instar was carried out in order to identify the most suitable solvent and the most promising plant part. Based on the results, ethanol solvent was selected for extraction of the active compounds and the seeds as the site of higher accumulation of insecticidal compounds. After, the nymphicidal effect (7 and 10 days after spraying) of ethanolic extracts of *Annona mucosa*, *A. muricata* and *A. sylvatica* (at concentrations of 500, 5.000 and 10.000 mg.L⁻¹) were evaluated in relation to the negative and positive controls. As a consequence of the pronounced bioactivity of the ethanolic extract of *A. mucosa* - ESAM (majority compound: rolliniastatin-1), this treatment was selected for the continuity of the tests (LC₅₀ and LC₉₀ of 10.83 and 200.24 mg.L⁻¹, respectively). The ESAM (LC₅₀ and LC₉₀) effects on adults was evaluated 72h after spraying, with a higher control potential in the thiamethoxam and ESAM (LC₉₀). In a greenhouse, contact, systemic and translaminar effects of ESAM (at LC₅₀ and LC₉₀) on nymphs were evaluated at 3, 5 and 7 days after application of the treatments. The results indicated translaminar effect with ESAM (LC₉₀) (31.1% mortality) and contact effect with Anosom[®] 1 EC and CL₉₀ of the extract (84.4 and 94.4% of control, respectively). In the field, only the contact effect was assessed, with ≈ 91% control of the nymphs with Anosom[®] 1 EC and the ESAM (LC₉₀ previously estimated), thus evidencing the potential of

Annonaceae derivatives in the management of *B. tabaci* biotype B mainly under organic farming systems.

Keywords: Silverleaf whitefly, botanical derivatives, Annonaceae, acetogenins, annonin.

1.1 Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das mais importantes espécies vegetais produzidas no mundo (KARAKAYAA; ÖZILGEN, 2011), sendo uma valiosa fonte de vitaminas e minerais, bem como antioxidantes e compostos quimioprotetores (RANIERI et al., 2004). A cultura é severamente atacada por insetos e patógenos durante todas as suas fases de desenvolvimento, com destaque para a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B, que causa danos diretos por meio da sucção de seiva e amadurecimento irregular dos frutos, além de danos indiretos, como a transmissão de fitovírus (BELAY et al., 2012; FIRDAUS et al., 2012). Além do tomateiro, *B. tabaci* pode infestar mais de 500 espécies de plantas herbáceas silvestres ou cultivadas em todo o mundo (PERRING et al., 2001).

Atualmente, a taxonomia de *B. tabaci* a define como um complexo de espécies crípticas, com um total de 43 espécies identificadas, morfologicamente idênticas, porém geneticamente distintas (DE BARRO et al., 2011; TAY et al., 2017). Embora esta classificação seja adotada por um grupo de pesquisadores, neste estudo, será mantida a terminologia biótipo, ainda muito utilizada nos estudos com *B. tabaci*.

O uso de inseticidas sintéticos é a técnica mais comumente empregada no controle de *B. tabaci* nas lavouras (SHADMANY et al., 2015) e inseticidas do grupo dos neonicotinoides são os mais utilizados para manejo de insetos sugadores em cultivos de hortaliças na América do Sul. Contudo, o uso abusivo desses produtos pode prejudicar organismos não alvos (TURCHEN et al., 2016), além de favorecer a rápida seleção de indivíduos resistentes (SILVA et al., 2009; DÂNGELO et al., 2018).

Dentre as ferramentas mais sustentáveis a serem utilizadas em um programa de manejo integrado de moscas-brancas, a utilização de derivados botânicos pode ser uma importante opção, uma vez que apresenta menor

toxicidade a mamíferos e a organismos não alvo e baixa persistência no ambiente, levando a uma maior segurança ambiental (PAVELA, 2016).

Dentre as famílias botânicas com potencial inseticida/insetistático, a família Annonaceae apresenta-se como uma das principais fontes de compostos naturais bioativos frente a artrópodes-praga (KRINSKI et al., 2014). As acetogeninas destacam-se entre as classes de metabólitos secundários predominantes em espécies de *Annona*, os quais ocasionam uma série de atividades biológicas, incluindo ação contra helmintos, microrganismos em geral e protozoários, além de serem tóxicas para células tumorais e apresentarem atividades inseticidas (MCLAUGHLIN et al., 1997; OCAMPO; OCAMPO, 2006).

Em diversos estudos há relatos do grande potencial de controle de derivados obtidos de diversas espécies de Annonaceae sobre insetos de importância agrícola, tais como: *Plutela xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (LEATEMIA; ISMAN, 2004; TRINDADE et al., 2006), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (BLESSING et al., 2010; TOLOSA et al., 2014; ANSANTE et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (RIBEIRO et al., 2015), *Zabrotes subfasciatus* Bohemann (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) (GONÇALVES et al., 2015) e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (SOUZA et al., 2017, 2019). No entanto, não existem relatos sobre a eficácia de derivados de *Annona* spp. sobre *B. tabaci* biótipo B, tampouco das formulações à base de Annonaceae recentemente liberadas no mercado.

Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a bioatividade de extratos de *Annona mucosa* (Jacquin), *A. sylvatica* A.St.-Hil e *A. muricata* L. e de um inseticida botânico comercial à base de acetogeninas (Anosom[®] 1 EC) em comparação ao inseticida neonicotinoide tiametoxam (Actara[®] 250 WG), registrado para a cultura do tomateiro e com ampla utilização, sobre ninfas e adultos de *B. tabaci* biótipo B. Para isso, ensaios foram conduzidos em laboratório, casa de vegetação e em condições de cultivo de tomateiro (campo).

1.2 Material e Métodos

Insetos

Para o estudo, foram utilizados insetos da criação existente no Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP, campus de Botucatu, SP,

Brasil. Os insetos foram mantidos em casa de vegetação (2,5 × 2,5 × 2,0 m), composta por paredes laterais de vidro, telado anti-afídeo e sombrite. Para alimentação, foram fornecidas plantas de couve-de-folhas e soja (dispostas em vasos de 2L), as quais foram substituídas conforme a necessidade. Periodicamente, durante a execução do estudo, foi realizada a caracterização molecular dos insetos (DE BARRO et al., 2003), visando a confirmação do biótipo.

Obtenção e manutenção de plantas de tomateiro

As plantas de tomateiro cv. Santa Clara (Sakata[®], Bragança Paulista, SP, Brasil) utilizadas nos ensaios foram obtidas a partir de sementeira em substrato comercial (Vivatto[®] Pro-20, Technes Agrícola, Cabreúva, SP, Brasil). Aos 30 dias após a sementeira, as mudas foram transplantadas para vasos (2L) contendo esse substrato e adubadas, seguindo as recomendações para a cultura (MACEDO et al., 2005). As plantas foram cultivadas e mantidas em casa de vegetação livre da infestação de insetos.

Obtenção das espécies de Annonaceae e preparo dos extratos vegetais

Na tabela 1, encontram-se detalhadas as informações relativas às espécies de Annonaceae utilizadas no estudo. *Vouchers specimens* foram previamente identificadas pelo Dr. Renato Mello-Silva [Departamento de Botânica, Instituto de Biociências/Universidade de São Paulo (IB/USP)] e encontram-se depositadas no Herbário ESA do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, Brasil.

Para obtenção dos extratos orgânicos utilizados na escolha do melhor solvente e estrutura da planta, foram utilizadas sementes oriundas de frutos maduros, folhas e ramos desidratados em estufa com circulação de ar forçada a 40 °C por um período de 48 a 72 horas. Após a secagem, cada parte foi moída em moinho de facas e o pó obtido armazenado em vidros herméticos e mantido em freezer doméstico (- 10 °C) até ser utilizado. O pó foi posteriormente macerado em solvente orgânico (na proporção de 1:5 p/v), em ordem crescente de polaridade: hexano (polaridade: 0,06), diclorometano (polaridade: 3,4) e etanol (polaridade: 5,2). Para cada solvente, foi feita a extração até a exaustão, utilizando-se, na sequência, o solvente com polaridade imediatamente superior. O macerado, a cada troca de solvente, foi filtrado em papel filtro, eliminando o solvente

remanescente em rotaevaporador a 50 °C e à pressão de -600 mmHg. Após a completa evaporação do solvente em câmara com fluxo de ar, foi determinado o rendimento de extração para cada parte das espécies estudadas, nos diferentes solventes avaliados.

Para a realização dos ensaios para seleção do extrato mais promissor, foram utilizadas apenas as sementes das espécies estudadas (*A. mucosa*, *A. sylvatica* e *A. muricata*), coletadas de frutos maduros, desidratados em estufa com circulação de ar forçada a 40 °C por um período de 48 a 72 horas. Após a secagem, o material foi moído em moinho de facas e o pó obtido armazenado em vidros herméticos e mantido em freezer doméstico (- 10 °C) até ser utilizado. O pó foi posteriormente macerado em etanol (na proporção de 1:5 p/v), mantido em frascos hermeticamente fechados por três dias. Na sequência, a mistura foi filtrada utilizando papel filtro. O processo de imersão em etanol foi repetido mais três vezes. O solvente remanescente na solução filtrada foi eliminado em rotaevaporador a 50 °C e à pressão de -600 mmHg.

O inseticida botânico Anosom[®] (AgriLife SOM Phytopharma Ltda., Hyderabad, Andhra Pradesh, India) é apresentado na forma de concentrado emulsionável (EC), baseado no extrato de sementes de *A. squamosa* L., sendo a acetogenina anonina (10.000 mg.L⁻¹) seu componente majoritário.

Bioensaios

Os ensaios laboratoriais foram realizados sob condições controladas (T= 26 ± 2 °C, UR= 65 ± 10% e fotoperíodo= 14h). Por sua vez, o bioensaio de casa de vegetação foi realizado em condições parcialmente controladas (Temperatura média de 31,5 °C, com máxima de 39,5 °C e mínima de 19,3 °C; UR média de 68%, com máxima de 81% e mínima de 20%; luz natural), entre 2017 e 2018 em Botucatu, SP, Brasil (22° 85' S, 48° 26' W). Por sua vez, o teste de campo foi realizado entre outubro/2018 e janeiro/2019 em Cabreúva, SP, Brasil (23° 25' S, 47° 09' W).

Triagem para a seleção da parte da planta e solvente mais adequados

Em função de estudos prévios (RIBEIRO et al., 2013, 2016; SOUZA et al., 2017, 2019), o extrato de *A. mucosa* foi utilizado nos ensaios preliminares para a seleção do melhor solvente e parte da planta a ser utilizada, por meio da avaliação

do efeito ninficida dos extratos. Assim, folíolos apicais recém-distendidos de tomateiro (30 dias após transplante) foram individualizados com auxílio de gaiolas cilíndricas (15 cm de comprimento e 6 cm de diâmetro) confeccionadas em organdi e, posteriormente, infestados com 30 adultos da mosca-branca provenientes da criação por 24h para oviposição. Na sequência, os adultos foram retirados e as plantas com os folíolos selecionados (um por planta) mantidas em casa de vegetação até o fim da fase embrionária do inseto. Após a eclosão e fixação das ninfas de 1º ínstar, extratos de folhas, sementes e ramos de *A. mucosa* foram preparados em hexano, diclorometano e etanol (gradiente de eluição) e pulverizados a 500 mg.L⁻¹, aplicados sobre ambas as faces dos folíolos que continham as ninfas até o ponto de escurimento por meio de um microatomizador acoplado a uma bomba pneumática, sob pressão de 0,5 Kgf.cm⁻². Após a completa secagem, os folíolos pulverizados foram removidos das plantas e acondicionados em tubos de vidro (8 x 2 cm) contendo água deionizada e mantidos em laboratório. Sete dias após a aplicação, a mortalidade das ninfas localizadas na face abaxial dos folíolos foi avaliada com auxílio de um microscópio estereoscópico. As ninfas foram consideradas mortas quando apresentaram mudança de coloração e perda de turgidez. Cada folíolo infestado e pulverizado representou uma repetição (sete por tratamento), em teste conduzido sob delineamento inteiramente casualizado.

Triagem para a seleção do extrato mais promissor

Com base nos resultados do ensaio anterior, o extrato etanólico de sementes apresentou o maior potencial de controle. Embora não tenha havido diferença estatística entre os solventes avaliados, a fração etanólica foi escolhida por apresentar menor risco ambiental em comparação com os demais solventes (solvente biodegradável). Assim, extratos etanólicos de sementes de *A. muricata*, *A. sylvatica* e *A. mucosa* foram solubilizados em solvente orgânico água: acetona (1:1, v/v) e pulverizados sobre folíolos infestados com ninfas de 2º ínstar.

Os extratos foram empregados a 500, 5.000 e 10.000 mg.L⁻¹. Como controles, foram utilizados água deionizada, a solução de solventes água: acetona (1:1, v/v), o inseticida botânico Anosom[®] 1 EC (na dosagem de 200 mL/100 L de água) e o inseticida comercial tiametoxam (Actara[®] 250 WG, na dosagem de 18g p.c./100 L de água), registrado para a cultura.

Para a obtenção das ninfas necessárias ao ensaio, plantas de tomate com 30 dias após o transplante foram acondicionadas no interior da gaiola de criação da mosca-branca por um período de seis horas. Após isso, os adultos foram removidos das plantas e a oviposição verificada sob estereomicroscópio (40 ×). Quando os insetos atingiram o segundo ínstar, foi demarcada uma área com 30 ninfas/folículo com auxílio de glúter.

Foram avaliados 13 tratamentos: extratos etanólicos das três espécies de *Annona* a 500, 5.000 e 10.000 mg.L⁻¹, além dos controles negativos (água deionizada e solução de solventes água: acetona 1:1 (v/v)) e positivos (Anosom[®] 1 EC e Actara[®] 250 WG), os quais foram aplicados uma só vez sobre a face abaxial dos folíolos infestados. Cada folículo infestado com 30 ninfas foi considerado uma repetição, num total de quatro por tratamento (n=120) em delineamento inteiramente casualizado. A mortalidade foi avaliada aos 7 e 10 dias após a pulverização (DAP) dos extratos.

Curvas de concentração-resposta de ESAM do extrato mais promissor

Com base nos experimentos anteriores, selecionou-se o extrato etanólico de *A. mucosa* (ESAM) visando estimar sua CL₅₀ e CL₉₀. Foram utilizadas cinco concentrações do extrato, além da testemunha (intervalo: 0 – 500 mg.L⁻¹), definidas com base na fórmula proposta por Finney (1971).

Os mesmos procedimentos experimentais descritos para obtenção do extrato mais promissor foram utilizados neste bioensaio, porém, foram realizadas três repetições por concentração, cada qual constituída por um folículo de tomateiro, com 30 ninfas de 2^o ínstar (n=90). A mortalidade foi avaliada aos 10 dias após a pulverização (DAP) dos extratos.

Bioatividade de ESAM sobre adultos

Neste ensaio, folíolos de tomateiro (30 dias de idade) foram acondicionados em tubos de vidro (9 × 2,5 cm) contendo água deionizada, os quais serviram de alimento para os insetos confinados. Para o confinamento dos insetos, foram utilizados recipientes cilíndricos (26 cm de altura × 10 cm de diâmetro) de plástico transparente, revestidos na parte superior com tecido *voil*. A superfície basal onde estes recipientes foram apoiados foi constituída por uma placa de isopor (16 × 16 × 2,0 cm) perfurada no centro (por onde ocorreram a infestação, nebulização e

posterior encaixe dos folíolos) e revestida por cartolina preta, a fim de facilitar a visualização dos insetos mortos (por contraste).

Em sequência, 20 casais da mosca-branca por gaiola (até dois dias de idade) foram liberados a partir do orifício basal central da placa de isopor, o qual foi fechado provisoriamente com *voil* e fita adesiva. Após cinco minutos da liberação foi feita a nebulização (nebulizador NB 090, Incoterm, Porto Alegre, RS, Brasil), a partir da base, por 10 segundos. Após o desaparecimento da névoa, foi inserido o recipiente de vidro contendo o folíolo, conforme metodologia descrita por Fanela et al. (2012).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos: ESAM na CL₅₀ (10,83 mg.L⁻¹) e CL₉₀ (200,24 mg.L⁻¹), Actara® 250 WG, Anosom® 1 EC e controles negativos (água deionizada, água: acetona (1:1, v/v)) e três repetições. Cada gaiola correspondeu a uma repetição. A contagem dos adultos mortos foi realizada 72 horas após a nebulização.

Bioatividade comparada de ESAM e inseticidas comerciais sobre ninfas de 2º ínstar em casa de vegetação

Comparou-se a eficácia do ESAM (vias contato, translaminar e sistêmica) em relação aos inseticidas Anosom® 1 EC e Actara® 250 WG sobre ninfas da mosca-branca em casa de vegetação. Nas avaliações dos efeitos de contato e translaminar, os inseticidas comerciais foram utilizados nas dosagens recomendadas para a cultura, enquanto que o extrato selecionado foi utilizado nas concentrações equivalentes à CL₅₀ e CL₉₀ e o controle negativo foi constituído por água:acetona 1:1 (v/v). Os tratamentos foram aplicados uma única vez e os métodos para infestação e obtenção de ninfas foram descritos no item de triagem do extrato mais promissor.

Para o ensaio de contato, os tratamentos foram pulverizados sobre as ninfas presentes na face abaxial dos folíolos até o ponto de escorrimento, enquanto que no ensaio de efeito translaminar, os tratamentos foram pulverizados sobre a face adaxial dos folíolos, tomando-se especial cuidado para que não houvesse contato entre as soluções e os insetos na face inferior. Para o ensaio de efeito sistêmico, o extrato foi aplicado, via solo, seguindo métodos descritos por outros autores (SOUZA; VENDRAMIN, 2005; BALDIN et al., 2007).

A mortalidade das ninfas foi quantificada aos 3, 5 e 7 dias após a pulverização dos tratamentos. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, onde cada folíolo contendo 30 ninfas foi considerado uma repetição, num total de três ($n = 90$) para cada modalidade de aplicação.

Bioatividade comparada de ESAM e inseticidas comerciais sobre ninfas de 2º instar em condições de campo

Visando avaliar a eficácia dos tratamentos em condições de campo, foi realizado um ensaio comparativo entre ESAM (CL_{50} e CL_{90}) e os inseticidas Anosom® 1 EC e Actara® 250 WG, ambos na dosagem recomendada. Como controle negativo, foi utilizada água: acetona (1:1, v/v). Um tratamento adicional, combinando ESAM (CL_{50}) + Actara® 250 WG (dose recomendada) foi incluído, visando avaliar um possível efeito aditivo e/ou sinérgico.

Neste ensaio, os tratamentos foram avaliados quanto ao efeito de contato sobre as ninfas de *B. tabaci* biótipo B. A forma de infestação e obtenção de ninfas foi descrita no ensaio para escolha do melhor solvente e estrutura da planta mais promissora, onde os folíolos foram individualizados com auxílio de gaiolas cilíndricas (15 cm de comprimento e 6 cm de diâmetro) confeccionadas em organdi e, posteriormente, infestados com 40 casais da mosca-branca provenientes da criação por 6 h para oviposição. Na sequência, os adultos foram retirados e a aplicação dos tratamentos e avaliações foram realizadas conforme descrito no ensaio de casa de vegetação, após a fixação das ninfas. Adotou-se um delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições. Cada folíolo contendo 30 ninfas (2º instar) foi considerado uma repetição.

Cada bloco foi constituído por 12 plantas, divididas em duas linhas com seis plantas cada (espaçamento de 45 cm entre plantas), das quais foram selecionadas 3 de cada linha, alternadamente, para a aplicação dos tratamentos, sendo infestado um folíolo por planta.

Análises estatísticas

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) foram utilizados para a análise das variáveis biológicas de *B. tabaci* biótipo B expostas

aos tratamentos. A verificação da qualidade do ajuste foi feita por meio do gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (DEMÉTRIO; HINDE, 1997; HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, múltiplas comparações (teste de Tukey, $p < 0,05$) foram realizadas por meio da função `glht` do pacote `multcomp` com ajuste dos valores de p . Todas essas análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Por sua vez, para estimativa das concentrações letais (CL_{50} e CL_{90}) foi utilizado um modelo binomial com função de ligação complemento log-log (modelo de gompit), utilizando-se o *Probit Procedure* do software SAS versão 9.2 (SAS INSTITUTE, 2011).

Para o cálculo da eficiência de controle dos tratamentos, considerou-se a mortalidade no último período de avaliação, empregando-se a fórmula proposta por Schneider-Orelli (1947): $MC (\%) = [(Mortal. (\%) \text{ em T} - Mortal. (\%) \text{ em C}) / (100 - Mortal. (\%) \text{ em C})] * 100$, onde: $MC (\%)$ = mortalidade corrigida no controle e T = mortalidade no tratamento. Para esse cálculo, adotou-se como mortalidade no controle o valor do tratamento água deionizada (controle negativo) para os ensaios ninfícida e adultícida em laboratório e água: acetona (1:1, v/v) para os ensaios ninfícida em casa de vegetação e a campo.

1.3 Resultados

Seleção da parte da planta e do solvente mais adequado

Os extratos provenientes de sementes de *A. mucosa* apresentaram maior eficácia no controle de ninfas (> 95%) aos sete dias após a aplicação (DAP), independente do solvente utilizado (Tabela 2). Também verificou-se diferença entre todos os solventes, independentemente da estrutura na comparação com o controle água: acetona, cuja mortalidade das ninfas foi < 10%. A partir desses resultados, as sementes foram selecionadas para as etapas seguintes. Com relação ao solvente, foi escolhido o etanol, uma vez que o mesmo é obtido de fontes renováveis, além de ser menos tóxico em relação aos demais solventes.

O rendimento dos extratos etanólicos provenientes de sementes variou de 11 a 21,1% para as espécies avaliadas, sendo que o maior rendimento foi

observado para *A. muricata* (21,1%), seguido de *A. mucosa* (18,8%) e *A. sylvatica* (11,0%).

Seleção do extrato mais promissor e curvas de concentração-resposta

Todos os extratos apresentaram mortalidade de ninfas acima de 70% aos 7 DAP, chegando a 100% de controle para *A. muricata* (10.000 mg.L⁻¹) e *A. mucosa* (a partir de 5.000 mg.L⁻¹) (Tabela 3). Os extratos de *A. muricata* 5.000 mg.L⁻¹ (87,5%), *A. sylvatica* a 500, 5.000 e 10.000 mg.L⁻¹ (90,8%, 98,3% e 95,8% respectivamente), *A. mucosa* a 500 mg.L⁻¹ (96,7%) e o inseticida comercial Anosom[®] 1 EC (89,2%) não diferiram dos extratos que apresentaram maior mortalidade. O inseticida sintético Actara[®] 250 WG, apresentou 39,2% de controle, não diferindo dos controles negativos água deionizada (5,0%) e água: acetona (1:1, v/v) (14,2%). Os índices de mortalidade cresceram aos 10 DAP para a maioria dos tratamentos, atingindo valores próximos ou iguais a 100% em *A. sylvatica* 5.000 mg.L⁻¹, *A. sylvatica* 10.000 mg.L⁻¹ e *A. mucosa* 500 mg.L⁻¹.

Aos 10 DAP, os tratamentos que atingiram 100% de controle foram: *A. muricata* 10.000 mg.L⁻¹, *A. mucosa* 5.000 e 10.000 mg.L⁻¹ e *A. sylvatica* 5.000 mg.L⁻¹. *Annona sylvatica* 10.000 mg.L⁻¹ (99,1%), *A. mucosa* 500 mg.L⁻¹ (99,1%), *A. muricata* 5.000 mg.L⁻¹ (93,5%), Anosom[®] 1 EC (91,7%) e *A. sylvatica* 500 mg.L⁻¹ (90,7%) apresentaram eficiência acima de 90%. *Annona muricata* 500 mg.L⁻¹ não apresentou o mesmo nível de eficácia, atingindo 71,3%, seguido de Actara[®] 250 WG (47,2%), que não diferiu dos controles água: acetona (1:1, v/v) (8,3%) e água deionizada (0,0%).

Em função dos resultados observados, o extrato etanólico de *A. mucosa* foi o escolhido para a continuidade dos ensaios, iniciando pelas estimativas de CL₅₀ e CL₉₀. Os valores de CL₅₀ e CL₉₀ de ESAM para ninfas de *B. tabaci* biótipo B foram 10,83 mg.L⁻¹ e 200,24 mg.L⁻¹, respectivamente, com intervalo de confiança a 95% para CL₅₀ de 5,29 a 18,31 mg.L⁻¹ e para CL₉₀ de 121,14 a 389,68 mg.L⁻¹ (X² = 5,9066, Slope ± SE = 0,95 ± 0,12).

Ensaio adulticida com ESAM

Embora sem diferença significativa entre os tratamentos quanto à mortalidade média de adultos após 72h da aplicação, o tratamento com Actara[®]

250 WG apresentou a maior mortalidade (26,9%), seguido por ESAM na CL₉₀ (13,5%), CL₅₀ (11,5%) e Anosom[®] 1 EC (10,6%) (Tabela 4).

Bioatividade comparada entre ESAM e inseticidas comerciais em casa de vegetação

Não foram verificados efeitos sistêmicos significativos entre os tratamentos avaliados sobre ninfas, embora tenha sido observada tendência de maior mortalidade dos insetos no tratamento à base de ESAM (na CL₉₀ previamente ajustada), com eficiência de controle de 9,43% em relação a testemunha água: acetona (1:1, v/v) (Tabela 5). Efeito translaminar significativo foi verificado com a CL₉₀ do extrato, apresentando 20,1% de controle (3 DAA) e 31,1% (5 e 7 DAA), não diferindo da CL₅₀ aos 3, 5 e 7 DAA (6,0, 9,9 e 12,5%, respectivamente), e dos tratamentos água: acetona 1:1 (9,9%) e Actara[®] 250 WG (8,5%) aos 7 DAA. O tratamento Anosom[®] 1 EC apresentou a menor mortalidade ninfal (3,5% aos 7 DAP) por este modo de aplicação.

Com relação ao efeito de contato, os tratamentos com ESAM (CL₉₀) e Anosom[®] 1 EC foram os mais eficientes no controle de ninfas de *B. tabaci* biótipo B aos 3, 5 e 7 dias, com índices de mortalidade entre 74,4% (3 DAP) e 94,4% (7 DAP) e eficiência de controle em relação a testemunha de 93,85% aos 7 DAP. Actara[®] 250 WG apresentou médias intermediárias de mortalidade (48,9 a 70,0%), com eficiência de controle de 67,07% (7 DAP).

Bioatividade comparada entre ESAM e inseticidas comerciais (ensaio de campo)

Os tratamentos à base de ESAM (CL₉₀), Anosom[®] 1 EC e Actara[®] 250 WG apresentaram as maiores médias de controle aos 3 DAP (24,0; 22,7 e 14,7%, respectivamente), diferindo do controle água: acetona (1:1, v/v) (2,7%) (Tabela 6). Aos 5 DAP, Actara[®] 250 WG apresentou o maior controle (62,7%), seguido de ESAM (CL₅₀) + Actara[®] 250 WG (52,0%), Anosom[®] 1 EC (49,3%), e ESAM (CL₉₀) (36,7%), que diferiram do controle, mas não diferiram estatisticamente entre si. Aos 7 DAA, Anosom[®] 1 EC e ESAM (CL₉₀) (ambos com 91,3% de controle), seguidos de Actara[®] 250 WG (81,3%) e ESAM (CL₅₀) + Actara[®] 250 WG (74,7%) foram os mais eficientes no controle das ninfas, sendo 90,61%, 90,61%, 79,83% e 72,71% de eficiência, respectivamente, em relação ao controle água: acetona.

Dessa forma, é possível observar que a aplicação combinada de ESAM (CL₅₀) + Actara 250 WG não apresentou incrementos de controle quando comparada com a aplicação isolada do Actara.

1.4 Discussão

O uso indiscriminado de inseticidas sintéticos na agricultura e seus impactos negativos sobre o homem e o meio ambiente têm estimulado a busca por métodos alternativos de controle de pragas, incluindo o uso de derivados botânicos (BALDIN et al., 2015; TAK et al., 2016). Esses compostos geralmente apresentam menor persistência, exercem menor pressão de seleção, além de serem menos tóxicos a organismos não alvo (CLOYD, 2004; ISMAN, 2006). O presente estudo demonstrou que a aplicação do extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* (ESAM) é eficiente no controle de ninfas de 2º instar de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro, podendo atingir quase 100% de controle na menor concentração avaliada (500 mg.L⁻¹), confirmando a bioatividade verificada sobre outros insetos-praga documentada na literatura. Os extratos etanólicos de *A. muricata* e *A. sylvatica* também mostraram eficiência e merecem maiores investigações.

Dentre as opções de solventes avaliados, o etanol se mostrou mais vantajoso em função do elevado rendimento, além de ser obtido de fontes naturais e renováveis, adequando-se aos preceitos de sustentabilidade e da química verde (ANASTAS et al., 2000).

Os resultados obtidos com ESAM superam, no geral, aqueles obtidos com o inseticida comercial à base de acetogeninas Anosom[®] 1 EC (anonina 10.000 mg.L⁻¹) e também com o inseticida neonicotinoide à base de tiametoxam (Actara[®] 250 WG), em condições de laboratório, casa de vegetação e campo. Esse fato desperta grande interesse, uma vez que tiametoxam é um dos ingredientes ativos mais recomendados em várias partes do mundo para o manejo de moscas-brancas em hortaliças, podendo exercer grande pressão de seleção e evolução de populações resistentes. Outros trabalhos também reportam o destacado efeito do ESAM frente a outros inseticidas sintéticos, em que esse extrato apresentou eficiência similar à flubendiamida em estudo com *H. armigera* (SOUZA et al., 2017) e também ao clorantraniliprole em ensaios com *S. frugiperda* (ANSANTE et al., 2015).

Embora os resultados deste estudo sejam inéditos para o controle de *B. tabaci* biótipo B, trabalhos anteriores demonstraram o potencial inseticida de derivados de espécies de Annonaceae no controle de importantes insetos-praga, como lepidópteros, outros hemípteros e insetos de grãos armazenados (KRINSKI et al., 2014). Com relação à espécie *A. mucosa*, diversos estudos evidenciaram o potencial inseticida e/ou insetistático do ESAM (RIBEIRO et al., 2014a; ANSANTE et al., 2015; SOUZA et al., 2017, 2019), conforme verificado em nosso trabalho.

A bioatividade do ESAM está associada à presença de alcaloides, triglicerídeos e, especialmente, acetogeninas, bem como ao sinergismo entre esses compostos (RIBEIRO et al., 2014b; ANSANTE et al., 2015), sendo a acetogenina bis-tetrahydrofuran rollianiastatina-1 o principal componente (ANSANTE et al., 2015; SOUZA et al., 2017). As acetogeninas são tóxicas para os insetos e atuam na inibição do complexo I (NADH: ubiquinona oxireductase) na cadeia transportadora de elétrons (LEWIS et al., 1993), levando à redução das taxas respiratórias e cardíaca e à morte celular (DEGLI ESPOSTI et al., 1994; GALLARDO et al., 2000).

Neste estudo, os valores estimados de CL_{50} (10,83 mg.L⁻¹) e CL_{90} (200,24 mg.L⁻¹) do ESAM para ninfas da mosca-branca foram inferiores àqueles registrados na literatura para outros insetos, sugerindo que *B. tabaci* biótipo B apresenta maior suscetibilidade ao extrato. Por exemplo, Ansante et al. (2015) relataram CL_{50} igual a 842,9 mg.L⁻¹ para *S. frugiperda*, enquanto que Souza et al. (2019) obtiveram 411,55 mg.L⁻¹ para *H. armigera*, ou seja, a CL_{50} obtida em nosso trabalho foi cerca de 77 e 38 vezes menor, respectivamente, que a relatada por esses autores. Com relação ao efeito adulticida, nenhum dos tratamentos alcançou eficácia satisfatória (máximo de 36,7% em Actara® 250 WG), evidenciando a diferente tolerância ocorrida entre ninfas e adultos da mosca-branca frente a esses extratos. A baixa atividade sobre insetos adultos já havia sido documentada em ensaios com o extrato etanólico de *A. coriacea* Mart. sobre *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae), onde mesmo na maior concentração testada (10.000 mg.L⁻¹), a mortalidade foi de apenas de 6,6% (MORAES et al., 2011).

Ensaio em casa de vegetação indicaram melhor potencial dos tratamentos via contato, seguido por via translaminar. O efeito translaminar do extrato etanólico de folhas e sementes de *A. muricata* já foi documentado para a traça *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) em folíolos de tomateiro, porém foi necessário

empregar-se uma dose cinco vezes maior que a CL_{50} estimada (893,74 mg.L⁻¹) (BRITO, 2014). Para este trabalho, ESAM (na CL_{90}) apresentou o maior índice entre os tratamentos testados por esse meio, com 31,1% de mortalidade de ninfas da mosca-branca a partir dos 5 DAP.

Embora não tenha sido verificado significativo efeito sistêmico no controle de ninfas de *B. tabaci* biótipo B com a CL_{90} do ESAM (\approx 18% aos 7 DAP), extratos de outras espécies botânicas mostraram resultados promissores. Baldin et al. (2007) observaram efeito sistêmico significativo para mortalidade de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro, com a aplicação de extratos de sementes e folhas de *Azadirachta indica* A. Juss., similar ao verificado por Souza e Vendramim (2005), que obtiveram eficiência > 90% com esse mesmo extrato. Entretanto, nos trabalhos desses autores foram empregados extratos aquosos e não alcoólicos, o que pode ter permitido melhor absorção e translocação nas estruturas das plantas.

Similar ao estudo realizado, outros testes em condições de semi-campo também demonstraram os efeitos inseticidas do ESAM. O extrato apresentou eficiência superior a 80% no controle de adultos de *D. citri* em citros (RIBEIRO et al., 2015). Com *H. armigera*, verificou-se 95% de mortalidade de lagartas neonatas que se alimentaram de folíolos de tomateiro previamente pulverizados com a ESAM a 1479 mg.L⁻¹ (SOUZA et al., 2017).

Em condições de campo, ESAM e Anosom[®] 1 EC mostraram-se eficazes no controle de ninfas da mosca-branca (> 90% de mortalidade aos 7 DAP), superando o inseticida Actara[®] 250 WG. A mistura envolvendo ESAM (CL_{50}) + Actara[®] 250 WG não apresentou efeito aditivo e/ou sinérgico, indicando não ser uma combinação válida na busca por incremento de controle da mosca-branca.

Os resultados dos bioensaios de laboratório, casa de vegetação e campo são inéditos e demonstraram que ESAM apresenta potencial inseticida sobre ninfas e adultos da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro. Em geral, a eficácia obtida com ESAM nos experimentos foi superior aos inseticidas comerciais Anosom[®] 1 EC e Actara[®] 250 WG, comprovando resultados anteriores (RIBEIRO et al., 2013; RIBEIRO et al., 2014a, b, c; ANSANTE et al., 2015; SOUZA et al., 2017, 2019).

Considerando-se que *B. tabaci* biótipo B pode desenvolver resistência a diversos grupos químicos (DÂNGELO et al., 2018), o uso de inseticidas botânicos pode ser uma alternativa dentro dos programas de manejo integrado de pragas

(MIP) em tomateiro. Em adição, ESAM apresenta baixo custo, é de fácil obtenção, e oferece menor risco ao ambiente e organismos não alvo.

Embora já existam produtos comerciais à base de acetogeninas extraídas de anonáceas em outros países, existe ainda uma diversidade de compostos dessas espécies a ser explorado na região Neotropical. Um exemplo disso é *A. mucosa*, nativa do Brasil e que pode ter grande potencial para o desenvolvimento de novos inseticidas botânicos para o manejo de importantes pragas, tais como *B. tabaci* biótipo B.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [303892/2016-1] e [445518/2014-6].

Referências

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C., 2000. **Green chemistry: theory and practice**. Oxford University Press, 2000, 152 p.

ANSANTE, T. F. et al. Secondary metabolites from Neotropical Annonaceae: screening, bioguided fractionation, and toxicity to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 969-976, 2015.

BALDIN, E. L. L. et al. Botanical extracts: alternative control for silver leaf whitefly management in tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 59-65, 2015.

BALDIN, E. L. L. et al. Controle de mosca-branca com extratos vegetais, em tomateiro em casa de vegetação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 602-606, 2007.

BELAY, D. K. et al. Insecticidal control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) transmitting Carlavirus on soybeans and detection of the virus in alternate hosts. **Crop Protection**, v. 35, p. 53-57, 2012.

BLESSING, L. T. et al. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science**, v. 83, 3, p. 307-310, 2010.

BRITO, E. F. **Bioatividade de extratos de anonáceas e piperáceas sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro**. 2014. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014.

- CLOYD, R. Natural indeed: Are natural insecticide safer and better then conventional insecticide. **Pesticide Review**, v. 17, p. 1-3, 2004.
- DÂNGELO, R. A. C. et al. Insecticide resistance and control failure likelihood of the whitefly *Bemisia tabaci* (MEAM1; B biotype): a Neotropical scenario. **Annals of Applied Biology**, v. 172, p. 88-99, 2018.
- DE BARRO, P. J. et al. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. **Annals Review of Entomology**, p. 56, v. 1-19, 2011.
- DE BARRO, P. J. et al. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, p. 40-43, 2003.
- DEGLI ESPOSTI, M. et al. Natural substances (acetogenins) from the family Annonaceae are powerful inhibitors of mitochondrial NADH dehydrogenase (Complex I). **Biochemical Journal**, p. 301, v. 161-167, 1994.
- DEMÉTRIO, C. G. B.; HINDE, J. Half-normal plots and overdispersion. **Glim Newsletter**, v. 27, p.19-26, 1997.
- FANELA, T. L. M.; BALDIN, E. L. L.; FUJIHARA, R. T. New experimental tools for bioassays with whitefly in laboratory. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1782-1784, 2012.
- FINNEY, D. J. **Probit analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.
- FIRDAUS, S. et al. Resistance to *Bemisia tabaci* in tomato wild relatives. **Euphytica**, v. 187, p. 31-45, 2012.
- GALLARDO, T. et al. Semisynthesis of antitumoral acetogenins: SAR of functionalized alkyl-chain bis-tetrahydrofuranic acetogenins, specific inhibitors of mitochondrial complex I. **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 43, 25, p. 4793-4800, 2000.
- GONÇALVES, G. L. P. et al. Lethal and sublethal toxicities of *Annona sylvatica* (Magnoliales: Annonaceae) extracts to *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 921-928, 2015.
- HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Overdispersion: models and estimation. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 27, 2, p. 151-170, 1998.
- 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.
- KARAKAYAA, A.; ÖZILGEN, M. Energy utilization and carbono dioxide emission in the fresh, paste, wholepeeled, diced, and juiced tomato production processes. **Energy**, v. 36, p. 5101-5110, 2011.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 225-242, 2014.

LEATEMIA, J. A.; ISMAN, M. B. Efficacy of crude seed extracts of *Annona squamosa* against diamondback moth, *Plutella xylostella* L. in the greenhouse. **International Journal of Pest Management**, v. 50, p. 129-133, 2004.

LEWIS, M. A. et al. Inhibition of respiration at site I by asimicin, an insecticidal acetogenin of the pawpaw, *Asimina triloba* (Annonaceae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 45, p. 15-23, 1993.

MACEDO, J. R., et al. **Recomendações técnicas para a produção do tomate ecologicamente cultivado – TOMATEC**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2005, 10 p.

MCLAUGHLIN, J. L. et al. Annonaceous acetogenins as new natural pesticides: recent progress. **Journal of American Chemical Society**, v. 9, p. 117-133, 1997.

MORAES, J. M. et al. Avaliação da atividade de *Annona coriacea* (Annonaceae) sobre pupas e adultos de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) em laboratório. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 86, 2, p. 115-121, 2011.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistic Society**, v. 135, p. 370-384, 1972.

OCAMPO, D.; OCAMPO, R. Bioactividad de la familia Annonaceae. **Revista Universidad Caldas**, v. 1, p. 135-155, 2006.

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, p. 229-241, 2016.

PERRING, T. M. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, v. 20, p. 725-737, 2001.

R CORE TEAM. "R": **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2012.

RANIERI, A. et al. Light influence on antioxidant properties of tomato fruits. **Progress in Nutrition**, v. 6, p. 44-49, 2004.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; VENDRAMIM, J. D. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v. 75, p. 322–330, 2016.

RIBEIRO, L. P. et al. Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorina citri* (Homoptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 835-842, 2015.

RIBEIRO, L. P. et al. Comparative bioactivity of selected seed extracts from Brazilian *Annona* species and an acetogenin-based commercial bioinsecticide against *Trichoplusia ni* and *Myzus persicae*. **Crop Protection**, v. 62, p. 100-106, 2014a.

RIBEIRO, L. P. et al. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. **Experimental and Applied Acarology**, v. 64, p. 87-98, 2014b.

RIBEIRO, L. P. et al. Tropical plant extracts as sources of grain-protectant compounds against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 43, p. 470-482, 2014c.

RIBEIRO, L. P. et al. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 6-14, 2013.

SAS INSTITUTE. Statistical analysis system: getting started with the SAS learning. Version 9.2. SAS Institute, Cary, 2011.

SCHNEIDER-ORELLI, O. Entomologisches practicum. Aarau, Sauerlander, 1947, 149 p.

SHADMANY, M.; OMAR, D.; MUHAMAD, R. Biotype and insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* populations from Peninsular Malaysia. **Journal of Applied Entomology**, v. 139, p. 67-75, 2015.

SILVA, L. D. et al. Monitoring the susceptibility to insecticides in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) populations from Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 38, 1, p. 116-125, 2009.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Efeito translaminar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de nim sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em tomateiro. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 83-87, 2005.

SOUZA, C. M. et al. Antifeedant and growth inhibitory effects of Annonaceae derivatives on *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Crop Protection**, v. 121, p. 45-50, 2019.

SOUZA, C. M. et al. Lethal and growth inhibitory activities of Neotropical Annonaceae-derived extracts, commercial formulation, and an isolated acetogenin against *Helicoverpa armigera*. **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 701-709, 2017.

TAK, J. H.; JOVEL, E.; ISMAN, M. B. Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of Pest Science**, v. 89, p. 183-193, 2016.

TAY, W. T. et al. Novel molecular approach to define pest species status and tritrophic interactions from historical *Bemisia* specimens. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-13, 2017.

TOLOSA, D. et al. Insecticidal effects of the annonaceous acetogenin squamocin and the acetogenin fraction of seeds of *Rollinia occidentalis* on soybean and corn pests. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 3, p. 156-160, 2014.

TRINDADE, R.C.P. et al. Actividad larvica y variacion estacional del extracto de *Annona muricata* en *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 37, p. 223-228, 2006.

TURCHEN, L.M. et al. Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, p. 82-94, 2016.

Tabela 1. Relação de espécies de *Annona* estudadas e respectivos dados de coleta.

Espécies botânicas	Parte utilizada	Origem	Data de coleta	Número Voucher*
<i>A. muricata</i> L.	Sementes	Campus ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brasil (22°42'25,4"S; 47°37'43,9"W; altitude 576m)	16/03/2017	121892
<i>A. mucosa</i> Jacq.	Sementes, folhas e ramos	Campus ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brasil (22°42'28,5"S; 47°37'59,6"W; altitude 534m)	16/03/2017	120985
<i>A. sylvatica</i> A. St.-Hil.	Sementes	Pomar doméstico, Erval Seco, RS, Brasil (27°25'41,8"S; 53°34'11,2"W; altitude: 466m)	16/03/2017	121205

*Depositado no Herbário ESA do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP.

Tabela 2. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas de 2º instar de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro aos 7 dias após a aplicação dos extratos de *A. mucosa* preparados a partir de diferentes partes da planta e em diferentes solventes (500 mg.L⁻¹).

Tratamento	Hexano		Diclorometano		Etanol	
	N	Mortalidade ¹ (%)	N	Mortalidade ¹ (%)	N	Mortalidade ¹ (%)
Água: acetona (1:1)	405	3,2 \pm 0,87 d	313	8,5 \pm 1,64 d	296	7,0 \pm 2,22 c
<i>A. mucosa</i> folhas	392	72,7 \pm 2,18 b	314	38,0 \pm 3,87 c	277	64,8 \pm 8,72 b
<i>A. mucosa</i> ramos	398	26,8 \pm 3,47 c	349	52,4 \pm 6,82 b	281	43,3 \pm 6,57 b
<i>A. mucosa</i> sementes	408	97,1 \pm 0,99 a	319	99,8 \pm 0,20 a	306	99,7 \pm 0,26 a
<i>F</i>		226,16		105,71		54,60
<i>df</i>		23, 20		23, 20		23, 20
<i>Valor de p</i>		<0,0001		<0,0001		<0,0001

¹ Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 3. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas 2^o ínstar de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro, após a aplicação dos extratos de *Annona* em diferentes períodos de avaliação.

Tratamento	Mortalidade de ninfas ¹ (%)		EC ² (%)
	7 DAP	10 DAP	
<i>Annona muricata</i> 500 mg.L ⁻¹	70,8 \pm 12,50 bcd	74,2 \pm 13,15 bcd	71,3
<i>A. muricata</i> 5.000 mg.L ⁻¹	87,5 \pm 7,50 abc	94,2 \pm 3,40 ab	93,5
<i>A. muricata</i> 10.000 mg.L ⁻¹	100,0 \pm 0,00 a	100,0 \pm 0,00 a	100,0
<i>A. sylvatica</i> 500 mg.L ⁻¹	90,8 \pm 3,70 abc	91,7 \pm 3,20 abc	90,7
<i>A. sylvatica</i> 5.000 mg.L ⁻¹	98,3 \pm 1,70 a	100,0 \pm 0,00 a	100,0
<i>A. sylvatica</i> 10.000 mg.L ⁻¹	95,8 \pm 2,50 ab	99,2 \pm 0,80 a	99,1
<i>A. mucosa</i> 500 mg.L ⁻¹	96,7 \pm 2,40 ab	99,2 \pm 0,80 a	99,1
<i>A. mucosa</i> 5.000 mg.L ⁻¹	100,0 \pm 0,00 a	100,0 \pm 0,00 a	100,0
<i>A. mucosa</i> 10.000 mg.L ⁻¹	100,0 \pm 0,00 a	100,0 \pm 0,00 a	100,0
Anosom [®] 1 EC	89,2 \pm 4,20 abc	92,5 \pm 2,50 abc	91,7
Actara [®] 250 WG	39,2 \pm 8,50 def	52,5 \pm 2,50 de	47,2
Água deionizada	5,0 \pm 2,10 f	10,0 \pm 3,60 e	0,0
Água: acetona (1:1)	14,2 \pm 2,50 ef	17,5 \pm 1,60 e	8,3
<i>F</i>	23,95	28,56	--
<i>df</i>	12, 39	12, 39	--
Valor de <i>p</i>	<0,0001	<0,0001	--

¹ Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$). ²EC = Eficiência de controle dos tratamentos calculada no último período de avaliação, por meio da fórmula proposta por Schneider-Orelli (1947): MC (%) = [(Mortal. (%) em T – Mortal. (%) em C) / (100 – Mortal. (%) em C)] * 100, onde: MC (%) = mortalidade corrigida no controle e T = mortalidade no tratamento.

Tabela 4. Mortalidade média (\pm EP) e eficiência após 72h da aplicação ESAM e inseticidas comerciais para adultos de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro.

Tratamentos	Mortalidade ¹ (%)	EC ² (%)
	72 h	
Actara [®] 250 WG	36,7 \pm 12,44 a	26,93
Anosom [®] 1 EC	22,5 \pm 6,61 a	10,58
ESAM ³ (CL ₉₀)	25,0 \pm 6,61 a	13,46
ESAM (CL ₅₀)	23,3 \pm 5,07 a	11,54
Água: acetona (1:1)	15,0 \pm 2,89 a	1,93
Água deionizada	13,3 \pm 1,67 a	0,00
<i>F</i>	1,6983	--
<i>df</i>	5, 12	--
Valor de <i>p</i>	0,2095	--

¹ Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$). ²EC = Eficiência de controle dos tratamentos, por meio da fórmula proposta por Schneider-Orelli (1947): MC (%) = [(Mortal. (%) em T – Mortal. (%) em C) / (100 – Mortal. (%) em C)] * 100, onde: MC (%) = mortalidade corrigida no controle e T = mortalidade no tratamento. ³ESAM = Extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa*.

Tabela 5. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro, após a aplicação de ESAM e inseticidas comerciais em diferentes períodos de avaliação e diferentes modos de aplicação em casa de vegetação.

Tratamentos	Mortalidade ¹ (%) / Dias após a aplicação			EC ² (%)
	3 DAP	5 DAP	7 DAP	
Efeito sistêmico				
Anosom [®] 1 EC	0,0 \pm 0,00	0,0 \pm 0,00	11,2 \pm 2,38	1,44
Actara [®] 250 WG	0,0 \pm 0,00	0,0 \pm 0,00	3,5 \pm 2,06	0,00
ESAM ³ (CL ₅₀)	1,2 \pm 1,15	2,3 \pm 1,15	4,8 \pm 2,38	0,00
ESAM (CL ₉₀)	13,3 \pm 11,59	13,3 \pm 11,59	18,4 \pm 9,62	9,43
Água: acetona (1:1)	2,4 \pm 2,38	4,8 \pm 2,38	9,9 \pm 3,49	0,00
<i>F</i>	2,2402	2,3607	1,5589	
<i>df</i>	4, 10	4, 10	4, 10	
Valor de <i>p</i>	0,1172	0,1035	0,2442	
Efeito translaminar				
Anosom [®] 1 EC	0,0 \pm 0,00 b	0,0 \pm 0,00 b	3,5 \pm 2,06 b	0,00
Actara [®] 250 WG	0,0 \pm 0,00 b	0,0 \pm 0,00 b	8,5 \pm 1,32 ab	0,00
ESAM (CL ₅₀)	6,0 \pm 2,55 ab	9,9 \pm 3,49 ab	12,5 \pm 1,42 ab	2,89
ESAM (CL ₉₀)	20,1 \pm 2,78 a	31,1 \pm 13,47 a	31,1 \pm 13,47 a	23,53
Água: acetona (1:1)	1,2 \pm 1,15 b	1,2 \pm 1,15 b	9,9 \pm 2,75 ab	0,00
<i>F</i>	15,783	11,559	3,9115	
<i>df</i>	4, 10	4, 10	4, 10	
Valor de <i>p</i>	<0,0001	0,0003141	0,02458	
Efeito contato				
Anosom [®] 1 EC	74,4 \pm 1,11 a	80,0 \pm 3,33 a	84,4 \pm 1,11 a	82,88
Actara [®] 250 WG	48,9 \pm 4,44 b	66,7 \pm 7,70 b	70,0 \pm 6,94 b	67,07
ESAM (CL ₅₀)	8,9 \pm 4,44 d	11,1 \pm 5,88 c	21,1 \pm 1,11 d	13,39
ESAM (CL ₉₀)	78,9 \pm 2,22 a	91,1 \pm 4,01a	94,4 \pm 1,11 a	93,85
Água: acetona (1:1)	0,0 \pm 0,00 d	1,1 \pm 1,11 c	8,9 \pm 2,22 e	0,00
<i>F</i>	53,912	37,884	85,038	
<i>df</i>	4, 10	4, 10	4, 10	
Valor de <i>p</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

¹Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$). ²EC = Eficiência de controle dos tratamentos no último período de avaliação, por meio da fórmula proposta por Schneider-Orelli (1947): $MC (\%) = [(Mortal. (\%) \text{ em T} - Mortal. (\%) \text{ em C}) / (100 - Mortal. (\%) \text{ em C})] * 100$, onde: MC (%) = mortalidade corrigida no controle e T = mortalidade no tratamento. ³ESAM = Extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa*.

Tabela 6. Mortalidade média (\pm EP) de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro, após a aplicação do ESAM e inseticidas comerciais em diferentes períodos de avaliação em condições de campo.

Tratamentos	Mortalidade ¹ (%) / Dias após a aplicação			EC ² (%)
	3 (DAP)	5 (DAP)	7 (DAP)	
Anosom [®] 1 EC	22,7 \pm 3,71a	49,3 \pm 8,39 a	91,3 \pm 3,59 a	90,61
Actara [®] 250 WG	14,7 \pm 1,33 a	62,7 \pm 6,62 a	81,3 \pm 4,42 ab	79,83
ESAM ³ (CL ₅₀)	11,3 \pm 3,43 ab	11,3 \pm 3,43 bc	62,0 \pm 8,07 b	59,01
ESAM (CL ₉₀)	24,0 \pm 2,67 a	36,7 \pm 4,94 ab	91,3 \pm 2,49 a	90,61
ESAM(CL ₅₀) + Actara [®] 250WG	12,7 \pm 3,86 ab	52,0 \pm 10,98 a	74,7 \pm 5,73 ab	72,71
Água: acetona (1:1)	2,7 \pm 1,63 b	4,7 \pm 1,33 c	7,3 \pm 2,21 c	0,00
<i>F</i>	69,944	13,415	32,222	
<i>df</i>	5, 24	5, 24	5, 24	
Valor de <i>p</i>	0,00037	<0,0001	<0,0001	

¹ Médias seguidas de letras distintas nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

²EC = Eficiência de controle dos tratamentos no último período de avaliação, por meio da fórmula proposta por Schneider-Orelli (1947): $MC (\%) = [(Mortal. (\%) \text{ em T} - Mortal. (\%) \text{ em C}) / (100 - Mortal. (\%) \text{ em C})] * 100$, onde: MC (%) = mortalidade corrigida no controle e T = mortalidade no tratamento. ³ESAM = Extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa*.

CAPÍTULO 2

EFEITOS LETAIS E INIBITÓRIOS DE DERIVADOS DE TRÊS ESPÉCIES DE *Annona* SOBRE *Bemisia tabaci* BIÓTIPO B (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EM TOMATEIRO

Resumo

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo B, é uma das principais espécies sugadoras que colonizam o tomateiro, ocasionando danos diretos e indiretos à cultura. O uso de derivados botânicos pode ser uma alternativa viável para o controle do inseto, reduzindo o uso abusivo de inseticidas sintéticos nas lavouras. Neste estudo, avaliou-se a bioatividade de extratos etanólicos de anonáceas em comparação com os inseticidas comerciais Anosom[®] 1 EC (à base de acetogeninas, anonina 10.000 mg.L⁻¹) e tiametoxam (Actara[®] 250 WG) sobre ovos, ninfas e adultos da mosca-branca em tomateiro. Inicialmente, foi avaliado o efeito de extratos etanólicos de sementes de *Annona mucosa*, *A. muricata* e *A. sylvatica* sobre o comportamento de adultos do inseto. Os índices de infestação e deterrência para oviposição indicaram efeito inibidor do extrato de *A. muricata* (500 mg.L⁻¹). Em seguida, avaliou-se a possível ação sistêmica dos extratos, porém não foram verificados efeitos sobre o desenvolvimento ninfal e a viabilidade do inseto. Posteriormente, estimaram-se a CL₅₀ e CL₉₀ do extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* a 500 mg.L⁻¹ (10,83 e 200,24 mg.L⁻¹, respectivamente), as quais foram utilizadas em ensaios de efeito ovicida e comparadas aos controles positivo (Actara[®] 250 WG) e negativo (água e água: acetona (1:1, v/v)). Verificou-se tendência de menor eclosão de ninfas em ovos pulverizados com o extrato na CL₉₀ (44,17%) aos 10 dias após a aplicação. Os resultados deste estudo demonstram o potencial de derivados botânicos de *Annona* spp. para o manejo de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro.

Palavras-chave: Mosca-branca, tomate, repelência, deterrência, mortalidade.

Abstract

The whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B, is one of the main insect species that colonize tomato plants, causing direct and indirect damages. The use of botanical derivatives may be a valuable alternative for insect control, reducing

the abusive use of synthetic insecticides in crops. In this study evaluated the bioactivity of ethanolic extracts of Annonaceae compared to the comercial insectides Anosom[®] 1 EC (based on acetogenins, anonine 10.000 mg.L⁻¹) and thiamethoxam (Actara[®] 250 WG) on eggs, nymphs and adults of the whitefly in tomato. Initially, the effect of ethanolic seed extracts of *Annona mucosa*, *A. muricata* and *A. sylvatica* on the adult insects behavior was evaluated. The rates of infestation and oviposition deterrence indicated inhibitory effect with extract of *A. muricata* (500 mg.L⁻¹). Afterwards, the possible systemic effect of the extracts was evaluated, however, no effects on nymphal development and viability of the insects were verified. Subsequently, LC₅₀ and LC₉₀ of the ethanolic extract of *A. mucosa* at 500 mg.L⁻¹ (10.83 and 200.24 mg.L⁻¹, respectively) were stimated, which were used in ovicidal tests and compared to positive (thiamethoxam and Anosom[®] 1 EC) and negative controls (water and water: acetone (1:1, v/v)). There was a trend of less hatching of eggs sprayed with the LC₉₀ (44.17%) at 10 days after application. The results of this study demonstrate the potential of botanical derivatives of *Annona* spp. for management of *B. tabaci* biotype B in tomato.

Key-words: Silverleaf whitefly, tomato, repelence, deterrence, mortality.

2.1 Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo (KARAKAYAA; ÖZILGEN, 2011). Dentre os principais insetos-praga que atacam a cultura, *Bemisia tabaci* biótipo B é um dos mais importantes (SRINIVASAN et al., 2012). O inseto pode provocar danos diretos às plantas por meio da sucção contínua de seiva e pela indução do amadurecimento irregular dos frutos, além de danos indiretos, como a transmissão de mais de 200 de vírus (BELAY et al., 2012; GILBERTSON et al., 2015).

Atualmente, especialistas em taxonomia definem *B. tabaci* como um complexo de espécies crípticas num total de 43 espécies, morfologicamente idênticas, porém geneticamente distintas (DE BARRO et al., 2011; TAY et al., 2017). Embora esta classificação seja adotada por um grupo de pesquisadores, neste estudo, será mantida a terminologia biótipo B, ainda muito utilizada em trabalhos com *B. tabaci*.

O método mais utilizado para o controle de *B. tabaci* biótipo B é a aplicação de inseticidas sintéticos de diferentes grupos químicos. Contudo, apesar da grande

contribuição desses compostos para o aumento da produção agrícola, diversos efeitos indesejáveis decorrentes de seu uso abusivo vem sendo discutidos, com destaque para o aumento nos custos de produção, a eliminação de insetos benéficos, além dos impactos negativos sobre o meio ambiente e à saúde de produtores e consumidores (SOSA-GOMES; SILVA, 2010; TURCHEN et al., 2016). Em adição, populações de *B. tabaci* de diferentes origens vem apresentando resistência a vários grupos de inseticidas comumente utilizados (DANGELO et al., 2018), limitando seu uso a longo prazo.

Neste contexto, o uso de derivados botânicos com atividade inseticida se apresenta como uma opção valiosa no controle de insetos-praga, podendo ser empregada conjuntamente com outros métodos de manejo e, ao mesmo tempo, auxiliar na manutenção do ambiente, uma vez que deixa menos resíduos e causa menores efeitos deletérios sobre organismos não alvo (MORGAN, 2009), além de apresentar menor persistência no ambiente e, conseqüentemente, maior segurança ao agroecossistema (CLOYD, 2004).

A diversidade de compostos secundários presentes nas plantas que agem sobre insetos pode apresentar diferentes modos de ação, cujos efeitos podem ser letais e/ou subletais, tais como: mortalidade direta, repelência, esterilidade, interferência no desenvolvimento e alterações de comportamento (BEGUM et al., 2011; EL-WAKEIL, 2013; PADÍN et al., 2013).

Dentre os principais grupos botânicos, a família Annonaceae tem se revelado como uma das principais fontes de compostos naturais bioativos (KRINSKI et al., 2014), principalmente a partir da descoberta de substâncias com alto potencial para a medicina, como os alcaloides benzilisoquinolínicos e as acetogeninas (ACGs), sendo essas últimas exclusivamente encontradas em espécies dessa família (BERMEJO et al., 2005), principalmente nas sementes (CASTILLO-SÁNCHEZ et al., 2010).

As ACGs agem como inibidoras do complexo I (NADH: ubiquinona oxidoreductase) na cadeia transportadora de elétrons mitocondrial, levando à redução das taxas respiratórias e cardíaca e à morte celular (GALLARDO et al., 2000).

Diversos estudos demonstraram o potencial de espécies de Annonaceae para o manejo de diversas pragas agrícolas importantes, como: *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (RIBEIRO et al., 2014a), *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) (RIBEIRO et al., 2014b), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (ANSANTE et

al., 2015; RIBEIRO et al., 2016a), *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (TRINDADE et al., 2011), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (RIBEIRO et al., 2015) e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (SOUZA et al., 2017, 2019).

Embora os trabalhos mencionados acima tenham avaliado os efeitos de extratos de diferentes espécies de anonáceas, incluindo às pertencentes ao gênero *Annona*, para o controle de insetos-praga, ainda não existem estudos demonstrando o potencial de extratos etanólicos de sementes de *A. muricata*, *A. mucosa* e *A. sylvatica* para o controle de *B. tabaci* biótipo B em plantas de tomateiro, estimulando a realização do presente estudo.

2.2 Material e Métodos

Criação estoque de *B. tabaci* biótipo B

Para o estudo, foram utilizados insetos da criação existente no Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP, campus de Botucatu, SP, Brasil. Os insetos foram mantidos em casa de vegetação (2,5 × 2,5 × 2,0 m), composta por paredes laterais de vidro, telado anti-afídeo e sombrite. Para alimentação, foram fornecidas plantas de couve-de-folhas e soja (dispostas em vasos de 2L), as quais foram substituídas conforme a necessidade. Periodicamente, durante a execução do estudo, foi realizada a caracterização molecular dos insetos (DE BARRO et al., 2003), visando a confirmação do biótipo.

Obtenção e manutenção de plantas de tomateiro

As plantas de tomateiro cv. Santa Clara (Sakata[®], Bragança Paulista, SP, Brasil) utilizadas nos ensaios foram obtidas a partir de sementeira em bandeja contendo substrato Vivatto[®] Pro-20 (Technes Agrícola, Cabreúva, SP, Brasil). Aos 30 dias após a sementeira, as mudas foram transplantadas para vasos (2L) contendo o mesmo substrato e adubadas, conforme recomendações para a cultura (MACEDO et al., 2005). As plantas foram mantidas em casa de vegetação livre da infestação de insetos.

Obtenção das espécies e preparo dos extratos vegetais

Na tabela 1, encontram-se detalhadas as informações relativas às espécies de Annonaceae utilizadas no estudo. *Vouchers specimens* foram previamente

identificadas pelo Dr. Renato Mello-Silva [Departamento de Botânica, Instituto de Biociências/Universidade de São Paulo (IB/USP)] e encontram-se depositadas no Herbário ESA do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, Brasil.

Os extratos foram obtidos por meio das sementes oriundas de frutos maduros, secos em estufa com circulação de ar forçada a 40 °C por um período de 48 a 72 horas. Após a secagem, cada parte foi moída em moinho de facas e o pó obtido armazenado em vidros herméticos e mantido em freezer doméstico até ser utilizado.

O pó foi posteriormente macerado em solvente orgânico (na proporção de 1:5 p/v), mantido em repouso em um frasco hermeticamente fechado durante três dias e, então, filtrado em papel filtro. A torta restante foi ressubmetida ao solvente, repetindo-se o processo por mais três vezes. O solvente remanescente na solução filtrada foi eliminado em rotaevaporador a 50 °C e à pressão de -600 mmHg. Após a completa evaporação do solvente em câmara com fluxo de ar, foi determinado o rendimento da extração para cada espécie vegetal estudada.

Bioensaios

Os ensaios laboratoriais foram realizados sob condições controladas ($T = 26 \pm 2$ °C, UR = $65 \pm 10\%$ e fotoperíodo = 14h). O bioensaio de casa de vegetação foi realizado em condições parcialmente controladas (temperatura média de 30,7 °C, com máxima de 39,2 °C e mínima de 20,3 °C; UR média de 70%, com máxima de 79% e mínimo de 18%; luz natural), entre setembro e novembro de 2018 em Cabreúva, SP, Brasil (23° 25' S, 47° 09' W).

Efeito no comportamento e oviposição de *B. tabaci* biótipo B

Os bioensaios foram realizados no interior de gaiolas plásticas transparentes, compostas por duas partes independentes, uma servindo de sustentação para os frascos de vidro com água destilada, contendo os folíolos de tomateiro e outra para manter o confinamento dos insetos (FANELA et al., 2012). Na parte inferior, para sustentação dos recipientes, foi confeccionada uma placa de isopor medindo 12 × 5 × 2 cm, com dois orifícios laterais para encaixe de frascos de vidro (10 mL). Essa placa foi disposta sobre uma base de mesmo material (19 × 19 × 1,5 cm), também com dois orifícios laterais; um servindo para aeração, recoberto por *voil*, e o outro para encaixe do frasco contendo os insetos a serem liberados, previamente coletados por

sugadores entomológicos. A parte do confinamento foi constituída por um recipiente plástico transparente (14 × 15 cm), com volume de 2,5L.

Para cada gaiola, foram acondicionados dois folíolos de tomate, previamente pulverizados na face abaxial, com o uso de um aerógrafo (Modelo Arprex 5A) acoplado a um compressor de ar, sob pressão de 0,5 kgf.cm² até o ponto de escorrimento, sendo um folíolo pulverizado com um dos tratamentos e outro com a testemunha (água: acetona, 1:1 v/v). Após cinco minutos da pulverização, os folíolos foram acondicionados nos frascos de vidro contendo água destilada (para manter a turgescência) e então acoplados na base da gaiola. Após esta etapa, o recipiente de confinamento foi encaixado sob os folíolos e a gaiola infestada a partir da base, com 20 casais de *B. tabaci* biótipo B com até dois dias de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dez repetições e seis tratamentos. Cada conjunto contendo folíolos tratado e não tratado e os insetos foi considerado uma repetição. A concentração utilizada no ensaio foi de 500 mg.L⁻¹, conforme ensaios preliminares (SOARES et al., 2019, a ser submetido).

As avaliações foram realizadas por meio da contagem do número de adultos atraídos após 1, 12 e 24h da pulverização dos tratamentos. Após 24h da aplicação, o número de ovos/folíolo também foi determinado. Por fim, foi medida a área foliar dos folíolos em medidor LI 3000A (L-Cor Inc., Lincoln, NE, EUA), para determinação dos ovos/cm².

Efeito no desenvolvimento pós embrionário por ação sistêmica

Para avaliar a possível ação sistêmica dos extratos de *Annona*, foi conduzido um ensaio em casa de vegetação, pulverizando os tratamentos em um ramo intermediário das plantas de tomateiro aos 30 dias de idade. O objetivo foi verificar a possível translocação dos compostos ativos para os folíolos localizados em ramos inferiores e posteriores em relação ao folíolo pulverizado.

Para cada planta, foi individualizado um folíolo (ramo superior ou ramo inferior), o qual foi isolado com pequenas gaiolas (15 × 8 cm) confeccionadas em tecido organdi e infestado com 20 casais do inseto. A infestação foi mantida por seis horas e, após isso, os insetos foram retirados. Trinta ovos viáveis foram mantidos em cada folíolo até a eclosão das ninfas. Aos três dias após a eclosão, os extratos (1%) de cada tratamento foram pulverizados uma única vez sobre o ramo intermediário entre os folíolos infestados com as ninfas, tomando-se cuidado para proteger os ramos

inferiores e superiores, para assim evitar o efeito de deriva. Durante o ensaio, as plantas foram irrigadas quando necessário, a fim de suprir suas necessidades hídricas. As observações foram diárias, avaliando-se o período de desenvolvimento e a viabilidade ninfal.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos, consistindo nos extratos e controles positivo (Anosom[®] 1 EC, Actara[®] 250 WG) e negativo (água, água: acetona, 1:1 v/v). Cada vaso contendo um folíolo (superior ou inferior) infestado com 30 ninfas cada representou uma repetição, num total de 6 por tratamento (3 inferiores e 3 superiores).

Curvas de concentração-resposta do extrato selecionado

Com base em ensaios preliminares (SOARES et al., 2019, a ser submetido), o extrato de *A. mucosa* foi selecionado para estimativa da CL₅₀ e CL₉₀. Para tanto, foram utilizadas cinco concentrações do extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* (intervalo de 0 – 500 mg.L⁻¹), definidas com base na fórmula proposta por Finney (1971). Os extratos foram solubilizados em solvente orgânico (água: acetona, 1:1 v/v) para serem pulverizados sobre as folhas contendo as ninfas de segundo ínstar.

Para a obtenção das ninfas, plantas de tomate com 30 dias após o transplante foram acondicionadas no interior da gaiola de criação da mosca-branca durante seis horas. Após esta etapa, os adultos foram removidos das plantas e a oviposição verificada com auxílio de microscópio-esteroscópio (aumento de 40 ×). Quando os indivíduos atingiram o segundo ínstar, foi demarcada uma área com 30 ninfas por folíolo com auxílio de glíter. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições por concentração. Cada repetição foi constituída por um folíolo de tomateiro infestado por planta (n=90).

A mortalidade foi avaliada aos 10 dias após a pulverização (DAP) dos tratamentos. As ninfas foram consideradas mortas quando apresentaram mudança de coloração e perda de turgidez.

Efeito no desenvolvimento embrionário (Efeito ovicida)

Para a obtenção dos ovos necessários ao ensaio, plantas de tomate com 30 dias de idade foram dispostas no interior da gaiola de criação da mosca-branca durante seis horas. Após esse período, os adultos foram removidos das plantas e os vasos conduzidos ao laboratório. Em seguida, demarcou-se uma área contendo 30

ovos viáveis/folíolo com auxílio de glíter. Na sequência, os folíolos foram destacados das plantas e tiveram seus pecíolos inseridos no interior de tubos plásticos (canudinhos), os quais foram acondicionados em frascos de vidro (9 × 2,5 cm) contendo água (manutenção da turgescência) e sobre bandejas próprias (FANELA, 2012).

Os tratamentos foram pulverizados por meio de aerógrafo (Modelo Arprex 5A) acoplado a um compressor de ar, sob pressão de 0,5 kgf.cm⁻² até o ponto de escorrimento, sobre a face abaxial dos folíolos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos: extrato selecionado na CL₅₀ e na CL₉₀, Anosom[®] 1 EC (200 mL/100 L), Actara[®] 250 WG (18 g/100 L) e controles (água e água: acetona 1:1, v/v) e quatro repetições. Cada repetição consistiu de um folíolo infestado por 30 ovos da mosca-branca e o tratamento pulverizado (n=120). A mortalidade foi avaliada aos 10 dias após a pulverização (DAP), observando-se a percentagem de ninfas não eclodidas.

Análises estatísticas

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) foram utilizados para a análise das variáveis biológicas de *B. tabaci* expostas aos tratamentos. A verificação da qualidade do ajuste foi feita por meio do gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, múltiplas comparações (teste de Tukey, $p < 0,05$) foram realizadas por meio da função `glht` do pacote `multcomp` com ajuste dos valores de p . Todas essas análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico "R", versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Por sua vez, para estimativa das concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₀) foi utilizado um modelo binomial com função de ligação complemento log-log (modelo de gompit), utilizando-se o *Probit Procedure* do software SAS versão 9.2 (SAS INSTITUTE, 2011).

Para estudar o efeito dos extratos no comportamento de *B. tabaci* biótipo B foram realizadas duas avaliações para obtenção dos índices de inibição dos adultos (II) e oviposição, tomando-se como base o índice de deterrência de oviposição (ID) (adaptado de LIN et al., 1990). Empregou-se a fórmula: $II \text{ ou } ID = 2G / (G+P)$, onde G = número de insetos ou ovos contados no folíolo teste e P = número de insetos ou ovos contados na testemunha. Com base nos índices e nos desvios padrões obtidos,

determinaram-se os intervalos de classificação (IC) para as médias dos tratamentos, por meio da fórmula: $IC = [(1 \pm t(n-1; \infty=0,05)) \times (DP/n^{1/2})]$; onde t = valor do teste t de Student a 5% de probabilidade; DP = desvio padrão; n = número de repetições. Os tratamentos foram considerados neutros quando o valor de seus índices ficou compreendido dentro do IC calculado, foram inibidores quando os valores se mantiveram menores do que o IC calculado e foram estimulantes quando os valores estiveram acima do IC calculado (SILVA et al., 2012).

2.3 Resultados e Discussão

A maioria dos tratamentos avaliados não afetaram a infestação e oviposição de *B. tabaci* biótipo B nas plantas de tomateiro. Com relação ao número de adultos da mosca-branca sobre folíolos tratados ou não, o extrato etanólico de sementes de *A. muricata* foi o único que reduziu significativamente a infestação pelo inseto na comparação com o controle após uma, 12 e 24 horas da pulverização (Tabela 2). O mesmo tratamento foi classificado como inibidor nesses três períodos de observação, juntamente com água: acetona (1:1, v/v) que inibiu a infestação por adultos após uma hora da pulverização. Vale destacar que, do total de insetos liberados (40) no início do ensaio, apenas 17,55% dos indivíduos infestaram os folíolos tratados com o extrato de *A. muricata*, evidenciando o potencial inibidor do tratamento. Os demais tratamentos se comportaram como neutros nos períodos de avaliação do estudo. No entanto, o extrato de *A. sylvatica* foi classificado como estimulante à infestação pelos adultos da mosca-branca após uma hora de ensaio, com $\approx 50\%$ dos indivíduos localizados sobre os folíolos deste tratamento. Situação semelhante foi verificada com o inseticida Actara® 250 WG, considerado estimulante após 12h da aplicação.

Conforme verificado com o extrato de *A. sylvatica*, o fato de a pulverização com derivados botânicos estimular a infestação por adultos dessa espécie de mosca-branca em tomateiro já havia sido documentado na literatura. Em um dos estudos, o uso do extrato aquoso de folhas de *Cymbopogon nardus* (L.) aumentou a infestação e oviposição de *B. tabaci* biótipo B nos folíolos em comparação com extratos de outras espécies botânicas (BALDIN et al., 2007a).

Com relação à inibição verificada a partir do uso do extrato etanólico de sementes de *A. muricata*, outros extratos aquosos e/ou orgânicos provenientes de diversas famílias botânicas já foram também relatados por reduzirem a infestação de adultos da mosca-branca em plantas tratadas. Como exemplo, podem ser citados

aqueles provenientes de folhas de *Ruta graveolens* L. (GÓMEZ et al., 1997), folhas de *Mentha pulegium* L., folhas e sementes de *Azadirachta indica* A. Juss., sementes de *Piper nigrum* L., ramos e folhas de *Melia azedarach* L. e *Trichillia pallida* Sw. (BALDIN et al., 2007a, b), folhas de *Toona ciliata* M. Roem. (BEZZERA-SILVA et al., 2012). Em estudo mais recente, também verificou-se maior inibição para adultos da mosca-branca a partir do uso de extrato aquoso de folhas de *T. ciliata* em comparação ao controle água destilada (BALDIN et al., 2015). O mesmo estudo sugere que a presença de compostos secundários voláteis pode influenciar negativamente o comportamento dos adultos, reduzindo o número de insetos pousados sobre as plantas tratadas. Tomando-se por base estudos sobre os mecanismos de inibição de alimentação/colonização dos insetos, sugere-se que essa redução pode ser decorrente da inativação das funções de certos quimiorreceptores ou da estimulação de receptores específicos localizados mediana ou lateralmente na sensila estilocônica dos mesmos (LI, 1999).

É importante destacar que, no caso de insetos vetores como *B. tabaci* biótipo B, o efeito repelente de um extrato pode ser de grande valia, uma vez que, ao evitar que o inseto chegue à planta de tomate, o mesmo impedirá sua alimentação e/ou colonização, reduzindo assim os índices de transmissão de vírus letais às plantas.

Quanto à oviposição de *B. tabaci* biótipo B nos folíolos pulverizados, apenas o extrato etanólico de sementes de *A. muricata* reduziu o número médio de ovos depositados na comparação com o controle após 24 horas de ensaio, sendo classificado como inibidor à oviposição (Tabelas 3 e 4). Esse resultado era esperado, uma vez que a infestação e oviposição são positivamente correlacionados para esta espécie de mosca-branca (BALDIN et al., 2017). Os demais extratos foram classificados como neutros quanto à oviposição do inseto. Em trabalho semelhante com extratos aquosos de diversas espécies botânicas, constatou-se que plantas de tomateiro pulverizadas com extrato de folhas e ramos de *Ricinus communis* L. e extrato de folhas de *A. indica* reduziram a oviposição de *B. tabaci* biótipo B em comparação com o controle (BALDIN et al., 2007a). A redução da oviposição da mosca-branca a partir da aplicação do extrato de *A. muricata* sugere também a presença de compostos voláteis que inibem a oviposição em locais tratados com o mesmo. Contudo, também não pode ser descartada a possibilidade de efeitos antialimentares dos metabólitos do extrato e seus impactos sobre a oviposição da mosca-branca nos folíolos de tomateiro tratados.

Com relação ao uso de derivados de anonáceas, há poucos relatos sobre seus efeitos no comportamento de insetos adultos. Em um dos trabalhos disponíveis na literatura, foi constatada a deterrência para oviposição do óleo de sementes de *Annona squamosa* L. sobre fêmeas de *Boophilus microplus* (Canestrini), *Hyalomma anatolicum* (Koch) e *Rhipicephalus haemaphysaloides* Supino (Acari: Ixodidae) (KALAKUMAR et al., 2000).

Avaliando a ação sistêmica dos tratamentos sobre folíolos infestados com as ninfas de mosca-branca, não foram constatados efeitos deletérios sobre a performance do inseto, com viabilidades da fase imatura variando entre 97,22 e 98,89% (Tabela 5). A duração média do primeiro ínstar de *B. tabaci* biótipo B (prévia à pulverização) para todos os tratamentos foi de 2 dias. No segundo ínstar, as maiores durações foram observadas em plantas que receberam a aplicação de Actara® 250 WG (3,42 dias), seguido por água: acetona (3,22 dias). Os tratamentos à base de *A. sylvatica* (2,74 dias), Anosom® 1 EC (2,70 dias) e *A. mucosa* (2,60 dias) requereram os menores períodos durante o segundo ínstar da mosca-branca. As maiores médias de duração para o terceiro ínstar foram verificadas nos folíolos tratados com água (4,79 dias) e *A. muricata* (4,53 dias). Para o quarto ínstar e período ninfal, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Em outros ensaios, com o objetivo de também verificar o efeito sistêmico de extratos botânicos para o controle dessa mesma mosca-branca em tomateiro, porém aplicados via solo, também não foram observadas alterações no período médio de desenvolvimento de ovo a adulto de *B. tabaci* biótipo B (BALDIN et al., 2007a). Contudo, no mesmo estudo, foi relatado alto índice de mortalidade de ninfas de segundo e terceiro ínstar pelo uso dos extratos aquosos via sistêmica, fato também documentado por Souza e Vendramim (2005), que constataram mortalidades acima de 90% pelo uso do extrato aquoso de *A. indica*. Contrariamente, no presente estudo, os índices de mortalidade ninfal foram inferiores a 5%, fato que pode estar relacionado à forma de aplicação dos tratamentos. Em nosso estudo, os extratos foram aplicados em um ramo intermediário do tomateiro, enquanto que nos outros trabalhos relatados, a aplicação foi realizada via solo. Adicionalmente, deve-se também considerar as diferenças envolvendo as espécies botânicas e solventes empregados.

Os valores de CL₅₀ e CL₉₀ estimados com o extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* para ninfas de mosca-branca foram, respectivamente, 10,83 mg.L⁻¹ e 200,24 mg.L⁻¹ (Tabela 6). Em estudo semelhante, Ansante et al. (2015) avaliaram o

efeito de diferentes espécies de Annonaceae (*Annona cacans* Warm., *A. montana* Macfad., *A. mucosa*, *A. reticulata* L. e *A. sylvatica*) sobre *S. frugiperda*, sendo o extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* o mais eficiente, com CL₅₀ de 842,9 mg.L⁻¹. Empregando o mesmo extrato para outra espécie de Lepidoptera, Souza et al. (2019) estimaram CL₅₀ igual a 411,55 mg.L⁻¹ sobre lagartas de *H. armigera*. Ambos trabalhos estimaram valores superiores aos obtidos no presente estudo, indicando que a mosca-branca *B. tabaci* biótipo B apresenta maior suscetibilidade ao extrato.

Não foi verificada diferença entre os tratamentos quanto ao efeito ovicida aos 10 dias após a pulverização (DAP); contudo, considerando-se os valores absolutos, verificou-se tendência de menor eclosão das ninfas a partir da aplicação da CL₉₀ (44,17%) e CL₅₀ (58,33%) do extrato de *A. mucosa*, sugerindo potencial para o controle de ovos (Tabela 7). Comparativamente aos demais, o inseticida botânico Anosom[®] 1 EC permitiu a maior taxa de eclosão de ninfas da mosca-branca. Em geral, estudos semelhantes que avaliaram o efeito de derivados botânicos sobre a mortalidade de ovos de *B. tabaci* biótipo B reportaram índices moderados de controle. Num deles, foi avaliado o efeito ovicida de extratos aquosos de espécies de Meliaceae a 3% (p/v), obtendo-se as maiores mortalidades com *T. pallida* (38,65%), *A. indica* (31,31%) e *M. azedarach* (28,91%) (SOUZA; VENDRAMIM, 2000a). Em outro trabalho dos mesmos autores, verificou-se efeito ovicida dos extratos aquosos de *M. azedarach* e *T. pallida* em concentrações de 1,0 a 3,0% (p/v), sendo o maior índice constatado com *T. pallida* a 3% (52,32%) (SOUZA; VENDRAMIM, 2000b). Vale ressaltar que embora nosso estudo tenha utilizado o etanol como solvente, a dosagem utilizada foi de 200,24 mg.L⁻¹, enquanto que nos trabalhos descritos acima, os extratos aquosos foram empregados entre 10.000 e 30.000 mg.L⁻¹, evidenciando o potencial do extrato de *A. mucosa* para essa finalidade.

Embora a bioatividade dos extratos de anonáceas seja conhecida para outros insetos-praga (ANSANTE et al., 2015; RIBEIRO et al., 2015, 2016a, 2016b; GONÇALVES et al., 2015; SOUZA et al., 2017, 2019), o presente estudo demonstrou de forma inédita os efeitos subletais (inibição de infestação e oviposição) e letais (ninficida e ovicida) de *A. muricata* e *A. mucosa*, respectivamente, sobre *B. tabaci* biótipo B. Em geral, os derivados botânicos são constituídos por mais de uma substância ativa, as quais agem sinergicamente sobre as espécies-alvo (AKHTAR; ISMAN, 2013). A compatibilidade com agentes de controle biológico e a ação sobre diferentes sítios bioquímicos são características típicas de derivados botânicos, os

quais promovem menor pressão de seleção sobre as pragas nas culturas, retardando o desenvolvimento da resistência, com benefícios diretos para o manejo integrado de pragas (MIP) (RATTAN, 2010). Nossos dados ressaltaram o potencial desses derivados botânicos, estimulando o isolamento e caracterização de compostos majoritários, podendo, inclusive, servir como modelo para a síntese de novos inseticidas comerciais. Adicionalmente, no caso de *A. muricata*, as sementes são consideradas resíduos descartáveis para a indústria alimentícia, podendo ser aproveitadas para o desenvolvimento de novos produtos (SEFFRIN et al., 2010; RIBEIRO et al., 2013).

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [303892/2016-1] e [445518/2014-6].

Referências

AKHTAR, Y.; ISMAN, M. B. Plant natural products for pest management: the magic of mixtures. *In*: ISHAAYA, I.; PALLI, S. R.; HOROWITZ, A. R. **Advanced technologies for managing insect pests**. Elsevier: Dordrecht, 2013, p.231-247.

ANSANTE, T. F. et al. Secondary metabolites from Neotropical Annonaceae: screening, bioguided fractionation, and toxicity to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 969-976, 2015.

BALDIN, E. L. L. et al. Characterization of antixenosis in soybean genotypes to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, p. 1869-1876, 2017.

BALDIN, E. L. L. et al. Botanical extracts: alternative control for silver leaf whitefly management in tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 59-65, 2015.

BALDIN, E. L. L. et al. Controle de mosca-branca com extratos vegetais, em tomateiro em casa de vegetação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 602-606, 2007a.

BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. Interaction between resistant tomato genotypes and plant extracts on *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B. **Scientia Agricola**, v. 64, p. 476-481, 2007b.

BEGUM, N.; SHARMA, B.; PANDEY, R. S. Evolution of insecticidal efficacy of *Calotropis procera* and *Annona squamosa* ethanol extracts against *Musca domestica*. **Journal of Biofertilizers and Biopesticides**, v. 1, p. 101-106, 2011.

BELAY, D. K. et al. Insecticidal control of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) transmitting Carlavirus on soybeans and detection of the virus in alternate hosts. **Crop Protection**, v. 35, p. 53-57, 2012.

BERMEJO, A. et al. Acetogenins from Annonaceae: recent progress in isolation, synthesis and mechanisms of action. **Natural Product Reports**, v. 22, n. 2, p.269-303, 2005.

BEZERRA-SILVA, G. C. D. et al. Insecticidal and behavioral effects of secondary metabolites from Meliaceae on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Florida Entomologist**, v. 95, p. 743-751, 2012.

CASTILLO-SÁNCHEZ, L. H. C.; JIMÉNEZ-OSORNIO, J. J.; DELGADO-HERRERA, M. A. Secondary metabolites of the Annonaceae, Solanaceae and Meliaceae families used as biological control of insects. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 12, n. 3, p. 445-462, 2010.

CLOYD, R. Natural indeed: Are natural insecticide safer and better then conventional insecticide. **Illinois Pesticide Review**, v. 17, p. 1-3, 2004.

DÂNGELO, R. A. C. et al. Insecticide resistance and control failure likelihood of the whitefly *Bemisia tabaci* (MEAM1; B biotype): a Neotropical scenario. **Annals of Applied Biology**, v. 172, p. 88-99, 2018.

DE BARRO, P. J. et al. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. **Annual Review of Entomology**, v. 56, n. 1, p. 1–19, 2011.

DE BARRO, P. J. et al. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Bemisia tabaci*. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, p. 40-43, 2003.

EL-WAKEIL, N. E. Botanical pesticides and their mode of action. **Gesunde Pflanzen**, v. 65, n. 4, p.125-149, 2013.

FANELA, T. L. M. **Efeito de óleos essenciais e extratos de diferentes espécies botânicas sobre *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro.** 2012. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Proteção de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu-SP, 2012.

FANELA, T. L. M.; BALDIN, E. L.L.; FUJIHARA, R. T. New experimental tools for bioassays with whitefly in laboratory. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977. Imprensa), v. 47, p. 1782-1784, 2012.

FINNEY, D. J. Probit analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

GALLARDO, T. et al. Semisynthesis of antitumoral acetogenins: SAR of functionalized alkyl-chain bis-tetrahydrofuranic acetogenins, specific inhibitors of mitochondrial complex I. **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 43, n. 25, p. 4793-4800, 2000.

GILBERTSON, R. L. et al. Role of the insect super vectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses. **Annual Review of Virology**, v. 2, p. 67-93, 2015.

GÓMEZ, P. et al. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: II. Extractos vegetales. **Manejo Integrado Plagas**, v. 46, p. 17-25, 1997.

GONÇALVES, G. L. P. et al. Lethal and sublethal toxicities of *Annona sylvatica* (Magnoliales: Annonaceae) extracts to *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 921-928, 2015.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Overdispersion: models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 27, n. 2, p. 151-170, 1998.

KALAKUMAR, B. et al. Evaluation of custard seed oil and neem oil as acaricides. **Journal of Veterinary Parasitology**, v. 14, p. 171-172, 2000.

KARAKAYAA, A.; ÖZILGEN, M. Energy utilization and carbon dioxide emission in the fresh, paste, wholepeeled, diced, and juiced tomato production processes. **Energy**, v. 36, p. 5101-5110, 2011.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p.225-242, 2014.

LI, X. Recent studies on insecticidal activities of limonoids from meliaceous plants. **Acta Entomologica Sinica**, v. 6, p. 283-288, 1999.

LIN, H.; KOGAN, M.; FISCHER, D. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparisons of inducing factors. **Environmental Entomology**, v. 19, p. 1852-1857, 1990.

MACEDO, J. R. et al. Recomendações técnicas para a produção do tomate ecologicamente cultivado – TOMATEC. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2005, 10p.

MORGAN, E. D. Azadirachtin, a scientific gold mine. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, v.17, p. 4096-4105, 2009.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, p. 370-384, 1972.

PADÍN, S. B. et al. Toxicity and repellence of nine medicinal plants against *Tribolium castaneum* in stored wheat. **Bulletin of Insectology**, v. 66, n. 1, p. 45-49, 2013.

R CORE TEAM. "R": **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2012.

RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, v. 29, p. 913-920, 2010.

RIBEIRO, L. P. et al. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v. 75, p. 322–330, 2016a.

RIBEIRO, L.P. et al. Searching for promising sources of grain protectors in extracts from Neotropical Annonaceae. **Latin American and Caribbean Bulletin of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 15, p. 215–232, 2016b.

RIBEIRO, L. P. et al. Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 835-842, 2015.

RIBEIRO, L. P. et al. Comparative bioactivity of selected seed extracts from Brazilian *Annona* species and an acetogenin-based commercial bioinsecticide against *Trichoplusia ni* and *Myzus persicae*. **Crop Protection**, v. 62, p. 100-106, 2014a.

RIBEIRO, L. P. et al. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. **Experimental and Applied Acarology**, v. 64, p. 87-98, 2014b.

RIBEIRO, L. P. et al. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): a promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 6–14, 2013.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system: getting started with the SAS learning**. Version 9.2. SAS Institute, Cary, 2011.

SEFFRIN, R. C. et al. Effects of crude seed extracts of *Annona atemoya* and *Annona squamosa* L. against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v. 29, n. 1, p. 20-24, 2010.

SILVA, M.A. et al. Inhibition of oviposition by neem extract: a behavioral perspective for the control of the mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v. 95, p. 332-336, 2012.

SOARES, M. C. E. et al. Bioatividade comparada de derivados de anonáceas e inseticida à base de neonicotinoide sobre *Bemisia tabaci* biótipo B: ensaios de laboratório, semi-campo e campo, 2019 (a ser submetido).

SOSA-GOMEZ, D. R.; SILVA, J. J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 767-769, 2010.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Efeito translaminar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de nim sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em tomateiro. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 83-87, 2005.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Efeito de extratos aquosos de meliáceas sobre *Bemisia tabaci* biótipo B em tomateiro. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 173-179, 2000a.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Atividade ovicida de extratos aquosos de meliáceas sobre mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em tomateiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 403-406, 2000b.

SOUZA, C. M. et al. Antifeedant and growth inhibitory effects of Annonaceae derivatives on *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Crop Protection**, v. 121, p. 45-50, 2019.

SOUZA, C. M. et al. Lethal and growth inhibitory activities of Neotropical Annonaceae-derived extracts, commercial formulation, and an isolated acetogenin against *Helicoverpa armigera*. **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 701-709, 2017.

SRINIVASAN, R. et al. Whitefly population dynamics and evaluation of the whitefly transmitted tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) - Resistant tomato genotypes as whitefly and TYLCV reservoirs. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 1447-1456, 2012.

TAY, W. T. et al. Novel molecular approach to define pest species status and tritrophic interactions from historical *Bemisia* specimens. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2017.

TRINDADE, R. C. P. et al. Larvicidal activity and seasonal variation of *Annona muricata* (Annonaceae) extract on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 37, n. 2, p. 223-227, 2011.

TURCHEN, L. M. et al. Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 1, p. 82-94, 2016.

Tabela 1. Relação de espécies de Annonaceae avaliadas e respectivos dados de coleta.

Espécie botânica	Parte utilizada	Origem	Data de coleta	Número Voucher*
<i>A. muricata</i> L.	Sementes	Campus ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brasil (22°42'25,4''S; 47°37'43,9''W; altitude 576m)	16/03/2017	121892
<i>A. mucosa</i> Jacq.	Sementes	Campus ESALQ/USP, Piracicaba, SP, Brasil (22°42'28,5''S; 47°37'59,6''W; altitude 534m)	16/03/2017	120985
<i>A. sylvatica</i> A. St.- Hil.	Sementes	Pomar Doméstico, Erval Seco, RS, Brasil (27°25'41,8''S; 53°34'11,2''W; altitude: 466m)	16/03/2017	121205

*Depositado no Herbário ESA do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP

Tabela 2. Médias (\pm EP) de adultos/folíolo e índice de infestação de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro em submetido a diferentes tratamentos em três períodos de avaliação.

	II [‡]		IC [†]	Classificação [¶]	
	Adultos/folíolos*	(M \pm EP)			
1 hora					
<i>A. muricata</i>	2,1 \pm 0,74 a	0,51 \pm 0,11	(0,79 ; 1,21)	inibidor	F = 7,69*
Controle	5,2 \pm 0,84 b				P = 0,0125
<i>A. sylvatica</i>	5,4 \pm 1,33 a	1,16 \pm 0,16	(0,71 ; 1,29)	neutro	F = 1,55 ns
Controle	3,3 \pm 1,04 a				P = 0,2295
<i>A. mucosa</i>	2,9 \pm 0,41 a	1,36 \pm 0,19	(0,65 ; 1,36)	neutro	F = 3,5 ns
Controle	1,7 \pm 0,50 a				P = 0,0776
Anosom [®] 1 EC	2,4 \pm 0,52 a	1,11 \pm 0,20	(0,63 ; 1,37)	neutro	F = 0,04 ns
Controle	2,2 \pm 0,90 a				P = 0,8502
Actara [®] 250					F = 0,00 ns
WG	0,5 \pm 0,17 a	1,00 \pm 0,33	(0,39 ; 1,61)	neutro	
Controle	0,5 \pm 0,20 a				P = 1,0000
Água: acetona					F = 0,56 ns
(1:1)	0,4 \pm 0,22 a	0,40 \pm 0,22	(0,59 ; 1,41)	inibidor	
Controle	0,7 \pm 0,33 a				P = 0,4645
12 horas					
<i>A. muricata</i>	6,3 \pm 1,22 a	0,49 \pm 0,06	(0,88 ; 1,11)	inibidor	F = 35,95*
Controle	19,5 \pm 1,63 b				P = < 0,0001
<i>A. sylvatica</i>	18,6 \pm 2,07 a	1,33 \pm 0,13	(0,77 ; 1,23)	estimulante	F = 9,95*
Controle	9,6 \pm 1,96 b				P = 0,0055
<i>A. mucosa</i>	17,3 \pm 2,85 a	1,26 \pm 0,17	(0,69 ; 1,31)	neutro	F = 2,95 ns
Controle	10,4 \pm 2,83 a				P = 10,30
Anosom [®] 1 EC	13,0 \pm 1,63 a	1,23 \pm 0,14	(0,73 ; 1,26)	neutro	F = 2,2 ns
Controle	9,0 \pm 2,16 a				P = 0,1557
Actara [®] 250					F = 5,32*
WG	5,9 \pm 1,28 a	1,47 \pm 0,18	(0,67 ; 1,33)	estimulante	
Controle	2,4 \pm 0,82 b				P = 0,0332

Água: acetona					F = 0,096 ns
(1:1)	3,9 ± 0,67 a	0,96 ± 0,15	(0,73 ; 1,27)	neutro	
Controle	5,3 ± 1,26 a				P = 0,3392
24 horas					
<i>A. muricata</i>	7,1 ± 1,23 a	0,51 ± 0,08	(0,85 ; 1,14)	inibidor	F = 49,77*
Controle	20,0 ± 1,35 b				P = <0,0001
<i>A. sylvatica</i>	18,4 ± 1,95 a	1,26 ± 0,12	(0,78 ; 1,22)	estimulante	F = 7,02*
Controle	11,0 ± 1,99 b				P = 0,0163
<i>A. mucosa</i>	16,2 ± 3,09 a	1,19 ± 0,17	(0,69 ; 1,31)	neutro	F = 1,58 ns
Controle	10,9 ± 2,87 a				P = 0,2254
Anosom [®] 1 EC	14,9 ± 2,17 a	0,48 ± 0,15	(0,72 ; 1,28)	neutro	F = 2,25 ns
Controle	10,0 ± 2,43 a				P = 0,1506
Actara [®] 250					F = 3,94 ns
WG	6,4 ± 1,17 a	0,50 ± 0,16	(0,71 ; 1,29)	neutro	
Controle	3,7 ± 0,68 a				P = 0,0626
Água: acetona					F = 0,63 ns
(1:1)	5,2 ± 1,36 a	0,53 ± 0,17	(0,69 ; 1,31)	neutro	
Controle	6,7 ± 1,30 a				P = 0,4379

‡ Índice de inibição dos adultos; † Intervalo de Classificação; †† Classificação = neutro: compreendendo dentro do Intervalo de classificação (ICi < II < ICs); Inibidor (II < ICi); Estimulante (II > ICs); ICi = intervalo de classificação limite inferior e ICs = intervalo de classificação limite superior.

* Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste t ($p < 0,05$), ns = não significativo.

Tabela 3. Médias (\pm EP) de ovos/folículo e índice de deterrência de diferentes tratamentos sobre *B. tabaci* biótipo B em após 24h da pulverização.

	Ovos/folículos	ID [‡] (M \pm EP)	IC [†]	Classificação [™]	
<i>A. muricata</i>	4,7 \pm 0,89 a	0,72 \pm 0,12	(0,77 ; 1,23)	inibidor	F = 5,16*
Controle	9,9 \pm 1,95 b				P = 0,0036
<i>A. sylvatica</i>	6,1 \pm 1,44 a	0,98 \pm 0,22	(0,59 ; 1,41)	neutro	F = 0,00 ns
Controle	6,0 \pm 2,38 a				P = 0,9718
<i>A. mucosa</i>	9,3 \pm 3,29 a	1,04 \pm 0,27	(0,50 ; 1,50)	neutro	F = 0,27 ns
Controle	7,0 \pm 2,94 a				P = 0,6089
Anosom [®] 1 EC	8,1 \pm 2,90 a	0,85 \pm 0,24	(0,56 ; 1,44)	neutro	F = 0,06 ns
Controle	9,2 \pm 3,19 a				P = 0,8018
Actara [®] 250					F = 0,17 ns
WG	5,6 \pm 1,58 a	1,07 \pm 0,19	(0,66 ; 1,34)	neutro	
Controle	4,7 \pm 1,50 a				P = 0,6856
Água: acetona	5,7 \pm 1,67 a	1,04 \pm 0,22	(0,60 ; 1,40)	neutro	F = 0,04 ns
Controle	6,2 \pm 1,69 a				P = 0,8359

[‡] Índice da deterrência de oviposição; [†] Intervalo de Classificação; [™] Classificação = neutro: compreendendo dentro do Intervalo de classificação (ICi < ID < ICs); Inibidor (ID < ICi); Estimulante (ID > ICs); ICi = intervalo de classificação limite inferior e ICs = intervalo de classificação limite superior.

* Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste t ($p < 0,05$), ns = não significativo.

Tabela 4. Médias (\pm EP) de ovos/cm² de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro com diferentes tratamentos após 24h da pulverização.

Tratamento	Ovos/cm ²	
<i>A. muricata</i>	0,22 \pm 0,04 a	F = 7,86*
Controle	0,55 \pm 0,11 b	P = 0,0118
<i>A. sylvatica</i>	0,29 \pm 0,07 a	F = 0,11 ns
Controle	0,34 \pm 0,14 a	P = 0,7393
<i>A. mucosa</i>	0,48 \pm 0,16 a	F = 0,21 ns
Controle	0,38 \pm 0,14 a	P = 0,6542
Anosom [®] 1 EC	0,37 \pm 0,13 a	F = 0,04 ns
Controle	0,41 \pm 0,14 a	P = 0,8429
Actara [®] 250 WG	0,28 \pm 0,07 a	F = 0,05 ns
Controle	0,31 \pm 0,11 a	P = 0,8200
Água: acetona (1:1)	0,21 \pm 0,05 a	F = 0,80 ns
Controle	0,34 \pm 0,13 a	P = 0,3830

* Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste t ($p < 0,05$), ns = não significativo.

Tabela 5. Médias (\pm EP) de duração de ínstaras ninfais, período ninfal total e viabilidade ninfal de *B. tabaci* biótipo B em tomateiro, com diferentes tratamentos aplicados a 1%.

Tratamento	Duração (dias)				Viabilidade ninfal (%)
	2º ínstar	3º ínstar	4º ínstar	Período ninfal	
Água	2,85 \pm 0,07 bc	4,79 \pm 0,15 a	6,95 \pm 0,43	16,61 \pm 0,28	97,78 \pm 1,40
Água: acetona (1:1)	3,22 \pm 0,10 ab	3,54 \pm 0,11 b	6,87 \pm 0,34	15,65 \pm 0,31	98,33 \pm 0,74
Actara® 250 WG	3,42 \pm 0,11 a	3,59 \pm 0,29 b	7,68 \pm 0,38	16,75 \pm 0,34	97,22 \pm 1,34
<i>A. mucosa</i>	2,60 \pm 0,11c	3,62 \pm 0,27 b	7,38 \pm 0,35	15,65 \pm 0,16	96,67 \pm 1,72
<i>A. muricata</i>	2,95 \pm 0,12 bc	4,53 \pm 0,19 a	6,79 \pm 0,24	16,32 \pm 0,29	96,67 \pm 1,22
Anosom® 1 EC	2,70 \pm 0,05 c	4,19 \pm 0,14 ab	6,89 \pm 0,15	15,79 \pm 0,11	98,89 \pm 1,11
<i>A. sylvatica</i>	2,74 \pm 0,10 c	3,98 \pm 0,18 ab	6,93 \pm 0,26	16,62 \pm 0,37	98,33 \pm 1,14
<i>F</i>	9,0742	6,1529	2,0895	3,1716	0,417
<i>df</i>	6, 14	6, 14	6, 14	6, 14	6, 14
Valor de <i>p</i>	<0,0001	<0,0001	0,06714	0,009169	0,886

¹ Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 6. Estimativa da CL₅₀ e CL₉₀ (mg.L⁻¹) e intervalo de confiança para o extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* (ESAM) para ninfas de *B. tabaci* biótipo B.

Tratamento ¹	N ²	Slope ± SE	CL ₅₀ (mg.L ⁻¹) IC ³ to 95%	CL ₉₀ (mg.L ⁻¹) IC ³ to 95%	χ ² ⁴	g.l. ⁵
<i>A. mucosa</i>	450	0,95± 0,12	10,83 (5,29 – 18,31)	200,24 (121,14 – 389,68)	5,9066	3

¹ Extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa*

² Número total de indivíduos testados

³ 95% - Intervalo de confiança

⁴ Teste de qui-quadrado

⁵ Graus de liberdade

Tabela 7. Médias (\pm EP) de eclosão de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em folíolos de tomateiro com diferentes tratamentos, após 10 dias da pulverização.

Tratamento	Eclosão de ninfas (%)
Anosom [®] 1 EC	78,83 \pm 6,16 a
Água	66,67 \pm 14,34 a
Água: acetona (1:1)	73,33 \pm 6,80 a
A. mucosa (CL ₅₀)	58,33 \pm 12,58 a
A. mucosa (CL ₉₀)	44,17 \pm 11,81 a
Actara [®] 250 WG	65,00 \pm 8,66 a
<i>F</i>	0,9394
<i>df</i>	5, 18
valor de <i>p</i>	0,4881

¹ Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, indicam diferenças significativas entre os tratamentos (GLM com distribuição quase-binomial seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de derivados botânicos é uma valiosa ferramenta a ser considerada no manejo das populações de diferentes pragas de importância agrícola, incluindo a mosca-branca *B. tabaci* biótipo B.

Para os derivados de anonáceas estudados neste trabalho, o extrato de sementes foi o escolhido para o estudo, em função de sua maior bioatividade. Diversos trabalhos justificam e comprovam esse resultado, uma vez que os principais componentes bioativos das plantas dessa família se concentram nas sementes. Nesse trabalho, o tipo de solvente utilizado não interferiu nos resultados obtidos e, desta forma, a escolha do etanol se deu por questões de sustentabilidade e segurança.

O extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* (ESAM) ocasionou elevada mortalidade de ninfas de *B. tabaci* biótipo B em baixas concentrações, tanto em ensaios de laboratório quanto a campo e semi-campo.

Os resultados obtidos a partir do uso do extrato de *A. muricata* quanto à inibição da colonização (diminuição da infestação por adultos e oviposição) também são importantes, uma vez que, impedindo que os insetos cheguem às plantas, podem também reduzir as taxas de transmissão viral, pela diminuição da alimentação dos insetos.

Os resultados obtidos neste estudo são inéditos para o controle de *B. tabaci* biótipo B e, no geral, se mostram ainda mais promissores que aqueles alcançados com os inseticidas comerciais Anosom[®] 1 EC (botânico) e tiametoxam (Actara[®] 250 WG), evidenciando o grande potencial de uso desses extratos.

As espécies de *Annona* estudadas são nativas das Américas e ainda são pouco exploradas nas regiões Neotropicais, podendo servir de base para investigações futuras, inclusive servindo de modelo para a síntese de novos inseticidas sintéticos.

De forma geral, o residual obtido com os extratos é baixo, sugerindo maior aplicabilidade em pulverizações próximas à colheita, sendo este um nicho de mercado ainda bastante deficiente, com poucas alternativas aos produtores. Em adição, a matéria-prima para obtenção dos extratos pode ser obtida em indústrias, onde muitas vezes, é considerada como resíduo, como o caso das sementes de *A. muricata*, extraídas e descartadas no processo de fabricação da polpa de graviola.

A significativa bioatividade demonstrada com derivados de *Annona* spp. sobre *B. tabaci* biótipo B pode servir como estímulo para futuras pesquisas, visando a descoberta e desenvolvimento de novos produtos a serem disponibilizados para os programas de manejo integrado de pragas.

REFERÊNCIAS

- ABIDA, Y. S. et al. Biological screening of *Curcuma longa* L. for insecticidal and repellent potentials against *Tribolium castaneum* (Herbst) adults. **University Journal of Zoology Rajshahi University**, v. 28, p. 69-71, 2010.
- ADEOYE, O. T.; EWETE, F. K. Potentials of *Annona muricata* Linnaeus (Annonaceae) as a botanical insecticide against *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Agriculture, Forestry and the Social Sciences**, v. 8, n. 2, p.147-151, 2010.
- ALMEIDA, J. R. G. S. et al. Antinociceptive activity of ethanol extract from *Duguetia chrysocarpa* Maas (Annonaceae). **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-6, 2012.
- ANITA, S.; SUJATHA, P.; PRABHUDAS, P. Efficacy of pulverised leaves of *Annona squamosa* (L.), *Moringa oleifera* (Lam.) and *Eucalyptus globulus* (Labill.) against the stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst.). **Recent Research in Science and Technology**, v. 4, n. 2, p.19-23, 2012.
- ANSA, 2016. AGÊNCIA ITALIANA DE NOTÍCIAS. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/ansa/2016/10/27/italia-bate-china-e-e-2-maior-produtora-de-tomates-do-mundo.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 04 de agosto de 2017.
- ANSANTE, T. F. et al. Secondary metabolites from Neotropical Annonaceae: screening, bioguided fractionation, and toxicity to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 969-976, 2015.
- ARAÚJO, A. M. N. **Bioatividade de espécies vegetais em relação a *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1983). (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) em feijão (*Phaseolus vulgaris* L., 1753)**. 2010. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.
- BALDIN, E. L. L. et al. Botanical extracts: alternative control for silver leaf whitefly management in tomato. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 59-65, 2015.
- BARBOSA, L. F. et al. First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, 2015.
- BEGUM, N.; SHARMA, B.; PANDEY, R. S. Evolution of insecticidal efficacy of *Calotropis procera* and *Annona squamosa* ethanol extracts against *Musca domestica*. **Journal of Biofertilizers and Biopesticides**, v. 1, p. 101-106, 2011.
- BERMEJO, A. et al. Acetogenins from Annonaceae: recent progress in isolation, synthesis and mechanisms of action. **Natural Product Reports**, v. 22, n. 2, p. 269-303, 2005.
- BORROR, D. J.; DeLONG, D. M. **Estudo dos insetos**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011, 809 p.

BRAGARD, C. et al. Status and prospects of plant virus control through interference with vector transmission. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51, p. 177-201, 2013.

BOYER, S.; ZHANG, H.; LEMPERIERE, G. A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. **Bulletin of Entomological Research**, v. 102, p. 213-229, 2012.

BROWN, J. K.; BIRD, J. Whitefly-transmitted geminiviruses and associated disorders in the Americas and the Caribbean basin: past and present. **Plant Disease**, v. 76, p. 220-225, 1992.

BROWN, J. K.; FROHLICH, D. R.; ROSSEL, R. C. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? **Annual Review of Entomology**, v. 40, p. 511-534, 1995.

BYRNE, D. N.; BELLOWS, T. S. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, v. 36, n. 1, p. 431-457, 1991.

CANTRELL, C. L.; DAYAN, F. E.; DUKE, S. O. Natural products as sources for new pesticides. **Journal of Natural Products**, v. 75, p. 1231-1242, 2012.

CASTILLO-SÁNCHEZ, L. et al. Secondary metabolites of the Annonaceae, Solanaceae and Meliaceae families used as biological control of insects. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 12, n. 3, p. 445-462, 2010.

CEAGESP- Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. 2019. Disponível em: < <http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/graviola/> >. Acesso em: 30 de março de 2019.

CÉSPEDES, C. L. et al. Insect growth inhibition by tocotrienols and hydroquinones from *Roldanabarba johannis*. **Phytochemistry**, v. 65, n. 1, p. 1963-1975, 2004.

CHATROU, L. W.; RAINER, H.; MAAS, P. J. M. Annonaceae (Soursop Family). In: SMITH, N. **Flowering plants of the Neotropics**, v. 25, n. 4, p. 18-20, 2004.

DÂNGELO, R. A. C. et al. Insecticide resistance and control failure likelihood of the whitefly *Bemisia tabaci* (MEAM1; B biotype): a Neotropical scenario. **Annals of Applied Biology**, v. 172, p. 88-99, 2018.

DE BARRO, P. J. et al. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011.

DEGLI ESPOSTI, M. et al. Natural substances (acetogenins) from the family Annonaceae are powerful inhibitors of mitochondrial NADH dehydrogenase (Complex I). **Biochemical Journal**, v. 301, p. 161-167, 1994.

DINSDALE, A. et al. Refined global analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodoidea: Aleyrodidae) mitochondrial cytochrome oxidase 1 to

identify species level genetic boundaries. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 103, p. 196-208, 2010.

EL-WAKEIL, N. E. Botanical Pesticides and Their Mode of Action. **Gesunde Pflanzen**, v. 65, n. 4, p.125-149, 2013.

FANELA, T. L. M. et al. Lethal and inhibitory activities of plant-derived essential oils against *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B in tomato. **Neotropical Entomology**, v. 45, p. 201-210, 2016.

FAOSTAT. 2018, outubro, 2018. *Statistics division*. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em 30 de março de 2019.

FERREIRA, L. E. et al. In vitro anti-helmintic activity of aqueous leaf extract of *Annona muricata* L. (Annonaceae) against *Haemonchus contortus* from sheep. **Experimental Parasitology**, v. 134, n. 3, p. 327-332, 2013.

GALLARDO, T. et al. Semi synthesis of antitumoral acetogenins: SAR of functionalized alkyl-chainbis-tetrahydrofuranic acetogenins, specific inhibitors of mitochondrial complex I. **Journal of Medicinal Chemistry**, v. 43, n. 25, p. 4793-4800, 2000.

GERLING, D.; ALOMAR, O.; ARNÓ, J. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. **Crop Protection**, v. 20, n. 9, p. 779-799, 2001.

GHANIM, M. et al. Digestive, salivary, and reproductive organs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) B type. **Journal of Morphology**, v. 40, p. 22–40, 2001.

HAJI, F. N. P. et al. **Manejo da mosca-branca na cultura do tomate**. Petrolina: Embrapa Semi Árido, 2005. 16 p. (Circular técnica, 81).

HANSSEN, I. M. et al. Emerging viral diseases of tomato crops. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 23, p. 539-548, 2010.

IBGE. 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE. Estatística da Produção Agrícola 2010. www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/1spa/estProdAgr_201012.pdf. Acesso em 30 de março de 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.; MIRESMALLI, S.; MACHIAL, C. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p. 197-204, 2011.

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v. 19, p. 140-145, 2014.

KHALEQUZZEMAN, M.; SULTANA, S. Insecticidal activity of *Annona squamosa* L. seed extracts against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst.). **Journal of Bio-Science**, Bangladesh, v. 14, p.107-112, 2006.

KIILL, L. H. P.; COSTA, J. G. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE. **Ciência Rural**, v. 33, p. 851-856, 2003.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 225-242, 2014.

LEATEMIA, J. A.; ISMAN, M. B. Toxicity and antifeedant activity of crude seed extracts of *Annona squamosa* (Annonaceae) against lepidopteran pests and natural enemies. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 24, p. 150-158, 2004.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MAAS, P. J. M.; LOBÃO, A.; RAINER, H. Annonaceae. In Lista de espécies da flora do Brasil, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110219>>, acesso em 30 de julho de 2017.

MARUBAYASHI, J. M. et al. At least two indigenous species of the *Bemisia tabaci* complex are present in Brazil. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 113-121, 2013.

MATSUMOTO, R. S. et al. Potencial alelopático do extrato foliar de *Annona glabra* L. (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 631-635, 2010.

MCLAUGHLIN, J. L. et al. Annonaceous acetogenins as new natural pesticides: recent progress. In: HEDIN, P. A. et al. (Eds). **Phytochemicals for pest control**. Washington, DC: American Chemical Society Symposium Series, 1997. p. 117-133.

MULUNGU, L. S. et al. Evaluation of botanical products as stored grain protectant against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (L.), on maize. **Journal of Entomology**, v.4, n. 3, p. 258-262, 2007.

NAVEEN, N. C. et al. Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. **Scientific Reports**, v. 7, 2017.

PADÍN, S. B. et al. Toxicity and repellence of nine medicinal plants against *Tribolium castaneum* in stored wheat. **Bulletin of Insectology**, v. 66, n.1, p. 45-49, 2013.

PERRING, T. M. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, v. 20, n. 9, p. 725-737, 2001.

PINTO, A. C. et al. Produtos naturais: atualidade, desafios e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 45-61, 2002.

PIUBELLI, G. C. **Bioatividade de genótipos de soja resistentes a *A. gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e interações de suas substâncias químicas com inimigos naturais**. 2004. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2004.

POLSTON, J. E.; ANDERSON, P. K. Surgimiento y distribución de geminivirus transmitidos por mosca blanca em tomate em el Hemisferio Occidental. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 53, p. 24-42, 1999.

QIN, L.; PAN, L.; LIU, S. Further insight into reproductive incompatibility between putative cryptic species of the *Bemisia tabaci* whitefly complex. **Insect Science**, v. 23, p. 215–224, 2016.

RAINER, H. Monographic studies in the genus *Annona* L. (Annonaceae): inclusion of the genus *Rollinia* A.St. Hil. **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v. 8B, p. 191-205, 2007.

RATNAYAKE, S. et al. Evaluation of the pawpaw tree, *Asimina triloba* (Annonaceae), as a commercial source of the pesticidal annonaceous acetogenins. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **New crops**, New York: Wiley, 1993, p. 644-648.

RIBEIRO, L. P. et al. Toxicity of an annonin-based commercial bioinsecticide against three primary pest species of stored products. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 145-151, 2017.

RIBEIRO, L.P. et al. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v. 75, p. 322-330, 2016.

RIBEIRO, L. P. et al. Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 835-842, 2015.

RIBEIRO, L. P. et al. Comparative bioactivity of selected seed extracts from Brazilian *Annona* species and an acetogenin-based commercial bioinsecticide against *Trichoplusia ni* and *Myzus persicae*. **Crop Protection**, v. 62, p. 100-106, 2014a.

RIBEIRO, L. P. et al. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. **Experimental and Applied Acarology**, v. 64, p. 87-98, 2014b.

RIBEIRO, L. P. et al. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising source of bioactive compounds against *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 55, p. 6-14, 2013.

RODITAKIS, E.; RODITAKIS, N. E.; TSAGKARAKOU A. Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Crete. **Pest Management Science**, v. 61, p. 577-582, 2005.

SALAS, J.; MENDOZA, O. Biology of the sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. **Florida Entomologist**, v. 78, n. 1, p. 154-160, 1995.

SHADMANY, M.; OMAR, D.; MUHAMAD, R. Biotype and insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* populations from Peninsular Malaysia. **Journal of Applied Entomology**, v. 139, p. 67-75, 2015.

SHU-SHENG, L. I. U.; COLVIN, J.; BARRO, P. J. Species concepts as applied to the whitefly *Bemisia tabaci* systematics: How many species are there? **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, n. 2, p. 176-186, 2012.

SILVA, J. P. G. F. et al. Assessing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B resistance in soybean genotypes: antixenosis and antibiosis. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, p. 516-522, 2012.

SILVA, M. B. et al. Desenvolvimento de produtos à base de extratos de plantas para o controle de doenças de plantas. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG, 2005. p. 221-246.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P. A pesquisa e a produção brasileira de medicamentos a partir de plantas medicinais: a necessária interação da indústria com a academia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 12, n. 1, p. 35-40, 2002.

SOSA-GOMEZ, D. R.; SILVA, J. J. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 7, p. 767-769, 2010.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Atividade inseticida de extratos aquosos de meliáceas sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Homoptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 133-137, 2001.

SOUZA, C. M. et al. Antifeedant and growth inhibitory effects of Annonaceae derivatives on *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Crop Protection**, v. 121, p. 45-50, 2019.

SOUZA, C. M. et al. Lethal and growth inhibitory activities of Neotropical Annonaceae-derived extracts, commercial formulation, and an isolated acetogenin against *Helicoverpa armigera*. **Journal of Pest Science**, v. 90, p. 701-709, 2017.

SRINIVASAN, R. et al. Whitefly population dynamics and evaluation of the whitefly transmitted tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) - Resistant tomato genotypes as whitefly and TYLCV reservoirs. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 1447-1456, 2012.

TAMM, L. et al. Organic fruit production in humid climates of Europe: bottlenecks and new approaches in disease and pest control. **Acta-Horticulturae**, v. 638, n. 1, p. 333-339, 2004.

TAY, W. T. et al. Novel molecular approach to define pest species status and tritrophic interactions from historical *Bemisia* specimens. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1-13, 2017.

TOLOSA, D. et al. Insecticidal effects of the annonaceous acetogenin squamocin and the acetogenin fraction of seeds of *Rollinia occidentalis* on soybean and corn pests. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, v. 3, p. 156, 2014.

TRINDADE, R. C. P. et al. Actividad larvica y variacion estacional del extracto de *Annona muricata* em *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 37, p. 223-228, 2011.

TURCHEN, L. M. et al. Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 1, p. 82-94, 2016.

VENTUROSO, L.R. et al. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.1, p.18-23, 2011.

VILLAS-BÔAS, G. L.; CASTELO-BRANCO, M. **Manejo integrado da mosca branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate indústria (PITI)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 12 p. (Circular Técnica, 70).

VILLAS-BÔAS, G. L. et al. Desenvolvimento de um modelo de produção integrada de tomate indústria-PITI. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (eds). **Manejo integrado de doenças e pragas** (eds.), UFV, Viçosa, p. 349-362, 2007.

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.

VILLAS-BÔAS, G. L. et al. **Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) no Distrito Federal**. Brasília: EMBRAPA, 1997. 11p. (Circular Técnica, 9).

XU, J.; DE BARRO, P. J.; LIU, S. S. Reproductive incompatibility among genetic groups of *Bemisia tabaci* supports the proposition that the whitefly is a cryptic species complex. **Bulletin of Entomological Research**, v. 100, n. 3, p. 359-366, 2010.

WALKER, G. P.; PERRING, T. M.; FREEMAN, T. P. Life history, functional anatomy, feeding and mating behavior. In: STANSLEY, P. A.; NARANJO, S. E. (Eds.). ***Bemisia: bionomics and management of a global pest***. New York: Springer, 2010, p. 109-160.

WEI, J. et al. Specific cells in the primary salivary glands of the whitefly *Bemisia tabaci* control retention and transmission of begomoviruses. **Journal of Virology**, v. 88, n. 22, p. 13460-13468, 2014.

WIESBROOK, M. L. Natural indeed: Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides? **Illinois Pesticide Review**, v. 17, n. 3, 2004.

ZABEL, A. et al. Effect of neem extract on *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) and *Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Pesticide Science**, v. 75, n. 1, p. 19-25, 2002.