

DANIEL DE LIMA ALVAREZ

***Bemisia tabaci* MED: SUSCETIBILIDADE A INSETICIDAS QUÍMICOS E
BIOLÓGICOS, EXIGÊNCIAS TÉRMICAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS E
LEVANTAMENTO EM CAMPOS DE PRODUÇÃO DE TOMATE NOS ESTADOS
DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS**

Botucatu

2023

DANIEL DE LIMA ALVAREZ

***Bemisia tabaci* MED: SUSCETIBILIDADE A INSETICIDAS QUÍMICOS E
BIOLÓGICOS, EXIGÊNCIAS TÉRMICAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS E
LEVANTAMENTO EM CAMPOS DE PRODUÇÃO DE TOMATE NOS ESTADOS
DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS**

Tese apresentada a Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia – Proteção de
Plantas.

Orientadora: Dra. Regiane Cristina de
Oliveira

Coorientadora: Dra. Cristiane Müller

Coorientadora: Dra. Renate Krause-
Sakate

Botucatu

2023

A473b

Alvarez, Daniel de Lima

Bemisia tabaci MED: suscetibilidade a inseticidas químicos e biológicos,
exigências térmicas em diferentes hospedeiros e levantamento em campos de
produção de tomate nos estados de São Paulo e Minas Gerais / Daniel de Lima
Alvarez. -- Botucatu, 2023

121 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de
Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientadora: Regiane Cristina de Oliveira

Coorientadora: Cristiane Müller; Renate Krause-Sakate

1. Bemisia tabaci. 2. Mediterranean. 3. Suscetibilidade. 4. Hospedeiro. I.

Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: *Bemisia tabaci* MED: SUSCETIBILIDADE A INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS, EXIGÊNCIAS TÉRMICAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS E LEVANTAMENTO EM CAMPOS DE PRODUÇÃO DE TOMATE NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E MINAS GERAIS

AUTOR: DANIEL DE LIMA ALVAREZ

ORIENTADORA: REGIANE CRISTINA DE OLIVEIRA

COORIENTADORA: RENATE KRAUSE SAKATE

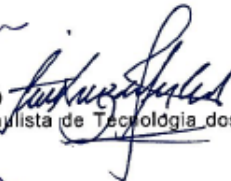
COORIENTADORA: CRISTIANE MÜLLER

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas), pela Comissão Examinadora:

Prof.ª Dr.ª REGIANE CRISTINA DE OLIVEIRA (Participação Presencial)
Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas UNESP



Pesquisador Dr. FERNANDO JAVIER SANHUEZA SALAS (Participação Presencial)
Centro de Pesquisa em Sanidade Vegetal / Instituto Biológico - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios



Pesquisador Dr. VINICIUS HENRIQUE BELLO (Participação Virtual)
Fitopatologia e Nematologia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz



Dr.ª ANGÉLICA MARIA NOGUEIRA PORTILHO (Participação Presencial)
Pós-Doutoranda - Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu



Dr. JOÃO PEDRO DE ANDRADE BOMFIM (Participação Virtual)
/ Destak RH



Botucatu, 30 de maio de 2023

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Carmen Ligia Spicciati de Lima Alvarez e José Luis Guisantes Alvarez e ao meu irmão Fábio de Lima Alvarez, por todo apoio e pelo amor incondicional recebido em todo o período de minha vida.

A minha amada esposa Marcela Azmus de Oliveira, por todo carinho, amor e apoio em todos os momentos, sempre se fazendo presente em minha trajetória.

A todos os membros de minha família que de alguma maneira possam ter impactado de forma positiva em minha formação como pessoa.

Aos familiares de minha esposa, por todo apoio e carinho.

A minha orientadora, parceira de trabalho e amiga Prof. Dr. Regiane Cristina de Oliveira, por todos os ensinamentos e conselhos, pelas oportunidades, pela amizade, por sempre acreditar em meu potencial e torcer por mim.

A minha coorientadora e amiga Dr. Cristiane Müller, por sempre se fazer presente, por todo apoio fornecido, pelo aprendizado, pela amizade e pela confiança depositada em mim.

A todos os membros e amigos do AGRIMIP, por dividirem grandes momentos juntos, pelos ensinamentos, pelo carinho, amizade e parceria.

A coorientadora Prof. Dr. Renate Krause-Sakate e sua equipe, por todo auxílio prestado, por todo conhecimento fornecido e pela parceria.

A todos os docentes do programa de Pós-graduação em Agronomia: Proteção de Plantas, por todos os ensinamentos

A todos os funcionários da FCA/UNESP – Campus Botucatu, especialmente os do Departamento de Proteção Vegetal, por todo auxílio.

A todos os meus amigos que de alguma maneira me ajudaram com a parceria, risadas e distrações.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

A FAPESP número de processo 2017/21588-7, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

A Corteva Agriscience por todo apoio fornecido para o desenvolvimento dos trabalhos durante esse período.

A todas as pessoas que não foram citadas, mas de alguma maneira contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

RESUMO

Dentre as mais de 1500 espécies de mosca-branca encontradas ao redor do mundo, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) encontra-se entre as que possuem maior importância agrícola. Dentro desse grupo de espécies crípticas encontra-se a Mediterranean (MED) ou biótipo Q, cuja principal característica é a menor suscetibilidade a algumas moléculas inseticidas e, fácil adaptação em condições climáticas com temperaturas elevadas. Além de que, endossimbiontes secundários também podem influenciar nestas características. Diante disso, o primeiro objetivo do estudo foi avaliar se ocorre alteração da suscetibilidade de *B. tabaci* MED, quando submetida a aplicações sequenciais de inseticidas ao longo de várias gerações, está relacionada a frequência de endossimbiontes secundários. Além disso, também foram determinadas as exigências térmicas da praga em diferentes hospedeiros, bem como o monitoramento de MED em campos comerciais de tomate, visando conhecer o potencial de avanço na colonização desta espécie críptica no Brasil em diferentes culturas. Diante dos resultados obtidos foi possível observar que após aplicações sequenciais de inseticidas, houve uma diminuição de suscetibilidade para algumas moléculas, variando de acordo com o ingrediente ativo. Além disso testes realizados com inseticidas biológicos aplicados de maneira isolada, também apresentaram eficácia acima de 60% para adultos, ninfas e ovos em cultivo protegido de pimentão. Em relação aos testes realizados para as exigências térmicas de *B. tabaci* MED em diferentes hospedeiros, foi observado que em temperaturas elevadas, os insetos testados obtiveram melhor desenvolvimento e adaptabilidade em plantas de pimentão, tomate e algodão. Sendo assim, é possível concluir que a aplicação constante de inseticidas influenciou na resposta a suscetibilidade de *B. tabaci* MED. Além do mais, a utilização de inseticidas biológicos pode ser uma excelente alternativa visando a redução de problemas com suscetibilidade a inseticidas químicos. Outro fator concluído é que diferentes hospedeiros em diferentes condições de temperatura influenciam diretamente na adaptabilidade de mosca-branca em um determinado cultivo e que nos campos de tomate comercial avaliados do Estado de São Paulo, MED tem se tornado predominante.

Palavras-chave: *Bemisia tabaci*, MED, suscetibilidade, endossimbiontes

ABSTRACT

Among the more than 1500 species of whitefly found around the world, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) one of the greatest agricultural importance. In this group of cryptic species Mediterranean (MED) or Q biotype, main characteristic is the lower susceptibility to some insecticide molecules and easy adaptation in climatic conditions with high temperatures. In addition, secondary endosymbionts can also influence these characteristics. Therefore, the objective of the study was to evaluate if changes in the susceptibility of *B. tabaci* MED, when treated with sequential spraying of insecticides over several generations, are related to the frequency of secondary endosymbionts. In addition, the thermal requirements of the pest in different hosts were also determined, as well as the monitoring of MED in commercial tomato fields, aiming to know the potential for advancement in the colonization of this cryptic species in Brazil in different hosts. By the results obtained, it was possible to observe that after sequential spraying of insecticides, there was a decrease in susceptibility to some molecules, varying according to the active ingredient. In addition, tests conducted with biological insecticides sprayed in isolation also showed efficacy above 60% for adults, nymphs, and eggs in protected cultivation of bell pepper. Regarding the tests carried out for the biology of *B. tabaci* MED in different hosts, it was observed that at high temperatures, the tested insects obtained better development and adaptability in bell pepper, tomato, and cotton plants. Therefore, it is possible to conclude that the constant spraying of insecticides influenced the susceptibility response of *B. tabaci* MED. Furthermore, the use of biological insecticides can be an excellent alternative to reduce problems with susceptibility to chemical insecticides. Another conclusion is that different hosts in different temperature conditions directly influence the adaptability of whiteflies in crops, and in tomato field in the State of São Paulo MED is becoming predominant.

Keywords: *Bemisia tabaci*, MED, susceptibility, endosymbionts

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
 CAPÍTULO 1 - EFICÁCIA DE <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo-Crivellii) Vuillemin INTEGRADO AO CONTROLE QUÍMICO NO MANEJO DE <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN EM ESTUFAS DE PIMENTÃO.....	19
1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
1.2.1 Localidade.....	22
1.2.2 Identificação da espécie críptica <i>B. tabaci</i>	23
1.2.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	23
1.2.4 Época e modo de aplicação.....	24
1.2.5 Avaliação de adultos, ninfas e ovos.....	26
1.2.6 Análise de dados.....	26
1.3 RESULTADOS.....	26
1.3.1 Piedade – SP.....	26
1.3.2 Itapeva – SP.....	31
1.3.3 Botucatu – SP.....	36
1.4 DISCUSSÃO.....	41
1.5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS	58
 CAPÍTULO 2 - EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE <i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN EM DIFERENTES HOSPEDEIROS	62
2.1 INTRODUÇÃO.....	64
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.2.1 Manutenção de insetos e plantas.....	65
2.2.2 Identificação da espécie críptica de <i>B. tabaci</i>	65

2.2.3 Identificação do grupo de endossimbiontes.....	66
2.2.4 Determinação das exigências térmicas em diferentes hospedeiros.....	66
2.2.5 Avaliações.....	67
2.3 RESULTADOS.....	67
2.4 DISCUSSÃO.....	74
2.5 CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS.....	78

CAPÍTULO 3 - SUSCETIBILIDADE DE *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN À INSETICIDAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS 82

3.1 INTRODUÇÃO.....	84
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
3.2.1 Manutenção de insetos e plantas.....	85
3.2.2 Identificação da espécie críptica de <i>B. tabaci</i>	85
3.2.3 Identificação do grupo de endossimbiontes.....	86
3.2.4 Bioensaio inseticidas/endossimbiontes.....	86
3.2.5 Obtenção das concentrações letais para adultos	87
3.2.6 Obtenção das concentrações letais para ninfas.....	88
3.2.7 Avaliações.....	89
3.3 RESULTADOS.....	89
3.4 DISCUSSÃO.....	94
3.5 CONCLUSÃO.....	96
REFERÊNCIAS.....	96

CAPÍTULO 4 - DINÂMICA POPULACIONAL DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MIDDLE EAST-ASIA MINOR 1 (MEAM1) E MEDITERRANEAN (MED) EM CULTIVO DE CAMPO COMERCIAL DE *Solanum lycopersicum* NO BRASIL.....101

4.1 INTRODUÇÃO.....	103
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	104
4.2.1 Coleta dos insetos.....	104

4.2.2 Identificação da espécie críptica de <i>B. tabaci</i>	106
4.3 RESULTADOS.....	107
4.4 DISCUSSÃO.....	111
4.5 CONCLUSÃO.....	113
REFERÊNCIAS.....	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
REFERÊNCIAS.....	119

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre umas das práticas mais antigas realizadas pelo ser humano encontra-se a agricultura. Foi esta atividade que possibilitou o homem deixar de ser nômade e se estabelecer em um local ao qual fosse possível o desenvolvimento das civilizações que conhecemos até os dias atuais, sendo uma prática essencial para a produção de recursos que supram as demandas do mundo contemporâneo.

No Brasil, um levantamento realizado desde 1985 até 2021 mostra que houve um aumento de 21% para 31% nas áreas dedicadas a agropecuária no país, destes valores 7,37% são alocados para a agricultura (MAPBIOMAS, 2023), demonstrando a importância deste setor no país.

Atualmente o grande desafio é utilizar a terra agricultável de forma eficiente, ou seja, produzir mais sem que seja necessário expandir área. Apesar de este ser o cenário ideal, ainda existem fatores limitantes que podem dificultar o alcance deste objetivo. Dentre estes fatores, podemos citar os problemas fitossanitários, problemas de fertilidade, erosão, entre outros.

Em relação aos problemas fitossanitários, os insetos-praga ocupam um lugar de grande importância. No Brasil as perdas na agricultura estimadas por ataques de pragas são de aproximadamente 7,7%, causando perdas econômicas de quase 18 bilhões de dólares (OLIVEIRA et al., 2014).

Dentre estes insetos-praga encontra-se a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), um inseto sugador, distribuído praticamente por todo o globo e é responsável por grandes perdas dentro da agricultura (DE BARRO et al., 2011; GHOSH; GHANIM, 2021; REHMAN et al., 2021).

Além de causarem danos diretos a plantas, estes insetos são vetores de diversos tipos de gêneros vírus como *Begomovirus*, *Crinivirus*, *Carlavirus*, *Ipomovirus*, *Torradovirus*, *Polerovirus* e *Cytorhabdovirus* (KING et al., 2011; INOUE-NAGATA; LIMA; GILBERTSON, 2016; GHOSH et al., 2019; MITUTI et al., 2019; KRAUSE-SAKATE et al., 2020; COSTA et al., 2020)

Atualmente, *B. tabaci* faz parte de um grupo de ao menos 45 espécies crípticas com que apresentam características biológicas e genéticas distintas (DE BARRO et

al., 2011; BOYKIN et al., 2013; LEE et al., 2013; JIU et al.; 2017.; MUGERWA; 2018). Dentre as espécies crípticas de maior importância na agricultura devido a sua capacidade de adaptação e agressividade encontram-se as espécies Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1) e Mediterranean (MED) (DE BARRO et al., 2011; PAN et al., 2012).

Morfológicamente *B. tabaci* é um inseto pequeno em que nos adultos o tamanho pode variar de 1 até 3 milímetros. Estes insetos possuem asas membranosas que são revestidas por uma cera branca, e possuem corpo de cor amarelada (GILL, 1990; MARTIN; MIFSUD; RAPISARDA, 2000;). São insetos, hemimetábolos, e apresentam quatro estádios de desenvolvimento na fase imatura até atingirem a fase adulta (EICHELKRAUT; CARDONA, 1989). Até pouco tempo, não se existiam relatos de possibilidade de distinção morfológica de diferentes espécies crípticas de *B. tabaci*, porém, atualmente um estudo conduzido com insetos provenientes de criação de laboratório conseguiu distinguir indivíduos através do quarto estágio de desenvolvimento da fase imatura de *B. tabaci*. Foram identificados 15 tipos distintos de espécies crípticas incluindo MEAM1 e MED (MACLEOD et al., 2022).

Biologicamente estes insetos são capazes de se alimentar de mais de 700 plantas hospedeiras distintas (NAVAS-CASTILLO; FIALLO-OLIVÉ; SÁNCHEZ-CAMPOS, 2011; LOURENÇÃO; SAKATE; VALLE, 2014). Dentre os fatores relacionados ao desenvolvimento desta praga, é observado que o hospedeiro, bem como a espécie críptica possuem papel crucial no que se refere ao desenvolvimento da praga (FAN; GRODEN; DRUMMOND, 1992).

Sendo assim a determinação precisa das exigências térmicas para o desenvolvimento destes insetos em diferentes hospedeiros pode ser uma ferramenta fundamental no auxílio do manejo desta praga. Para a espécie críptica MEAM1 em soja (*Glycine max* (L.) Merr.) como planta hospedeira os valores encontrados de limite térmico inferior de desenvolvimento (Tb) e a constante térmica (K) das fases de ovo, ninfa e ciclo biológico (ovo-adulto) foram 11,1°C / 98,8 graus-dia, 6,8°C / 383,8 graus-dia e 8,3°C / 472,6 graus-dia (ALBERGARIA; CIVIDANES, 2002).

Além de características genéticas, biológicas e morfológicas distintas o complexo *B. tabaci* é caracterizado por possuir o endossimbionte primário e

obrigatório *Portiera aleyrodidarum*, cuja função é suplementar a dieta da mosca-branca (THAO; BAUMANM, 2004). Outros endossimbiontes também são encontrados, os secundários, entre eles, *Arsenophonus* (Enterobacteriales), *Hamiltonella* (Enterobacteriales) (THAO; BAUMANM, 2004), *Fritschea* (Chlamydiales) (EVERETT et al., 2005), *Cardinium* (Bacteroidetes) (WEEKS; BREEUWER, 2003), *Rickettsia* (Rickettsiales) (GOTTLIEB et al., 2006), *Wolbachia* (Rickettsiales) (ZCHORI-FEIN; BROWN, 2002) e *Hemipteriphilus* (*Orientia* – like organismo) (BING et al., 2013). É de suma importância o conhecimento dos endossimbiontes que estão nos insetos a serem estudados, pois estes, são capazes de afetar na tolerância à inseticidas. (KONTSEDALOV et al., 2008), na transmissão viral (KLIOT et al., 2014), auxiliar na adaptação do inseto ao ambiente em condições de estresse térmico (HIMLER et al., 2011; LI et al., 2023) e modificar a capacidade de defesa do hospedeiro (SU et al., 2015).

Em relação ao manejo deste inseto, a principal tática de controle utilizada é o controle químico. Os principais grupos químicos de inseticidas usados no controle de *B. tabaci* são os do grupo dos neonicotinoides (acetamiprido, clothianidin, imidacloprido, tiacloprido, tiametoxam), reguladores de crescimento (buprofezin, pyriproxyfen) e inibidores da acetil CoA carboxilase (espiromesifeno) (CZEPAK et al., 2009), e mais recente o grupo das diamidas (ciantraniliprole), butenolidas (flupiradifurona) e sulfoxaminas (sulfoxaflor) (HOROWITZ et al., 2020).

Entre as espécies crípticas encontradas no Brasil, sabe-se que MED possui menor suscetibilidade a inseticidas quando comparado a MEAM1 e que em cenários em que exista a aplicação de inseticidas mesmo que em desvantagem por causa de outros fatores MED pode suprimir o aumento populacional de MEAM1 em uma mesma localidade (MIRALDO et al., 2021)

Diante dos fatos apresentados, é evidente que apesar de muita informação gerada no globo a respeito de MED. No Brasil ainda pouco se tem entendimento, principalmente em relação ao manejo agrônomo desta praga. Sendo assim, este trabalho foi dividido em quatro capítulos:

Capítulo 1: “EFICÁCIA DE *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivellii) Vuillemin INTEGRADO AO CONTROLE QUÍMICO NO MANEJO DE *Bemisia tabaci*

(Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN EM ESTUFAS DE PIMENTÃO”

Capítulo 2: “EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN EM DIFERENTES HOSPEDEIROS”

Capítulo 3: “SUSCETIBILIDADE DE *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN À INSETICIDAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS”

Capítulo 4: “DINÂMICA POPULACIONAL DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MIDDLE EAST-ASIA MINOR 1 (MEAM1) E MEDITERRANEAN (MED) EM CULTIVO DE CAMPO COMERCIAL DE *Solanum lycopersicum* NO BRASIL”

CAPÍTULO 1

EFICÁCIA DE *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivellii) Vuillemin INTEGRADO AO CONTROLE QUÍMICO NO MANEJO DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN EM ESTUFAS DE PIMENTÃO

RESUMO

A mosca-branca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) faz parte de um grupo de 45 espécies crípticas que se encontram espalhadas em diversas regiões do planeta. São insetos polívoros capazes de se alimentar dos mais variados tipos de espécies de plantas, dentre elas, diversos cultivos de grande valor comercial agregado, como olerícolas, grandes culturas, entre outras. Os danos causados por este inseto podem ser diretos e indiretos, através da transmissão de vírus. Dentre as espécies crípticas encontradas no Brasil, *B. tabaci* Mediterranean (MED) vem se tornando praga de grande importância principalmente em estufas. No Estado de São Paulo, grande parte da produção de pimentão em estufas vem sendo afetada por este inseto, causando perda de produção significativa. A principal tática de controle para esta praga é o controle químico, porém o manejo inadequado do uso de moléculas inseticidas pode acarretar problemas adjacentes, como a evolução da resistência, contaminação dos frutos com resíduos, entre outros. Além disso, MED tende a ser menos suscetível aos inseticidas químicos quando comparados as demais espécies crípticas. Diante disso, o estudo buscou alternativas de manejo de ovos, ninfas e adultos de MED integrando controle químico e biológico em estufas de pimentão no Estado de São Paulo. O estudo foi conduzido em três municípios, Piedade, Itapeva e Botucatu. Os tratamentos testados foram 3 diferentes formulações de *Beauveria bassiana*, o inseticida sulfoxaflor de forma isolada, e em mistura com *Beauveria bassiana*, e o inseticida formulado acetamiprido + piriproxyfen de forma isolada. A partir dos resultados obtidos, é possível dizer que houve diferença de eficácia entre formulações de *Beauveria bassiana*, e em relação a mistura de sulfoxaflor com *Beauveria bassiana* não gerou incremento significativo no controle de ovos, ninfas e adultos de *B. tabaci* MED.

Palavras-chave: Espécie críptica, MED, manejo, suscetibilidade, controle biológico

ABSTRACT

The whitefly *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) is part of a group of 45 cryptic species that are found spread in different planet locations. They are polyphagous insects capable of feeding on the most varied types of plant species, like high value crops, such as vegetables and great crops. The damage caused by this insect can be direct and indirect, through the transmission of viruses. Among the cryptic species found in Brazil, *B. tabaci* Mediterranean (MED) has become a pest of great importance, mainly in greenhouses. In the State of São Paulo, a large part of the production of bell pepper in greenhouses has been colonized by this insect, causing a significant loss of production. The main tactic to manage this pest is chemical control, but the inadequate use of insecticide molecules can lead to adjacent problems, such as resistance development, fruit contamination with residues and other problems. In addition, MED tends to be less susceptible to chemical insecticides when compared to other cryptic species. So, the study tested alternatives for managing eggs, nymphs, and adults of MED by integrating chemical and biological control in bell pepper in greenhouses in the State of São Paulo. The study was conducted in three localities, Piedade, Itapeva and Botucatu. The treatments tested were 3 different formulations of *Beauveria bassiana*, the insecticide sulfoxaflor isolated, and in a mixture with *Beauveria bassiana*, and the insecticide formulated acetamiprid + pyriproxyfen in isolation. From the results obtained, it is possible to say that there was a difference in effectiveness between formulations of *Beauveria bassiana*, and in relation to the mixture of sulfoxaflor with *Beauveria bassiana*, it did not generate a significant increase in the efficacy of eggs, nymphs, and adults of *B. tabaci* MED.

Keywords: Cryptic species, MED, management, susceptibility, biological control

1.1 INTRODUÇÃO

Dentre as mais de 1500 espécies de mosca-branca encontradas ao redor do mundo, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) encontra-se entre as que possuem maior importância agrícola (PERRING et al., 2018; SAMMARITANO et al., 2016). O potencial destrutivo desta praga se dá por diversos fatores, entre eles podemos citar, danos causados por sua alimentação, pela excreção de uma solução açucarada popularmente conhecida como “honeydew” que serve de subsídio para o aparecimento de fumagina *Capnodium* sp. reduzindo a capacidade fotossintética da planta, além da capacidade de transmissão de mais de 100 tipos de vírus (OLIVEIRA et al., 2001; JONES, 2003; BROWN et al., 2015). Dentre os principais vírus transmitidos por *B. tabaci*, encontram-se os begomovírus cujo número de espécies conhecidas deste vírus já ultrapassam os 450 exemplares (ICTV, 2019).

Atualmente, as principais espécies crípticas responsáveis por maiores perdas na agricultura são Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1), conhecida como biótipo B e Mediterranean (MED), conhecida como biótipo Q (DE BARRO et al., 2011). No Brasil, além de MEAM1 e MED estarem presentes (DA FONSECA BARBOSA et al., 2015), as espécies nativas New world 1 (NW1) e New world 2 (NW2), também são encontradas (MARUBAYSHI et al., 2013), e estas possuem menor relevância como insetos-praga quando comparadas a MEAM1 e MED.

Sendo assim, o foco principal para o manejo de *B. tabaci* no Brasil é voltado para MEAM1 e de forma geral, MEAM1 ainda é a espécie críptica dominante no Brasil, sendo predominantemente encontrada em cultivos como os de algodão, soja e tomate (FERNANDES et al., 2022). Apesar disso, a presença de MED no Brasil não deve ser ignorada, especialmente devido a sua capacidade de estabelecimento em condições favoráveis, como é observado na região sul e sudeste do país, em cultivos protegido de plantas ornamentais bem como algumas hortaliças, como por exemplo, pimentão (MORAES et al., 2017). Além do mais, coletas realizadas em cultivos de tomate (BELLO et al., 2020) e soja (BELLO et al., 2021) apresentaram a presença de *B. tabaci* MED em campo aberto.

Ao falarmos em condições favoráveis para a o estabelecimento de MED como espécie críptica majoritária no Brasil, podemos citar alguns fatores como maior tolerância a temperaturas elevadas (KONTSEDALOV et al., 2012; SHAN et al., 2014; XIAO et al., 2016) bem como menor suscetibilidade a moléculas inseticidas.

De uma maneira geral, o manejo de *B. tabaci* é realizado através do controle químico, cujo objetivo é conter infestações assim que o inseto é encontrado na lavoura (PALUMBO; HOROWITZ; PRABHAKER, 2001). Apesar deste método ser o mais utilizado, o uso de uma única tática de controle do manejo de insetos pragas, acaba gerando demais problemas, principalmente quando utilizados de maneira equivocada, entres eles, podemos citar, a seleção de populações de insetos resistentes (TABASHNIK et al., 2014; SPARKS; NAUEN, 2015), bem como a redução na presença de inimigos naturais nos cultivos (EL-WAKEIL et al., 2013).

Como uma alternativa ao uso exclusivo do controle químico, o controle biológico de *B. tabaci* é uma alternativa promissora para o manejo desta praga. Entre os agentes de controle biológico, podemos citar os fungos entomopatogênicos, estes desempenham um papel de grande importância no controle natural de insetos, incluindo a mosca-branca (MASCARIN et al., 2013; PERRING et al., 2018).

Dentre os gêneros de fungos entomopatogênicos mais estudados para o controle de *B. tabaci*, estão *Aschersonia*, *Beauveria*, *Cordyceps*, *Lecanicillium* e *Metarhizium* (PRITHIVA et al., 2017). Sendo que, *Beauveria bassiana*, é um dos mais utilizados como inseticida biológico no mercado cuja eficácia é comprovada, principalmente em ninfas e ovos de mosca-branca (WARI et al., 2020). Além disso, estudos conduzidos para testar compatibilidade de biológica entre fungos entomopatogênicos e produtos químicos de origem sintética, apresentaram resultados promissores (BANZATO; KRONKA, 1992).

Diante disso, este estudo buscou avaliar a integração do controle biológico e químico em condições de estufa para o manejo de *B. tabaci* MED em 3 diferentes localidades.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Localidade

Os ensaios foram conduzidos em área de produção de pimentão em estufa em 3 diferentes localidades (Tabela 1). O critério de escolha das áreas foi a presença de infestação de *B. tabaci* MED. Inicialmente insetos adultos de mosca-branca foram aleatoriamente coletados em cada estufa e foram colocados em tubos tipo “Eppendorf” contendo etanol a 95% e posteriormente armazenados a temperatura de -20°C e posteriormente foram submetidas para identificação molecular.

Tabela 1 - Origem geográfica das populações de mosca-branca coletadas no Brasil

População	Local	Coordenadas	Data	Hospedeiro/Variedade
PI	Piedade - SP	23°47'22.1"S 47°32'39.5" O	Fevereiro 2022	<i>Capsicum annuum</i> (Taurus)
ITA	Itapeva - SP	22° 37' 59"S 48°48'38.6" O	Janeiro 2022	<i>Capsicum annuum</i> (Peponi)
BOT	Botucatu - SP	23°50'38.1"S 48°26'06.5"O	Fevereiro 2022	<i>Capsicum annuum</i> (Taurus)

1.2.2 Identificação da espécie críptica de *B. tabaci*

Para a identificação dos indivíduos de mosca-branca foi realizada a análise de um fragmento do gene mitocondrial citocromo oxidase I (mtCOI). Inicialmente foi executado a extração individual do DNA de 10 indivíduos de cada estufa, através do protocolo de Chelex (WALSH; METZGER; HIGUCHI, 1991). As amostras foram submetidas a uma reação de PCR com os primers genéticos C1-J-2195 e TL2-N-3014 gerando um amplicon de 880pb (SIMON et al., 1994). A reação de PCR foi feita em volume final de 50µl (concentração final MgCL2 50mM, dNTP 2,5mN, oligonucleotídeos a 1µM) utilizando-se 0,5 unidades de *Taq* polimerase. A reação ocorreu em um ciclo de 5 minutos a 94°C, 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 45 segundos a 45°C e 1 minuto a 72°C com extensão final de 10 minutos a 72°C. Em seguida foi executada análise de polimorfismo por RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) dos amplicons (BOSCO et al., 2006) permitindo o diferenciar as espécies MEAM1, MED, NW1 e NW2. De cada PCR foram utilizados 5µl que foi digerido com uma unidade de *TaqI* à 65°C por 2 horas em volume final de 15µl. O DNA que foi digerido foi avaliado em gel de eletroforese a 1% corado com brometo de etídeo.

1.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O ensaio foi conduzido em condições de cultivo protegido de pimentão, composto por nove tratamentos (Tabela 2) e quatro repetições em delineamento experimental de blocos ao acaso totalizando 36 parcelas de 2m x 4m cada.

Este delineamento é amplamente utilizado para estudos de campo, e consolidado pelo meio acadêmico quanto à sua adequação na área agrônômica (BANZATTO; KRONKA, 2006).

Tabela 2 – Tratamentos utilizados no ensaio

Aplicação	Tratamento	Dose (g ia/l)
AC	<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (47,5g ia/l) OD	15 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (47,5g ia/l) OD	20 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	sulfoxaflor (240 g ia/l)	72 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	sulfoxaflor (240 g ia/l)	72 g ai/ha
BD	<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (47,5g ia/l) OD	15 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	sulfoxaflor (240 g ia/l)	72 g ai/ha
BD	<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (47,5g ia/l) OD	20 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (300g ia/l) WP	33 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (50g ia/l) WP	52,5 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	acetamiprid (200g ia/l) + pyriproxyfen (100 g ia/l)	50 + 25 g ai/ha
AC	720 gai/l soybean ester methylated oil	0,05 % v/v
AC	TESTEMUNHA	

Volume de calda (500L/ha)

1.2.4 Época e modo de aplicação

Na estufa, as aplicações realizadas foram foliares, quando constatada a presença de um indivíduo por amostragem em dez plantas por tratamento. No presente estudo optou-se pela instalação no momento quando foi constatada a presença homogênea da praga em todas as parcelas. O momento ideal da aplicação foi definido em função de monitoramento frequente da praga (observação de adultos e ninfas), buscando o melhor momento para iniciar as aplicações.

Foram realizadas um total de 4 aplicações, conforme informações abaixo e seguindo os tratamentos e doses descritas na tabela de tratamentos (Tabela 2). Aplicação A: no início da infestação da praga; Aplicação C: 7 dias após a aplicação A; Aplicação B: 1 hora após a aplicação A; Aplicação D: 1 hora após a aplicação C.

A aplicação dos produtos foi realizada com o auxílio de um pulverizador costal manual de pressão constante (CO₂), equipado com bico tipo “tri bico Yamaho” e volume de calda de 500L/ha. As condições climáticas para cada aplicação em cada localidade estão descritas nas tabelas abaixo (Tabela 3; 4; 5).

Tabela 3 – Condições meteorológicas nos momentos de aplicações dos tratamentos. Piedade - SP. 2022

Parâmetro	Mensuração			
Data	12/01/2022	12/01/2022	19/01/2022	19/01/2022
Horário	17:28	18:30	17:40	18:43
UR%	79%	75%	83%	79%
Cobertura do céu	0%	30%	0%	0%
Temperatura (°C)	23	27	24	23
Distância do alvo (cm)	50	50	50	50

Tabela 4 – Condições meteorológicas nos momentos de aplicações dos tratamentos. Itapeva - SP. 2022

Parâmetro	Mensuração			
Data	04/01/2022	04/01/2022	11/01/2022	11/01/2022
Horário	17:30	18:36	17:34	18:57
UR%	81%	83%	85%	81%
Cobertura do céu	0%	30%	0%	0%
Temperatura (°C)	25	25	26	25
Distância do alvo (cm)	50	50	50	50

Tabela 5 – Condições meteorológicas nos momentos de aplicações dos tratamentos. Botucatu - SP. 2022

Parâmetro	Mensuração			
Data	01/02/2022	01/02/2022	09/02/2022	09/02/2022
Horário	17:00	18:20	17:10	18:25

UR%	63%	67%	63%	65%
Cobertura do céu	0%	30%	0%	0%
Temperatura (°C)	26	25	24	23
Distância do alvo (cm)	50	50	50	50

1.2.5 Avaliação de adultos, ninfas e ovos

Foram avaliados três estágios da praga conforme segue, utilizando as plantas centrais da parcela. Para insetos adultos foram amostrados 10 pontos por parcela, sendo as parcelas avaliadas no período de 0, 1, 4, 7 DAAA (dias após a aplicação A) e 1, 4, 7 DAAC (dias após aplicação C).

Para a avaliação de ninfas e ovos, com auxílio de uma lupa com capacidade de aumento de 10 vezes, foi amostrada 1 cm²/folha em 10 folhas por parcela. Em cada ponto foi mensurado o número de ovos e ninfas imóveis de segundo ao quarto ínstar antes da primeira aplicação, 7 DAAA e 4, 7 e 14 DAAC".

1.2.6 Análise de dados

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, utilizando-se o limite de 5% de probabilidade do erro experimental para detecção de efeitos significativos. Após, quando detectados efeitos significativos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey 10%.

Os dados da eficácia dos tratamentos foram obtidos através da fórmula de Abbott $Ma = (Mt - Mc)/(100 - Mc) \times 100$, em que Ma = mortalidade corrigida em função do tratamento controle; Mt = mortalidade observada no tratamento com o inseticida e Mc = mortalidade observada no tratamento controle (ABBOTT, 1925).

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Piedade -SP

Para o controle de adultos é possível observar que todos os tratamentos apresentaram pelo menos em algum dos períodos de avaliação um controle próximo ou superior a 80% (Tabela 6).

Em relação ao controle de ninfas, assim como o de adultos, todos os tratamentos apresentaram controle satisfatório em relação a testemunha, com margem de controle próximo ou superior a 80% (Tabela 7). Além do mais também foi observada uma redução no número de ovos acima de 70% (Tabela 8).

Tabela 6 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de adultos de *B. tabaci* MED em pimentão em Piedade – SP

Tratamentos	A 00	%E	A 01	%E	A 04	%E	A 07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	1,00 ± 2,30 ns*	-	0,55 ± 0,85 bc	24,1	0,27 ± 0,85 a	78,4	0,38 ± 1,10 ab	44,4
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	0,90 ± 1,55	-	0,60 ± 1,24 c	17,2	0,22 ± 1,24 a	82,4	0,33 ± 0,73 ab	51,9
sulfoxaflor (72g ai/ha)	1,10 ± 2,10	-	0,12 ± 0,46 ab	82,8	0,17 ± 0,46 a	86,3	0,15 ± 0,58 a	77,8
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	0,90 ± 2,10	-	0,15 ± 0,43 ab	79,3	0,15 ± 0,43 a	88,2	0,15 ± 0,48 a	77,8
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	1,00 ± 2,15	-	0,12 ± 0,40 ab	82,8	0,17 ± 0,4 a	86,3	0,13 ± 0,33 a	81,5
<i>Beauveria bassiana</i> fungusi isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	0,70 ± 1,60	-	0,35 ± 0,92 abc	51,7	0,22 ± 0,92 a	82,4	0,25 ± 0,67 ab	63
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	0,70 ± 1,36	-	0,35 ± 0,89 abc	51,7	0,2 ± 0,89 a	84,3	0,18 ± 0,50 ab	74,1
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	0,60 ± 1,35	-	0,15 ± 0,43 ab	79,3	0,2 ± 0,43 a	84,3	0,18 ± 0,50 ab	74,1
Testemunha	0,60 ± 1,30	-	0,72 ± 1,24 c	0,00	1,27 ± 1,24 b	0,00	0,68 ± 1,51 b	0,00
CV(%)	10,0		38,69		32,15		44,4	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A01 = Avaliação 1 dia após primeira aplicação; A04 = Avaliação 4 dias após primeira aplicação; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 6 (Continuação) - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de adultos de *B. tabaci* MED em pimentão em Piedade – SP

Tratamentos	C 01	%E	C 04	%E	C 07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	0,50 ± 1,10 a	74	0,45 ± 1,04 ab	62,5	0,40 ± 0,90 a	66
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	0,50 ± 1,10 a	74	0,22 ± 0,66 a	81,3	0,35 ± 0,77 a	70,2
sulfoxaflor (72g ai/ha)	0,10 ± 0,30 a	95	0,22 ± 0,58 a	81,3	0,50 ± 0,96 ab	57,4
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	0,10 ± 0,50 a	93	0,27 ± 0,68 a	77,1	0,37 ± 0,93 a	68,1
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	0,10 ± 0,40 a	95	0,17 ± 0,50 a	85,4	0,32 ± 0,66 a	72,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungusi isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	0,30 ± 0,90 a	82	0,35 ± 0,83 ab	70,8	0,40 ± 0,81 a	66
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	0,20 ± 0,60 a	88	0,45 ± 1,01 ab	62,5	0,55 ± 1,15 ab	53,2
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	0,10 ± 0,30 a	96	0,30 ± 0,72 a	75	0,22 ± 0,70 a	80,9
Testemunha	1,80 ± 3,20 b	0	1,20 ± 1,60 b	0	1,17 ± 1,47 b	0
CV(%)	53,00		43,73		31,37	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; C01 = Avaliação 1 dia após segunda aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 7 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de ninfas de *B. tabaci* MED em pimentão em Piedade – SP

Tratamentos	A 00	%E	A07	%E	C04	%E	C07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	0,37 ± 1,37 ns*	-	0,30 ± 1,16 a	47,8	0,42 ± 1,85 ab	70,7	0,53 ± 1,28 ab	68,7
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	0,25 ± 0,87	-	0,25 ± 1,15 a	56,5	0,32 ± 1,49 a	77,6	0,58 ± 1,5 ab	65,7
sulfoxaflor (72g ai/ha)	0,12 ± 0,40	-	0,17 ± 0,68 a	69,6	0,12 ± 0,52 a	91,4	0,23 ± 0,66 a	86,6
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	0,05 ± 0,22	-	0,25 ± 0,84 a	56,5	0,15 ± 0,58 ab	89,7	0,25 ± 0,71 a	85,1
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	0,35 ± 1,69	-	0,22 ± 1 a	60,9	0,27 ± 0,96 ab	81	0,25 ± 0,67 a	85,1
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	0,45 ± 1,38	-	0,22 ± 0,73 a	60,9	0,35 ± 1,27 ab	75,9	0,53 ± 1,43 ab	68,7
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	0,15 ± 0,66	-	0,20 ± 0,79 a	65,2	0,42 ± 1,48 ab	70,7	0,6 ± 1,69 ab	64,2
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	0,45 ± 1,55	-	0,47 ± 1,58 a	17,4	0,37 ± 1,17 ab	74,1	0,2 ± 0,61 a	88,1
Testemunha	0,37 ± 0,98	-	0,57 ± 1,58 a	0	1,45 ± 2,85 b	0	1,68 ± 2,71 b	0
CV(%)	12,2		73,25		67,69		40,5	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 8 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de ovos de *B. tabaci* MED em pimentão em Piedade – SP

Tratamentos	A00	%E	A07	%E	C 04	%E	C07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	1,15 ± 0,41 ns*	-	1,45 ± 1,10 a	44,8	0,95 ± 0,71 a	75,9	0,85 ± 0,66 a	75,9
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	1,60 ± 1,13	-	1,63 ± 1,01 a	38,1	1,05 ± 0,77 a	73,4	0,7 ± 0,49 a	80,1
sulfoxaflor (72g ai/ha)	1,88 ± 0,92	-	0,88 ± 0,46 a	66,7	0,45 ± 0,53 a	88,6	0,63 ± 0,42 a	82,3
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	1,90 ± 1,51	-	0,75 ± 0,51 a	71,4	0,58 ± 0,64 a	85,4	0,65 ± 0,65 a	81,6
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	2,75 ± 0,87	-	0,83 ± 0,67 a	68,6	0,48 ± 0,53 a	88,0	0,63 ± 0,53 a	82,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	1,23 ± 1,29	-	1,10 ± 1,01 a	58,1	0,6 ± 0,14 a	84,8	1,00 ± 0,36 ab	71,6
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	1,43 ± 1,32	-	1,43 ± 0,29 a	45,7	0,95 ± 0,94 a	75,9	0,83 ± 0,46 a	76,6
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	2,60 ± 2,22	-	1,13 ± 0,99 a	57,1	0,83 ± 0,68 a	79,1	0,50 ± 0,50 a	85,8
Testemunha	1,68 ± 1,33	-	2,63 ± 0,48 a	0,00	3,95 ± 1,16 b	0,00	3,53 ± 1,48 b	0,00
CV(%)	25,5		39		52,57		47,4	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

1.3.2 Itapeva – SP

A partir dos resultados obtidos é possível observar que no controle de adultos de *B. tabaci* os tratamentos compostos por sulfoxaflor começaram a surtir efeito logo após um dia da primeira aplicação em que se diferiram estatisticamente da testemunha (Tabela 9). Já ao primeiro dia após a segunda aplicação os tratamentos que apresentaram melhor taxa de controle para adultos foram sulfoxaflor (72g ai/ha); sulfoxaflor (72g ai/ha) + *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha) e sulfoxaflor (72g ai/ha) + *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha).

No controle de ninfas, todos os tratamentos obtiveram controle acima de 60%, sendo que aos 7 dias após a segunda a aplicação o tratamento composto por sulfoxaflor (72g ai/ha) + *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha) apresentou taxa de controle de 90% (Tabela 10).

Em relação ao controle de ovos, também houve redução no número médio, exceto em C07 quando comparado os tratamentos acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha) e *Beauveria bassiana* fungus PL63 (52,5g ai/ha) com a testemunha, sendo que os tratamentos que apresentaram uma melhor taxa de controle, foram novamente sulfoxaflor (72g ai/ha); sulfoxaflor (72g ai/ha) + *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha) e sulfoxaflor (72g ai/ha) + *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha). (Tabela 11).

Tabela 9 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de adultos de *B. tabaci* MED em pimentão em Itapeva – SP.

Tratamentos	A00	%E	A 01	%E	A 04	%E	A07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	47,8 ± 4,4 ns*	-	42,7 ± 5,8 cd	9,4	19,5 ± 4,3 a	60,5	20,7 ± 3,4 a	56,1
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	42,2 ± 2,5	-	40,3 ± 2,9 cd	14,4	19,8 ± 6,9 a	59,9	24,6 ± 5,4 a	47,9
sulfoxaflor (72g ai/ha)	40,9 ± 3,7	-	15,2 ± 0,9 a	67,8	17,4 ± 9,0 a	64,6	13,3 ± 4,4 a	71,9
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	46,0 ± 3,6	-	14,4 ± 0,4 a	69,5	18 ± 6,1 a	63,5	17,5 ± 7,7 a	63,0
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	42,1 ± 2,9	-	14,5 ± 1,4 a	69,3	17,2 ± 11,8 a	65,1	14,2 ± 11,3 a	69,8
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	47,8 ± 7,4	-	41,4 ± 4,1 cd	12,1	22,6 ± 9,8 a	54,1	16,5 ± 8,4 a	65,0
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	50,2 ± 8,7	-	37,3 ± 2,6 c	20,9	19,5 ± 5,7 a	60,4	21,8 ± 9,9 a	53,7
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	40,9 ± 3,7	-	23,9 ± 3,0 b	49,4	25,6 ± 10,8 a	48,1	20,7 ± 10,8 a	56,1
Testemunha	39,9 ± 3,6	-	47,1 ± 7,0 d	0,00	49,3 ± 4,7 b	0,00	47,2 ± 14,9 b	0,00
CV(%)	5,58		5,72		13,08		17,4	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$;

E% = eficácia; A00 = Prévia; A01 = Avaliação 1 dia após primeira aplicação; A04 = Avaliação 4 dias após primeira aplicação; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 9 (Continuação) - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de adultos de *B. tabaci* MED em pimentão em Itapeva – SP

Tratamentos	C 01	%E	C 04	%E	C 07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	21,5 ± 1,2 d	48,0	14 ± 0,83 c	69,7	22,8 ± 6,3 ab	48,6
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	14,4 ± 1,9 bc	65,0	13,1 ± 2,03 bc	71,7	24,2 ± 6,0 ab	45,4
sulfoxaflor (72g ai/ha)	6,8 ± 2,3 a	84,0	10,1 ± 1,9 abc	78,2	18,8 ± 7,9 a	57,7
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	5,7 ± 1,2 a	86,0	8,7 ± 1,62 ab	81,3	20,9 ± 8,9 a	52,9
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	5,4 ± 0,8 a	87,0	8,1 ± 0,99 a	82,5	18,3 ± 5,0 a	58,7
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	12,6 ± 0,7 bc	70,0	12,2 ± 2,31 abc	73,8	18,8 ± 5,7 a	57,7
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	17,7 ± 0,5 cd	58,0	12,7 ± 2,9 abc	72,6	23,7 ± 8,6 ab	46,7
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	15,6 ± 1,8 bc	63,0	14 ± 4,12 c	69,8	27,4 ± 7,1 ab	38,3
Testemunha	41,7 ± 3,8 e	0,00	46,3 ± 4,01 d	0,00	44,4 ± 15,3 b	0
CV(%)	6,65		7,14		17,65	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; C01 = Avaliação 1 dia após segunda aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 10 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de ninfas de *B. tabaci* MED em pimentão em Itapeva – SP

Tratamentos	A00				%E	A 07				%E	C 04				%E	C07				%E	C 14				%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	41,7	±	1,1	abc	-	24,2	±	15,4	bc	27,1	8,8	±	2,6	a	69,8	19,1	±	3,0	bc	49,9	18,8	±	9,8	bc	34,4
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	51,3	±	5	bc	-	11,7	±	6,6	ab	64,8	7,6	±	1,3	a	73,8	11,9	±	6,4	ab	68,8	12,1	±	2,5	ab	57,9
sulfoxaflor (72g ai/ha)	31,0	±	6,8	a	-	7,1	±	3,5	a	78,8	7,7	±	2,3	a	73,4	5,8	±	1,6	ab	84,9	13,5	±	4,1	ab	52,8
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	40,1	±	8,3	abc	-	8,7	±	4,5	a	73,9	7,2	±	2,6	a	75,2	7,2	±	4,9	ab	81,1	13,8	±	8,8	ab	52
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	35,6	±	12,3	a	-	7,7	±	2,6	a	77	7	±	1,3	a	75,8	3,8	±	0,7	a	90,1	12	±	7,7	a	58,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	41,3	±	2,1	abc	-	13,5	±	6,3	ab	59,3	8,2	±	2,3	a	71,6	12,4	±	6,2	ab	67,5	16,9	±	7,3	ab	41,1
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	54,1	±	6,3	c	-	12,4	±	7,4	ab	62,7	11	±	2,6	a	62,2	9,5	±	7,2	ab	75,1	14,9	±	7,2	ab	48,1
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	42,8	±	2,1	abc	-	11,2	±	5,3	ab	66,2	9,5	±	1,9	a	67,1	9,3	±	9,0	ab	75,7	11,8	±	4,2	ab	58,7
Testemunha	36,4	±	5,8	a	-	33,2	±	17,2	c	0,00	29	±	8,9	b	0,00	38,1	±	22,9	c	0,00	28,7	±	6,9	c	0,00
CV(%)	8,25					23,63					14,39					29,1					19,46				

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação; C14 = Avaliação 14 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 11 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de ovos de *B. tabaci* MED em pimentão em Itapeva – SP

Tratamentos	A00	%E	A 07	%E	C 04	%E	C07	%E	C14	%E					
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	33,6 ± 2,2	ns*	-	27,5 ± 14,5	bc	29,5	7,7 ± 1,5	a	77,8	8,6 ± 2,2	ab	68,1	12,2 ± 2,9	a	56,9
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	39,2 ± 10,5		-	12,3 ± 4,7	ab	68,6	8,1 ± 1,2	a	76,6	6,3 ± 2	a	76,5	11,6 ± 4,5	a	58,8
sulfoxaflor (72g ai/ha)	37,6 ± 3,5		-	8,2 ± 5,4	a	79,1	7,3 ± 1,8	a	78,8	4,9 ± 2,3	a	82	11,9 ± 2,1	a	57,7
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	39,6 ± 6,5		-	9,7 ± 5,8	ab	75,2	7 ± 0,6	a	79,6	5,3 ± 3,1	a	80,3	11,7 ± 7,1	a	58,5
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	41,9 ± 5,6		-	9,9 ± 1,9	ab	74,6	7,5 ± 2,1	a	78,4	4,5 ± 1	a	83,4	11,6 ± 6,4	a	59
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	40,8 ± 8,8		-	14,8 ± 5,5	ab	62,2	12,6 ± 1,1	a	63,6	8,6 ± 5,7	a	68,2	13,5 ± 14	a	52,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	31,5 ± 1,8		-	14,5 ± 9,6	ab	63	12,1 ± 0,9	a	64,9	15 ± 11,4	ab	44,2	11,8 ± 7,2	a	58,3
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	35 ± 8		-	11,4 ± 9,1	ab	70,9	8,9 ± 4,5	a	74,1	9,8 ± 4,6	ab	63,8	12 ± 4,3	a	57,6
Testemunha	36,9 ± 20,1		-	39,1 ± 20,1	c	0,00	34,5 ± 10,4	b	0,00	26,9 ± 21	b	0,00	28,2 ± 7	b	0,00
CV(%)	8,71			26,57			13,71			31,5			19,2		

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados raiz(x+1); E% = eficácia; A00 = Prévia; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação; C14 = Avaliação 14 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

1.3.4 Botucatu – SP

Para as avaliações realizadas em adultos, foi possível observar que somente após a segunda aplicação foram atingidas taxas de controle próximas a 80% em que o melhor resultado de eficácia (E%) foi obtido aos 4 dias após a segunda aplicação em que o melhor tratamento foi sulfoxaflor (72g ai/ha) + *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha) (Tabela 12).

Já no controle de ninfas as melhores taxas de controle também foram atingidas aos 4 dias após a segunda aplicação, sendo que todos os tratamentos compostos por *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15, tanto insolados como em integração, não se diferiram estatisticamente dos tratamentos padrões compostos por acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha) e sulfoxaflor (72g ai/ha) (Tabela 13).

Para o controle de ovos, os tratamentos obtiveram melhor eficácia (E%) de controle aos 7 dias após a segunda aplicação, sendo que todos os tratamentos se diferiram da testemunha e não apresentaram diferença entre si (Tabela 14).

Tabela 12 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de adultos de *B. tabaci* MED em pimentão em Botucatu – SP

Tratamentos	A00	%E	A 01	%E	A 04	%E	A07	%E			
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	10,0 ± 1,4	ns*	10,35 ± 1,65	bc	9,4	7,73 ± 0,6	a	37,3	4,98 ± 1,5	a	44,7
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	9,6 ± 1,32	-	9,9 ± 1,62	abc	13,3	7,6 ± 0,59	a	38,3	5,18 ± 0,79	a	42,5
sulfoxaflor (72g ai/ha)	8,0 ± 1,18	-	7,575 ± 0,46	ab	33,7	6,05 ± 1,4	a	50,9	5,15 ± 1,43	a	42,8
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	9,0 ± 1,27	-	8,125 ± 2,39	ab	28,9	6,25 ± 0,77	a	49,3	4,7 ± 0,28	a	47,8
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	9,2 ± 0,99	-	7,225 ± 0,61	a	36,8	6,33 ± 0,81	a	48,7	4,88 ± 0,57	a	45,8
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	11,0 ± 2,11	-	10,05 ± 1,44	abc	12	7,53 ± 1,01	a	38,9	5,08 ± 1,07	a	43,6
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	9,1 ± 1,54	-	9,775 ± 1,19	abc	14,4	7,23 ± 1,91	a	41,4	6,73 ± 1,08	ab	25,3
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	8,4 ± 2,06	-	8,4 ± 1,16	abc	26,5	7,08 ± 0,79	a	42,6	4,95 ± 0,62	a	45
Testemunha	10,0 ± 0,74	-	11,425 ± 0,68	c	0,00	12,33 ± 1,9	b	0,00	9 ± 1,75	b	0,00
CV(%)	7,37		6,78		8			10,3			

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A01 = Avaliação 1 dia após primeira aplicação; A04 = Avaliação 4 dias após primeira aplicação; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 12 (Continuação) - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de adultos de *B. tabaci* MED em pimentão em Botucatu – SP

Tratamentos	C 01	%E	C 04	%E	C 07	%E
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	4,18 ± 0,92 ab	56,0	5,6 ± 0,93 abc	57,5	6,28 ± 1,48 a	50,7
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	4,18 ± 1,28 ab	56,0	5 ± 1,12 abc	62,4	6,53 ± 1,29 a	48,7
sulfoxaflor (72g ai/ha)	3,3 ± 1,04 a	66,0	3,2 ± 0,52 ab	75,7	6,43 ± 1,37 a	49,5
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	2,85 ± 0,73 a	70,0	3,5 ± 0,6 abc	73,6	5,73 ± 0,84 a	55
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	2,9 ± 0,45 a	70,0	2,8 ± 1,69 a	78,6	5,58 ± 0,73 a	56,2
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	4,3 ± 1,04 ab	55,0	6,2 ± 1,99 bc	52,9	7,1 ± 1,11 a	44,2
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	6,1 ± 0,59 b	36,0	6,8 ± 0,39 d	48,2	6,88 ± 1,65 a	46
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	4,08 ± 1,96 ab	57,0	3,4 ± 0,46 abc	74,4	5,33 ± 2,33 a	58,2
Testemunha	9,58 ± 1,76 c	0,00	13,2 ± 1,1 e	0,00	12,73 ± 1,54 b	0,00
CV(%)	13,15		13,2		11,0	

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$;

E% = eficácia; A00 = Prévia; C01 = Avaliação 1 dia após segunda aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 13 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de ninfas de *B. tabaci* MED em pimentão em Botucatu – SP

Tratamentos	A 00	%E	A 07	%E	C 04	%E	C07	%E	C 14	%E					
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	7,3 ± 1,67	ns*	-	5,55 ± 1,03	ab	31,3	3,05 ± 0,64	ab	70,1	3,7 ± 0,59	a	61,3	6,83 ± 1,1	a	44,8
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	8,2 ± 1,06	-	-	5,12 ± 1,02	a	36,5	3,15 ± 0,93	ab	69,1	3,15 ± 0,66	a	67	6,38 ± 1,1	a	48,5
sulfoxaflor (72g ai/ha)	6,9 ± 0,94	-	-	4,25 ± 1,95	a	47,4	3,05 ± 0,7	ab	70,1	3,3 ± 1,27	a	65,4	7,08 ± 1,6	a	42,8
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	7,9 ± 1,68	-	-	4,2 ± 1,14	a	48	3,58 ± 1,43	ab	65	3,85 ± 0,99	a	59,7	6 ± 1,9	a	51,5
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	7,4 ± 1,38	-	-	4,3 ± 1,12	a	46,7	2,73 ± 1,37	a	73,3	3,3 ± 1,04	a	65,4	6,53 ± 1,4	a	47,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	6,8 ± 0,86	-	-	6,32 ± 0,51	ab	21,7	5,08 ± 1,67	b	50,2	7,03 ± 1,54	b	26,4	8,35 ± 1,5	ab	32,5
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	6,8 ± 1,4	-	-	5,9 ± 1,21	ab	26,9	4,9 ± 0,59	b	52	6,45 ± 0,69	b	32,5	8,2 ± 2,1	ab	33,7
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	6,9 ± 1,07	-	-	5,12 ± 0,6	a	36,5	2,65 ± 1,08	a	74	2,95 ± 0,79	a	69,1	6,25 ± 1,2	a	49,5
Testemunha	7,4 ± 2,24	-	-	8,07 ± 1,07	b	0,00	10,2 ± 1,28	c	0,00	9,55 ± 1,86	b	0,00	12,38 ± 3,00	b	0,00
CV(%)	9,03			11,05			13,47			12			11,43		

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\text{raiz}(x+1)$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação; C14 = Avaliação 14 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

Tabela 14 - Mortalidade e eficácia (E%) de controle de ovos de *B. tabaci* MED em pimentão em Botucatu – SP

Tratamentos	A00	%E	A 07	%E	C 04	%E	C07	%E	C 14	%E					
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	5,2 ± 0,54	ns*	-	3,87 ± 0,49	ab	56,3	2,75 ± 0,21	a	74	2,78 ± 0,73	a	76,4	7,48 ± 3,9	a	40,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	5,3 ± 0,78	-	-	3,07 ± 0,62	ab	65,4	2,35 ± 1,1	a	77,8	2,63 ± 0,83	a	77,7	7,1 ± 3,1	ab	43,3
sulfoxaflor (72g ai/ha)	6,2 ± 1,32	-	-	3,57 ± 1,23	ab	59,7	2,75 ± 1,17	a	74	3,3 ± 0,78	a	72	7,58 ± 3,6	b	39,5
sulfoxaflor (72g ai/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (15g ai/ha)	6,2 ± 0,78	-	-	3,7 ± 1,21	ab	58,3	2,45 ± 1,07	a	76,8	2,8 ± 0,85	a	76,2	7,2 ± 3,7	b	42,5
sulfoxaflor (72g ia/ha) + <i>Beauveria bassiana</i> fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha)	6,1 ± 1,65	-	-	3,5 ± 0,78	ab	60,6	2,55 ± 1,62	a	75,9	2,58 ± 1,08	a	78,1	7,53 ± 3,5	b	39,9
<i>Beauveria bassiana</i> fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha)	6,7 ± 0,26	-	-	6,7 ± 0,55	cd	24,5	4,38 ± 1,05	a	58,6	3,8 ± 0,68	a	67,7	8,98 ± 6,7	b	28,3
<i>Beauveria bassiana</i> fungus PL63 (52,5g ai/ha)	5,9 ± 1,01	-	-	5,17 ± 1,64	bc	41,7	4,08 ± 1,34	a	61,5	4,1 ± 1,63	a	65,2	8,0 ± 5,2	b	36,1
acetamiprid (50g ai/ha) + pyriproxyfen (25g ai/ha)	7,3 ± 1,63	-	-	2,95 ± 1,11	a	66,8	2,4 ± 0,35	a	77,3	2,53 ± 1,56	a	78,6	6,2 ± 3	b	50,5
Testemunha	6,3 ± 1,6	-	-	8,87 ± 0,53	d	0,00	10,6 ± 2,22	b	0,00	11,8 ± 2,12	b	0,00	12,53 ± 8,9	b	0,00
CV(%)	8,39			11,67			17,37			16,1			11		

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados $\sqrt{x+1}$; E% = eficácia; A00 = Prévia; A07 = Avaliação 7 dias após primeira aplicação; C04 = Avaliação 4 dias após segunda aplicação; C07 = Avaliação 7 dias após segunda aplicação; C14 = Avaliação 14 dias após segunda aplicação.

*Todos os tratamentos foram adicionados 720 gai/l soybean ester methylated oil 0,05% v/v

1.4 DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, é possível observar que a utilização de *B. bassiana* no manejo de *B. tabaci* MED, pode ser uma excelente alternativa para o controle desta praga, visto que, neste ensaio foi possível observar uma performance com taxa de eficácia mínima de 60%, atingindo controle próximo ou até mesmo se igualando aos tratamentos compostos somente por produtos químicos no controle de adultos (Figura 2,4,5), de ninfas (Figura 8,9) e ovos (Figura 12,13).

É evidente que esta taxa de performance satisfatória obtida pelos tratamentos compostos por *B. bassiana* pode ser atribuída a diversos fatores, entre eles podemos citar o horário de aplicação no final do dia (Tabela 3, 4, 5). Um dos grandes fatores limitantes para a utilização de fungos entomopatogênicos dentro do manejo de insetos praga, é o horário de aplicação, que na agricultura é um fator crucial dentro da logística dos produtores. Um dos grandes inimigos dos fungos entomopatogênicos é a radiação solar que possui efeito deletério, afetando diretamente na viabilidade dos fungos que são expostos a esta condição ambiental. Fungos considerados tolerantes a radiação solar consegue sobreviver poucas horas no ambiente expostos, além do mais estes acabam reduzindo sua velocidade de germinação consequentemente reduzindo a sua virulência (FERNANDES et al., 2007).

Outro fator que pode ser atribuído a boa performance do fungo testado, foi a aplicação isolada destes agentes de controle, sem mistura com fungicidas ou inseticidas. Estudos mostraram que a utilização de fungicidas em mistura junto com *B. bassiana* causaram efeitos deletérios no fungo prejudicando o desenvolvimento micelial e a germinação de esporos (WARI et al., 2020).

Além disso, é possível observar que o nível de infestação baixo influenciou diretamente na performance dos produtos testados, visto que controle químico e biológico apresentaram controle satisfatório em nível de igualdade para a população de *B. tabaci* do município de Piedade – SP (Tabela 6, 7, 8), mesmo possuindo mecanismos de ação distintos e com tempo de resposta diferenciados. Ressaltando a importância do manejo de destes insetos em início de infestação, para que se obtenha o melhor controle que as ferramentas de manejo podem oferecer.

Em relação aos tratamentos em que foram aplicados *B. bassiana* e inseticida, pode-se observar que houve pouco ou nenhum incremento na eficácia para o controle de adultos, ninfas e ovos (Figura 1, 2, 3). Sendo assim, pode-se dizer que para os produtos

testados não houve incremento em eficácia para o manejo químico e biológico para estes tratamentos. Resultados obtidos a partir de estudo mostrou que de 9 inseticidas testados em mistura com *B. bassiana*, apenas a molécula flonicamid apresentou efeito sinérgico no de ninfas e adultos de *B. tabaci*, já os demais produtos quando aplicados com e sem mistura não apresentaram incremento na taxa de controle (WARI et al., 2020).

É evidente que quando nos referimos ao manejo de uma determinada praga outros fatores além da eficácia entram em questão, principalmente dentro de uma perspectiva de manejo integrado de pragas. Quando nos referimos a *B. tabaci*, estamos falando de uma praga conhecido por seu elevado número de casos de populações de insetos resistentes ao redor de todo o globo (BASIT, 2019), e estratégias de manejo integrada, como por exemplo, a utilização de produtos de origem biológica juntamente com o controle químico podem ser uma excelente estratégia para o manejo de resistência desta praga. Dentre alguns mecanismos de resistência presentes em insetos, encontram-se os mediados pela indução de enzimas, principalmente monooxigenases entre outras. Sendo assim, fungos entomopatogênicos têm capacidade de aumentar a suscetibilidade a inseticidas as pragas, suprimindo atividades enzimáticas facilitando a infecção fúngica (AMBETHGAR et al., 2009).

Outro fator a ser levado em conta sobre os tratamentos a base de *B. bassiana*, testados é que diferentes formulações, isolados, dose, bem como suas concentrações podem afetar diretamente na eficácia deste determinado produto no alvo. No estudo em questão foi observado que o tratamento *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 (20g ai/ha), apresentou uma oscilação na performance de controle quando comparado com os tratamentos *Beauveria bassiana* fungus isolado IBCB 66 (33g ai/ha) e *Beauveria bassiana* fungus PL63 (52,5g ai/ha), que também são fungos de mesma espécie. Diante desta variação, ao analisarmos os 3 tratamentos podemos observar que as formulações são diferentes, em que *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 é formulado em óleo dispersível (OD) e *Beauveria bassiana* fungus isolado IBCB 66 e *Beauveria bassiana* fungus PL63 são formulados em pó molhável (WP) (Tabela 2). Estudos mostraram que *Beauveria bassiana* quando utilizada em mesma concentração a formulação a base de óleo foi mais eficaz quando comparada aos demais tipos de formulação (PRITHIVA et al., 2017).

Em relação a concentração mínima de conídios em cada formulação dos tratamentos testados, para *Beauveria bassiana* fungus Simbi BB 15 o valor é 2×10^9

UFC/mL, para *Beauveria bassiana* fungus isolado IBCB 66 é 1×10^9 UFC/g e para *Beauveria bassiana* fungus PL63 é 1×10^8 UFC/g. Em testes realizados em diferentes hospedeiros para o controle de *B. tabaci* foi observado que o fator majoritário que influenciou diretamente no fator controle resposta para o manejo de ovos e ninfas de foi a concentração dos respectivos tratamentos, concluindo que o fator principal para a mortalidade no caso foi a quantidade de esporos presentes por mililitros (ZAFAR et al., 2016).

Figura 1 – Análise conjunta de eficácia de 1 dia após primeira aplicação em adultos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

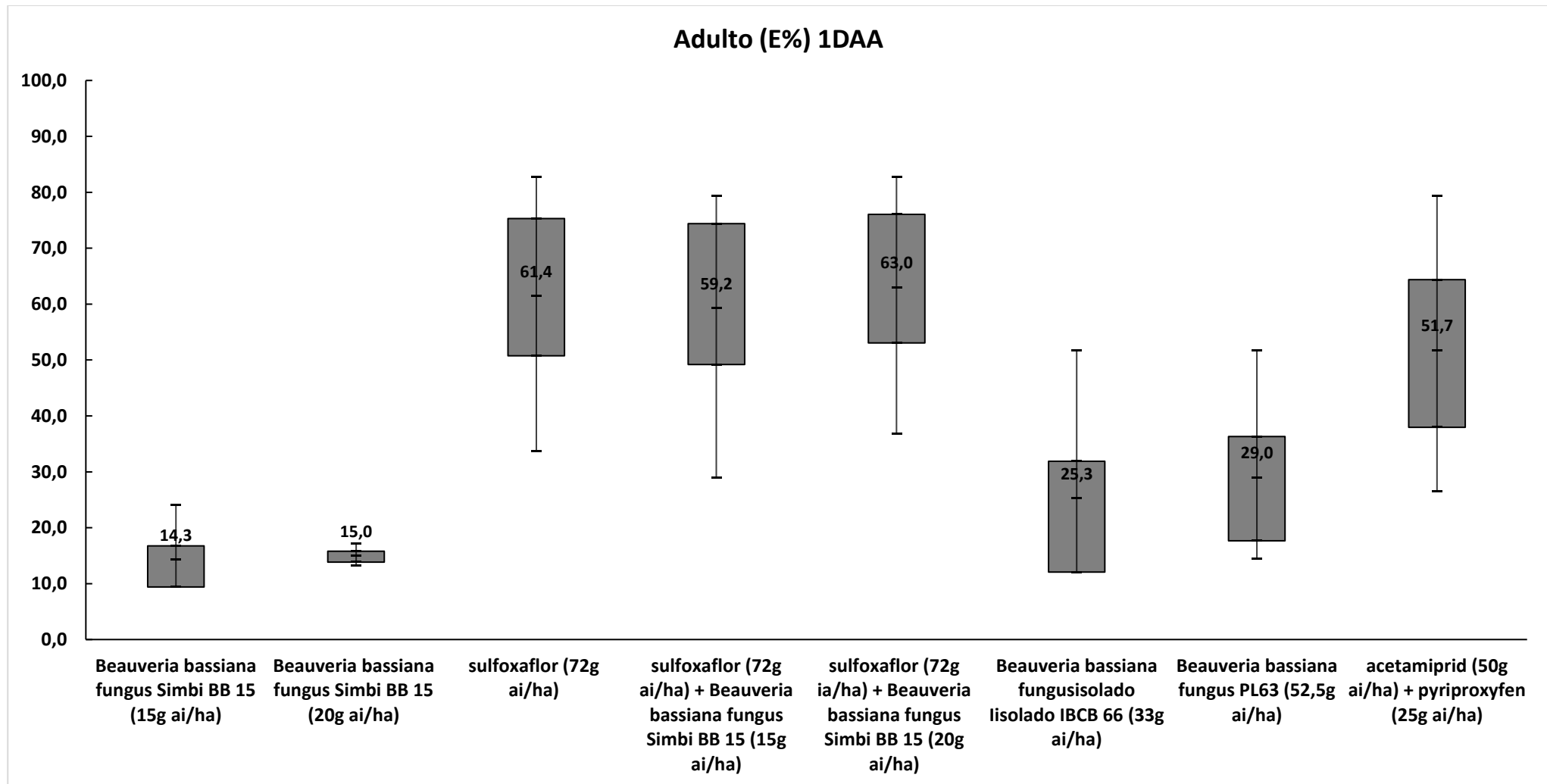


Figura 2 – Análise conjunta de eficácia de 4 dias após primeira aplicação em adultos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

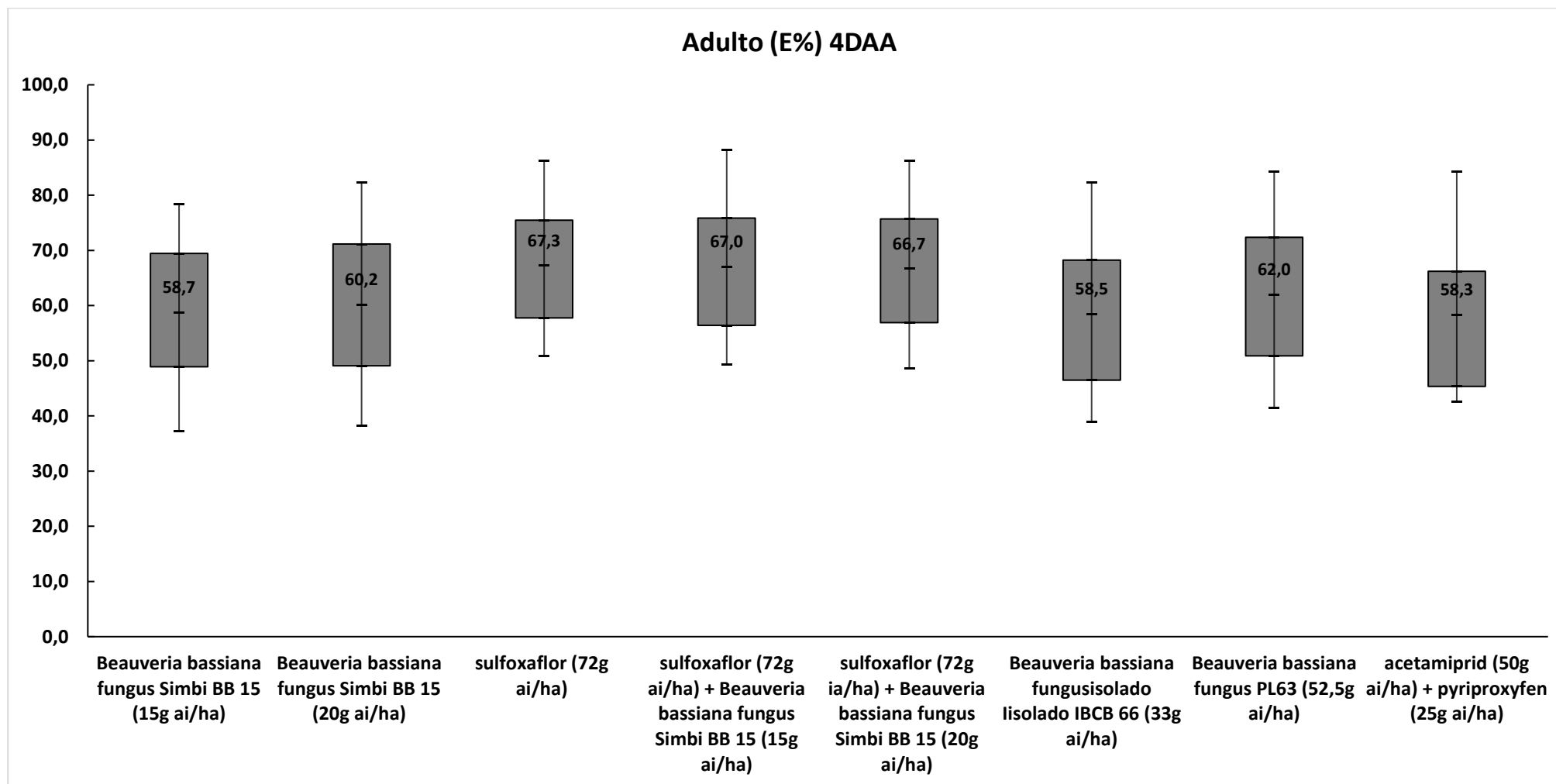


Figura 3 – Análise conjunta de eficácia de 7 dias após primeira aplicação em adultos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

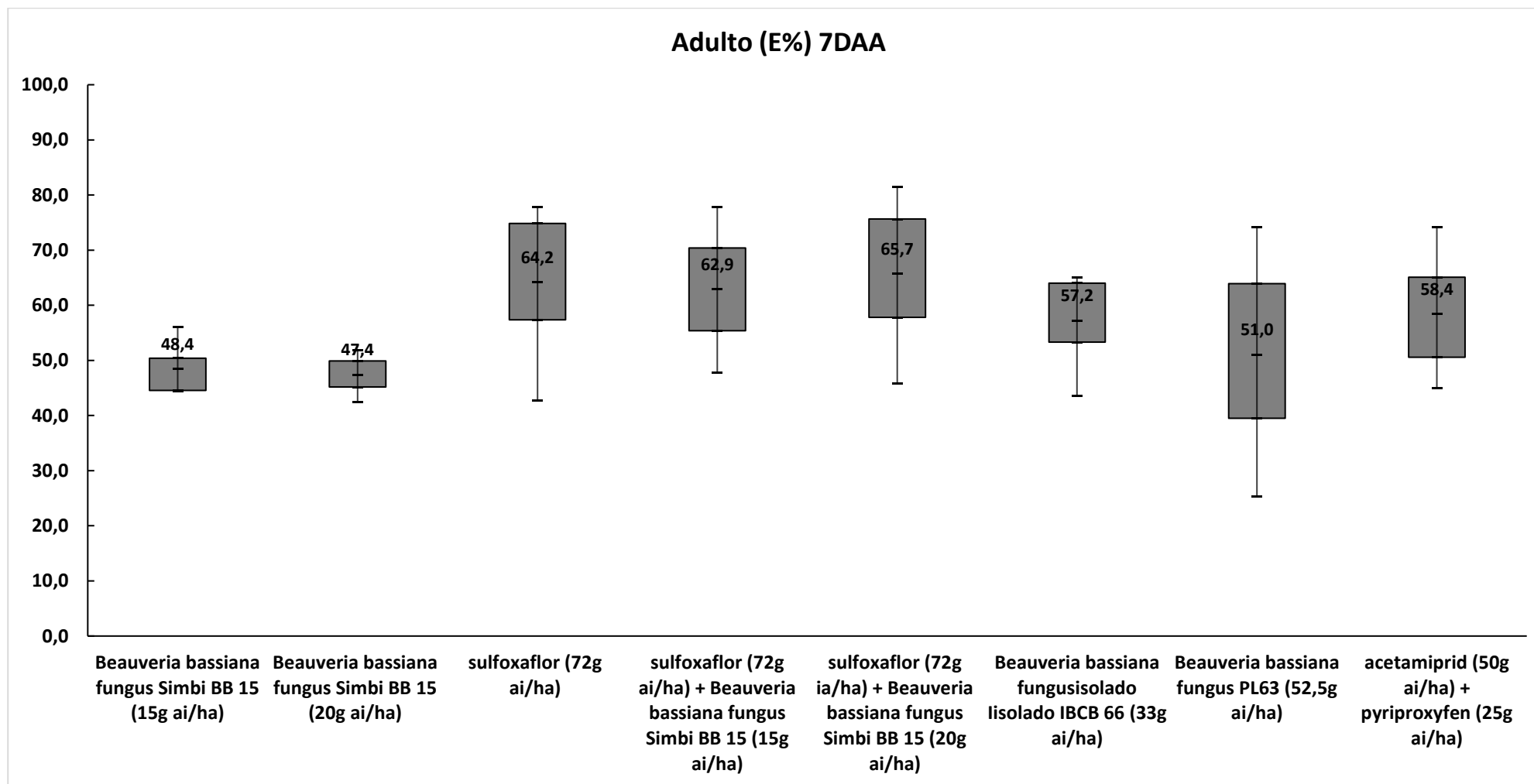


Figura 4 – Análise conjunta de eficácia de 1 dia após segunda aplicação em adultos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

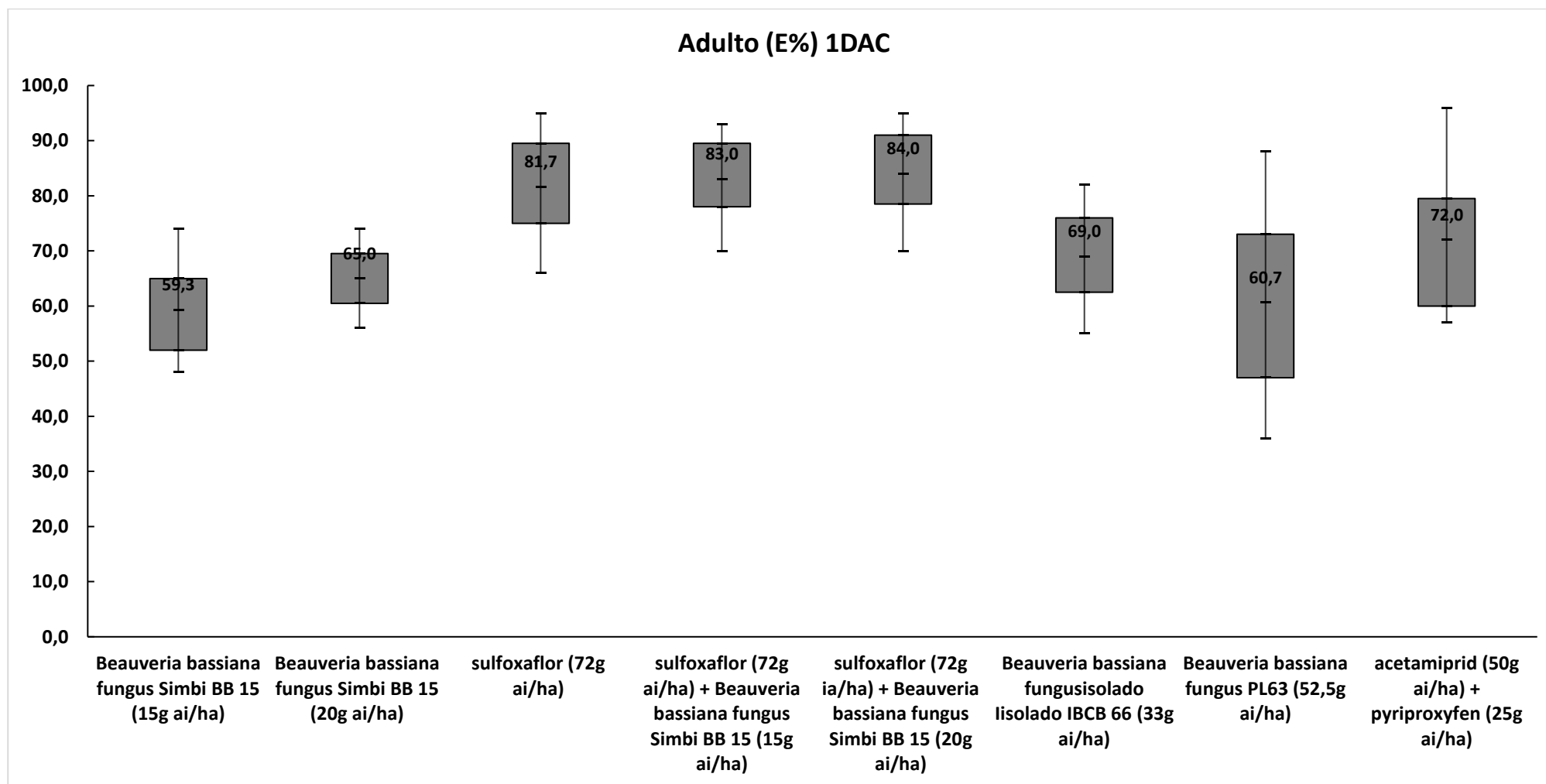


Figura 5 – Análise conjunta de eficácia de 4 dias após segunda aplicação em adultos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

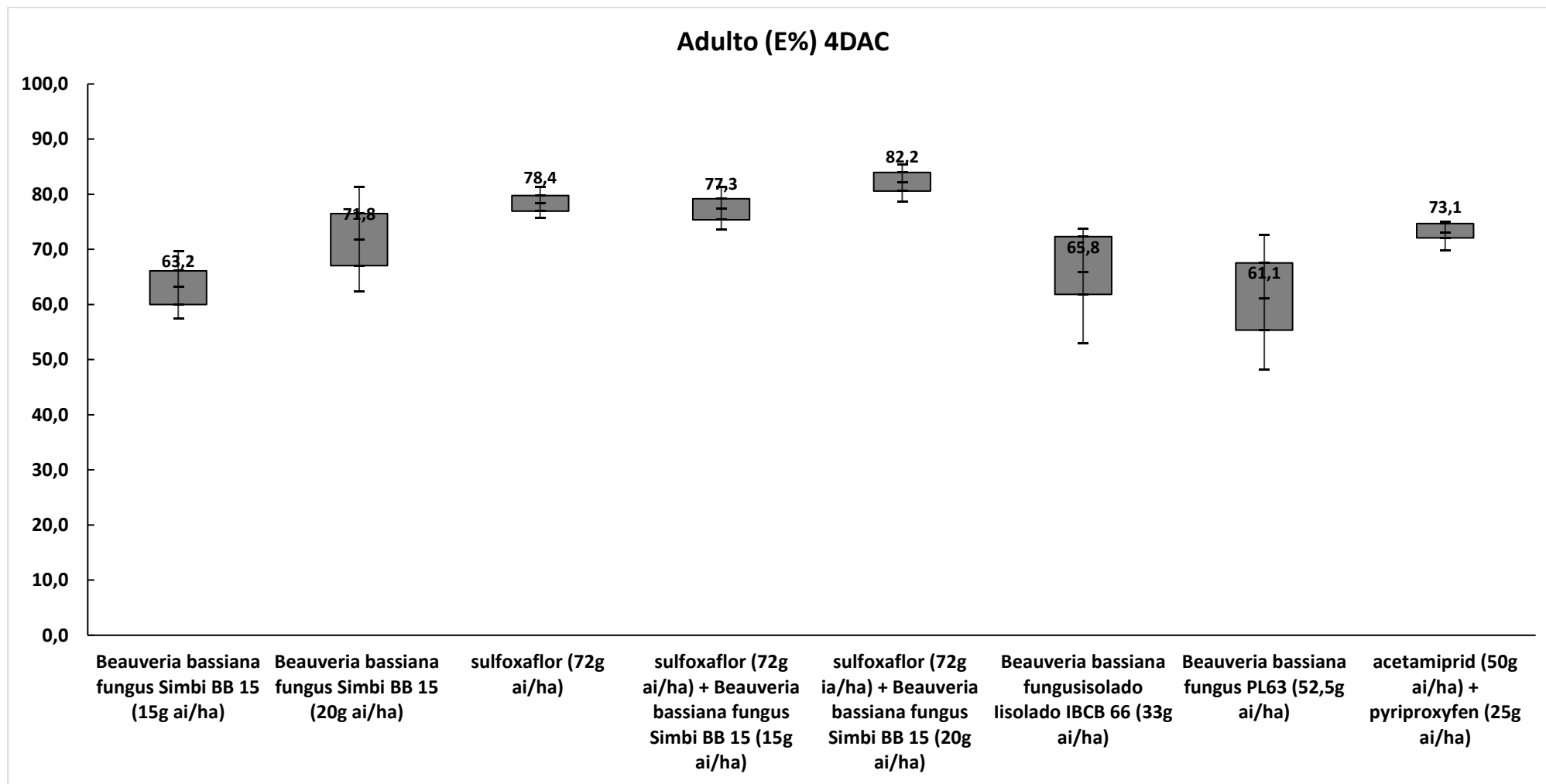


Figura 6 – Análise conjunta de eficácia de 7 dias após segunda aplicação em adultos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

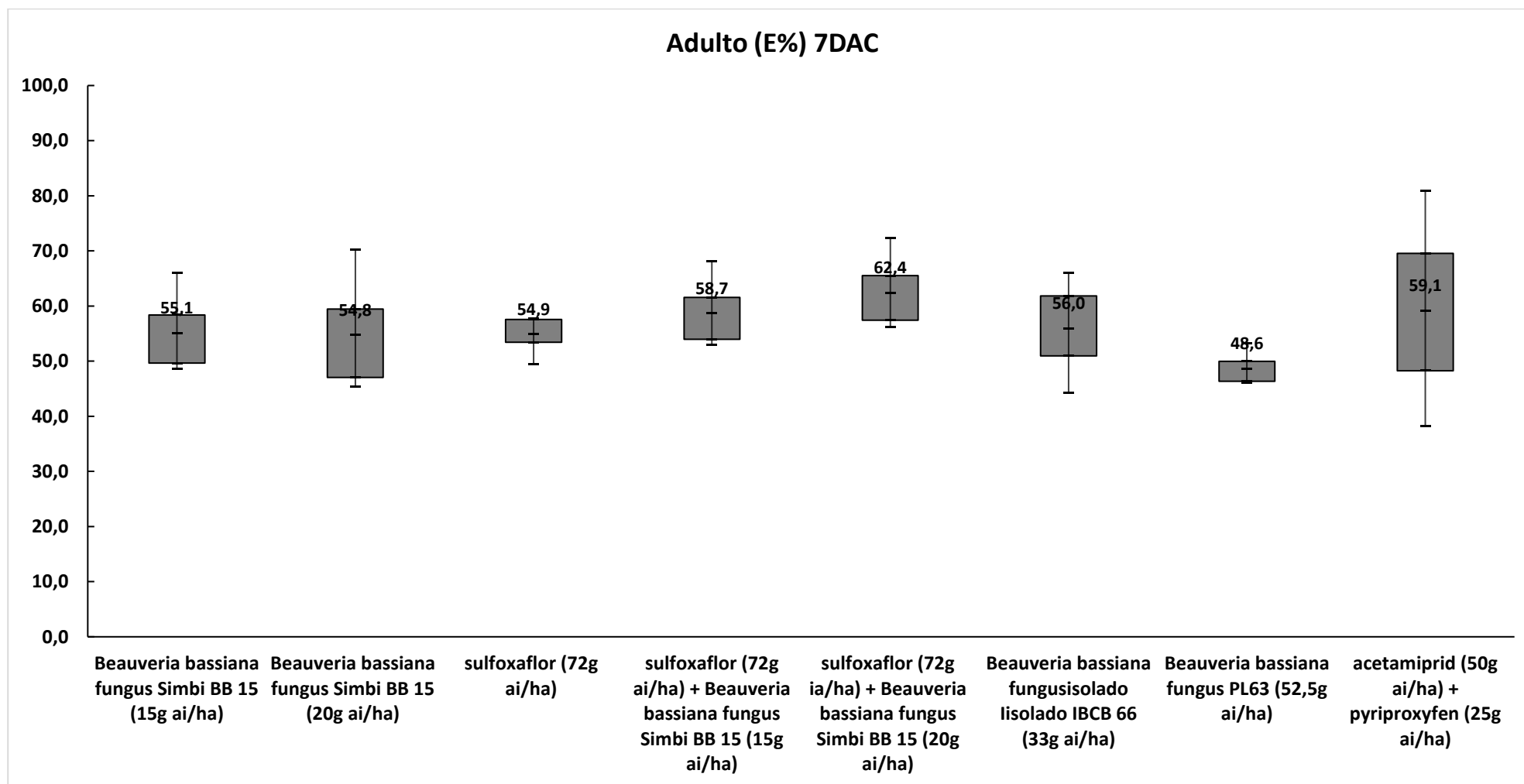


Figura 7 – Análise conjunta de eficácia de 7 dias após primeira aplicação em ninfas nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

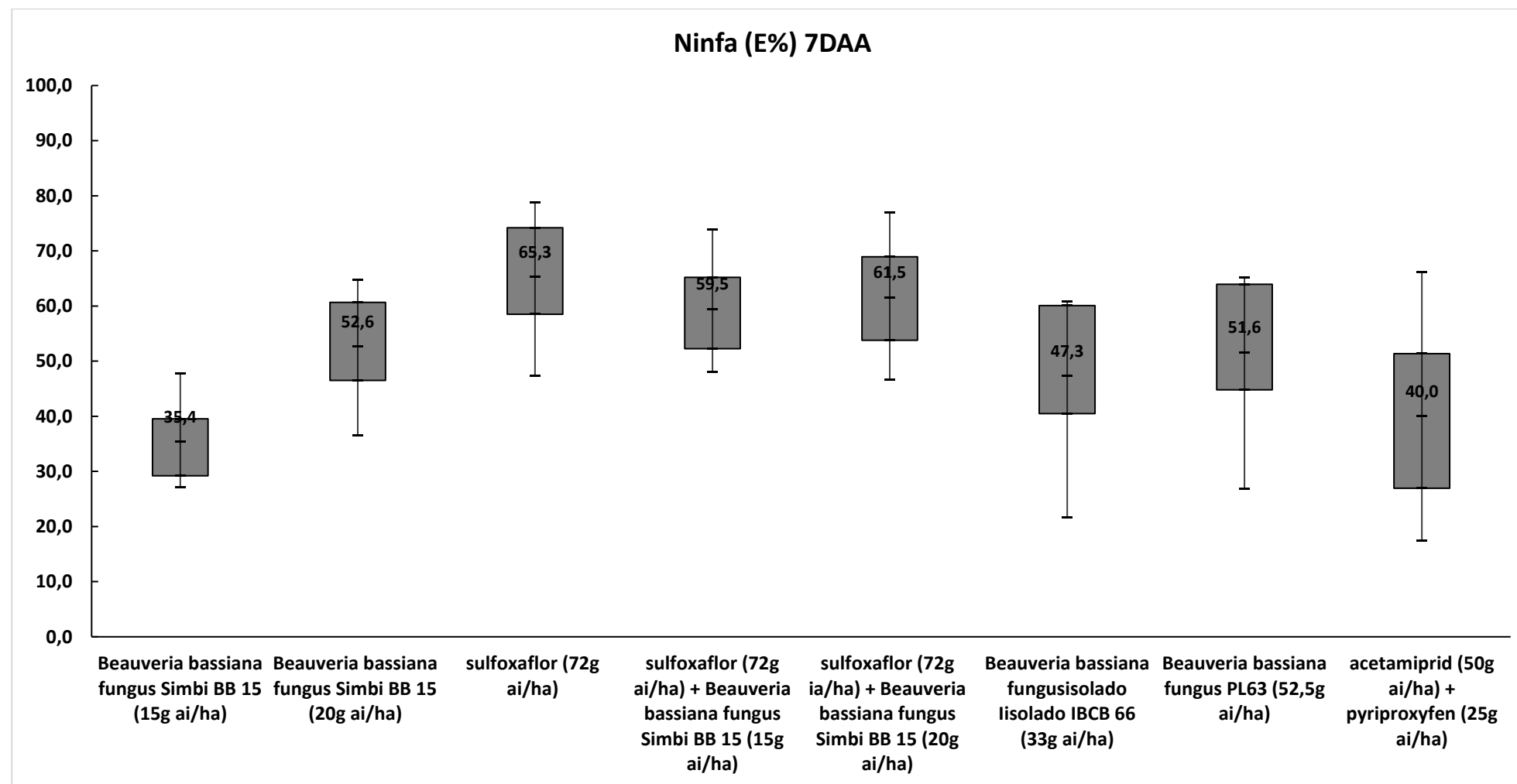


Figura 8 – Análise conjunta de eficácia de 4 dias após segunda aplicação em ninfas nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

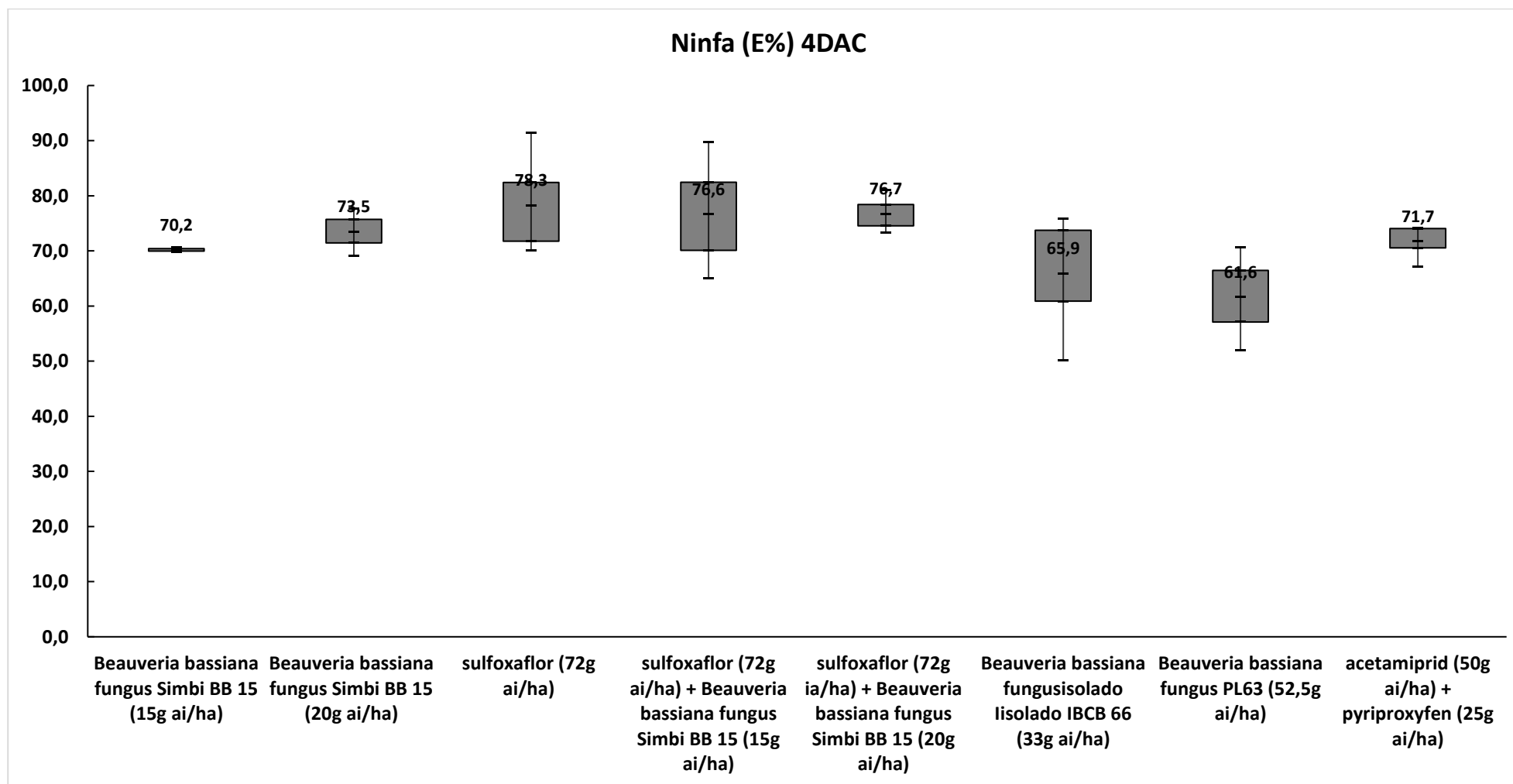


Figura 9 – Análise conjunta de eficácia de 7 dias após segunda aplicação em ninfas nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

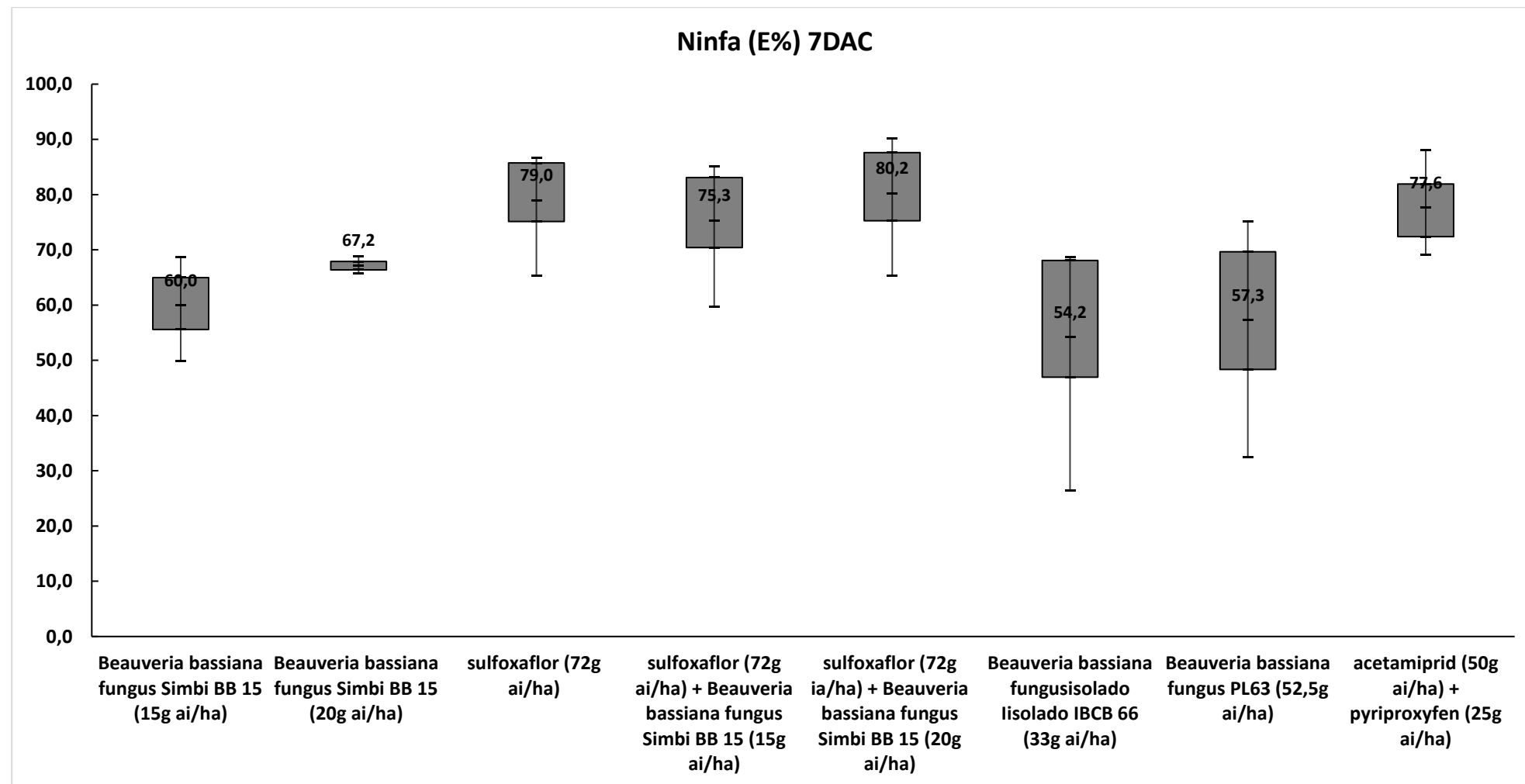


Figura 10 – Análise conjunta de eficácia de 14 dias após segunda aplicação em ninfas nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

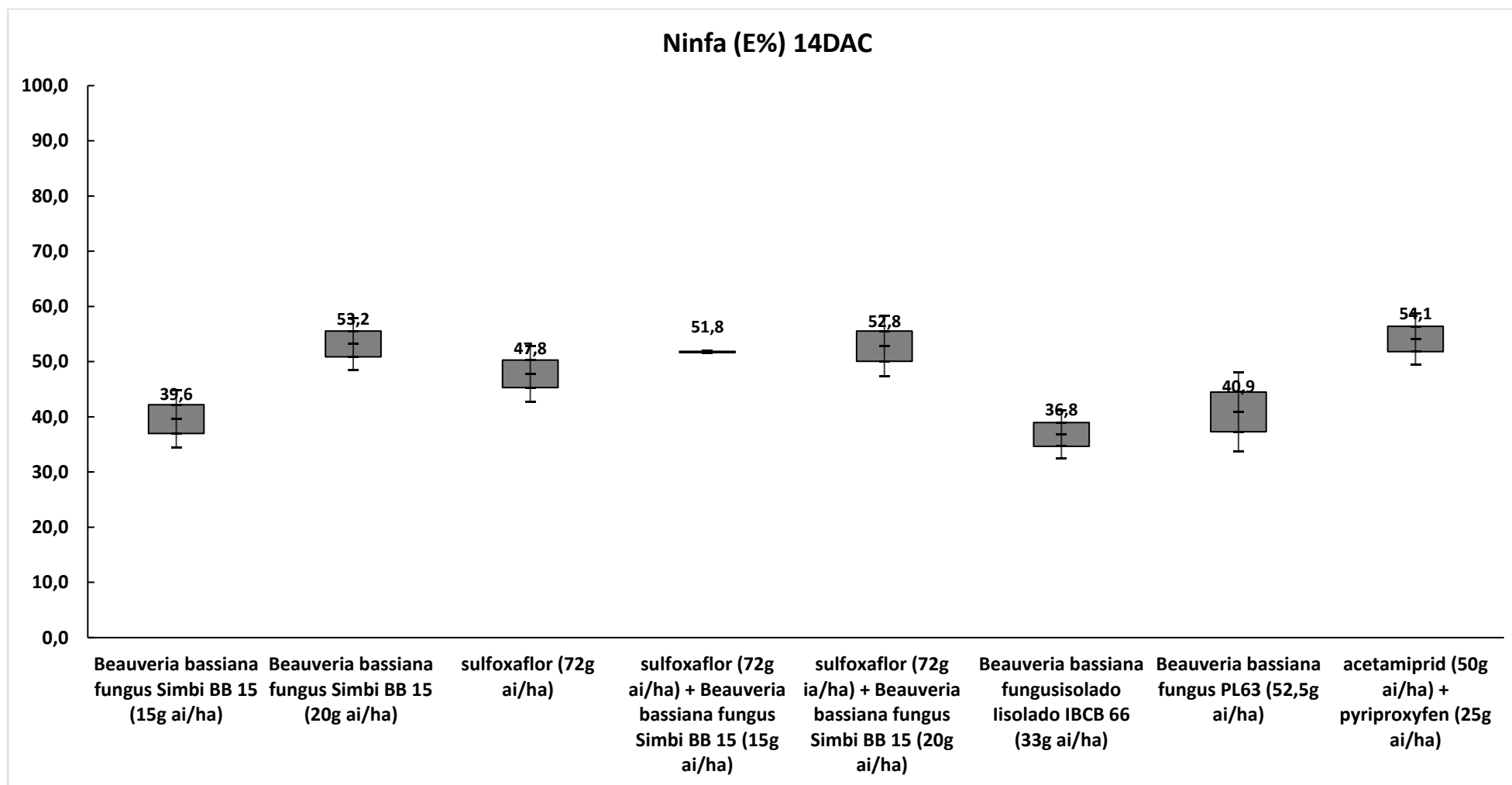


Figura 11 – Análise conjunta de eficácia de 7 dias após primeira aplicação em ovos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

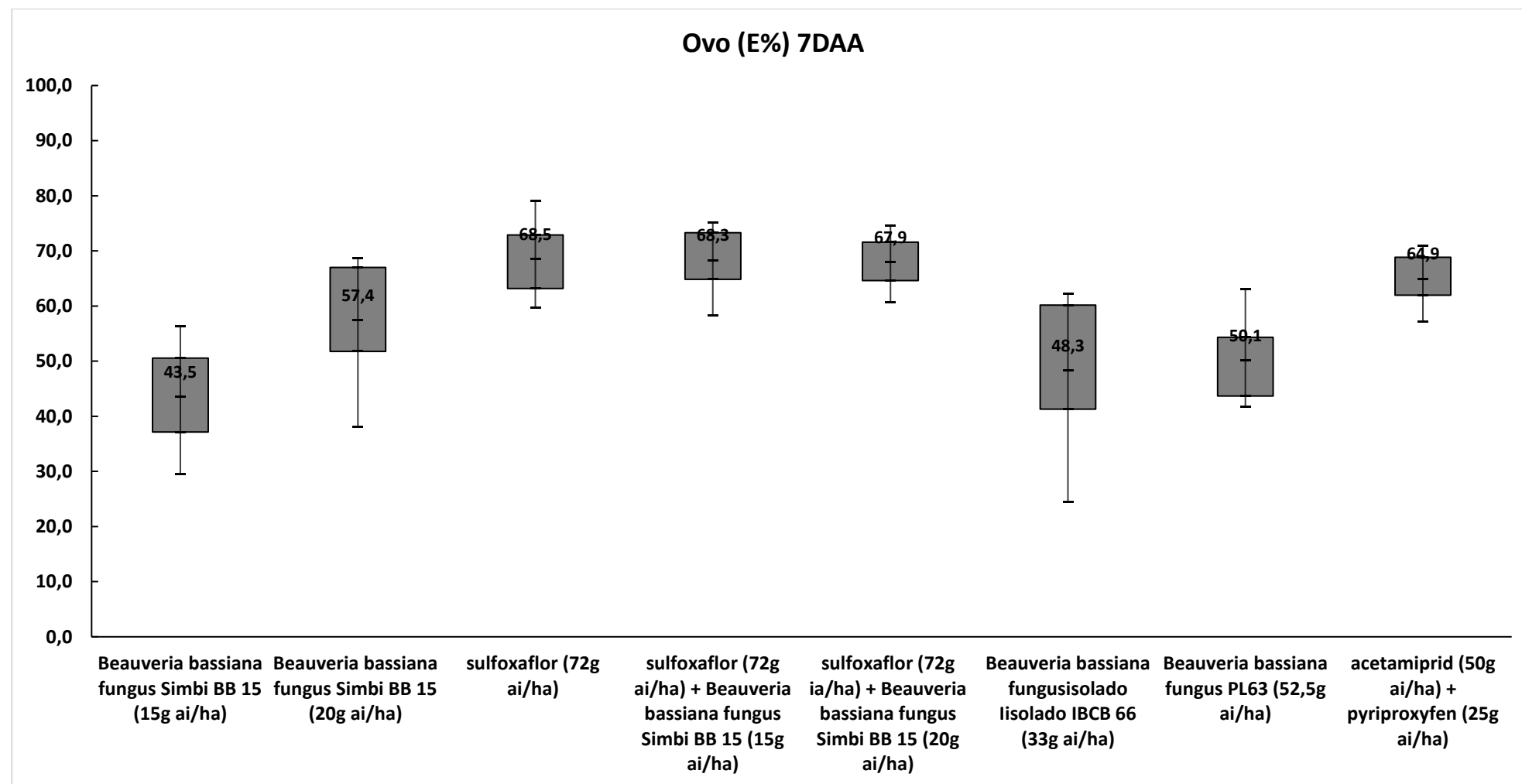


Figura 12 – Análise conjunta de eficácia de 4 dias após segunda aplicação em ovos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

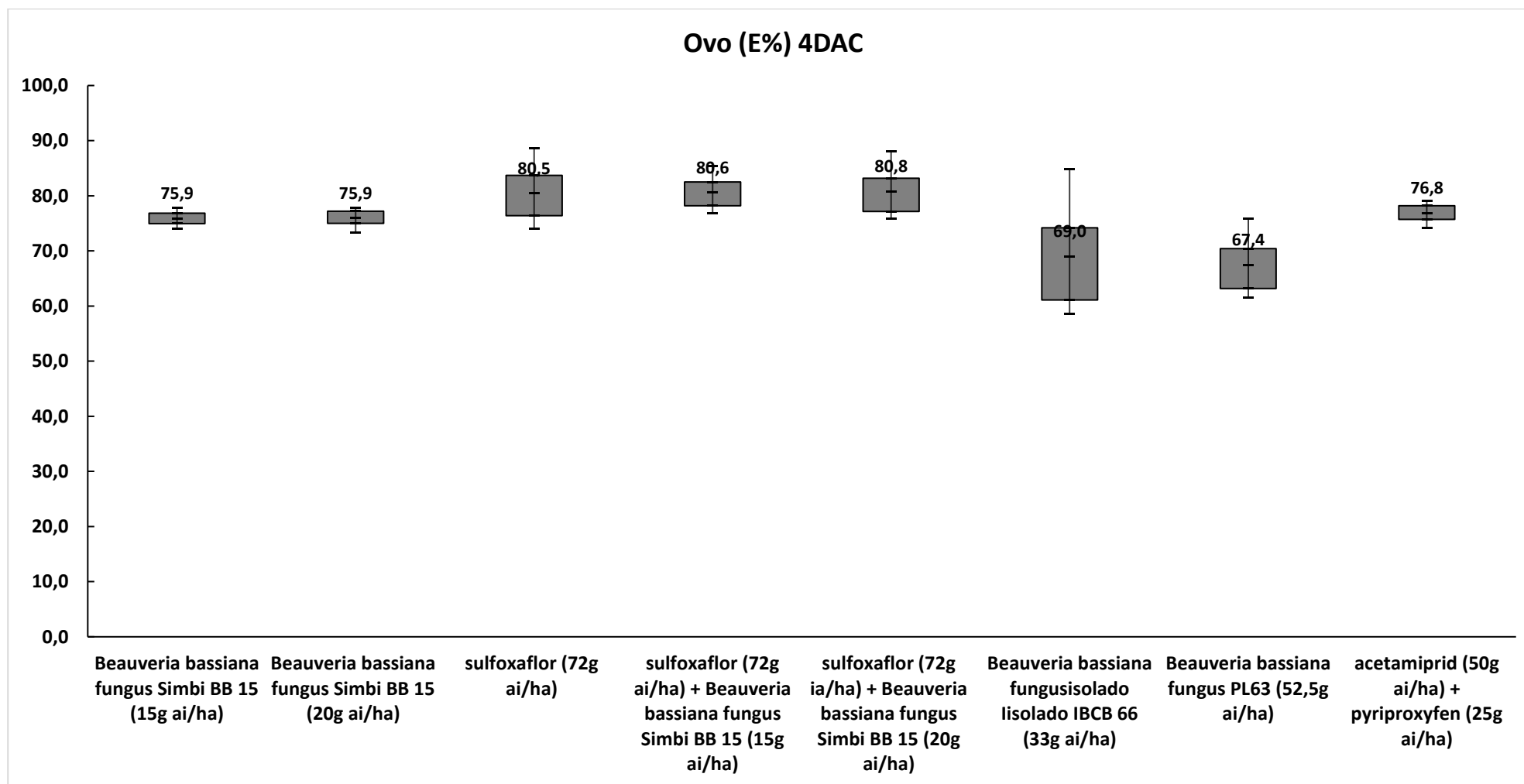


Figura 13 – Análise conjunta de eficácia de 7 dias após segunda aplicação em ovos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP

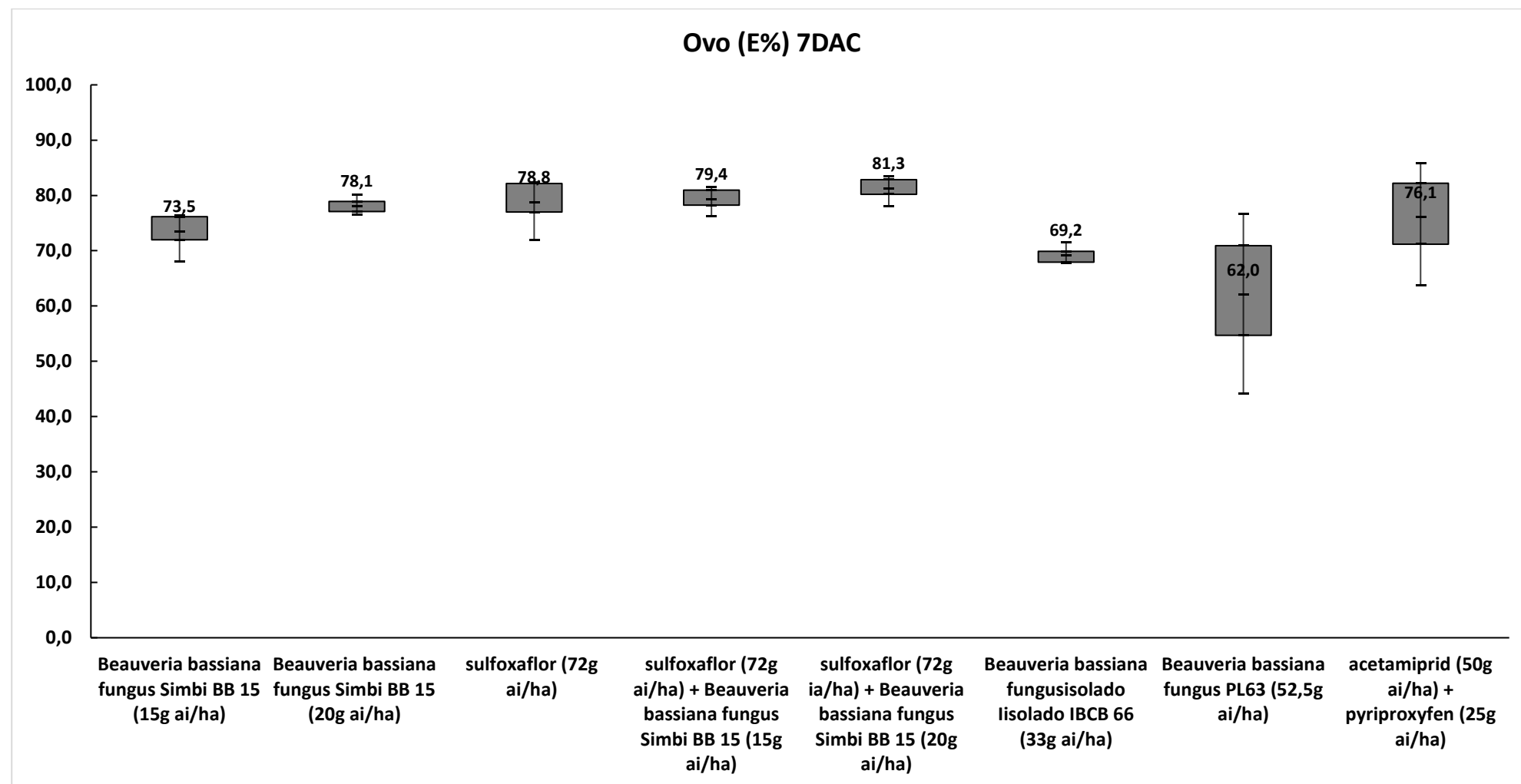
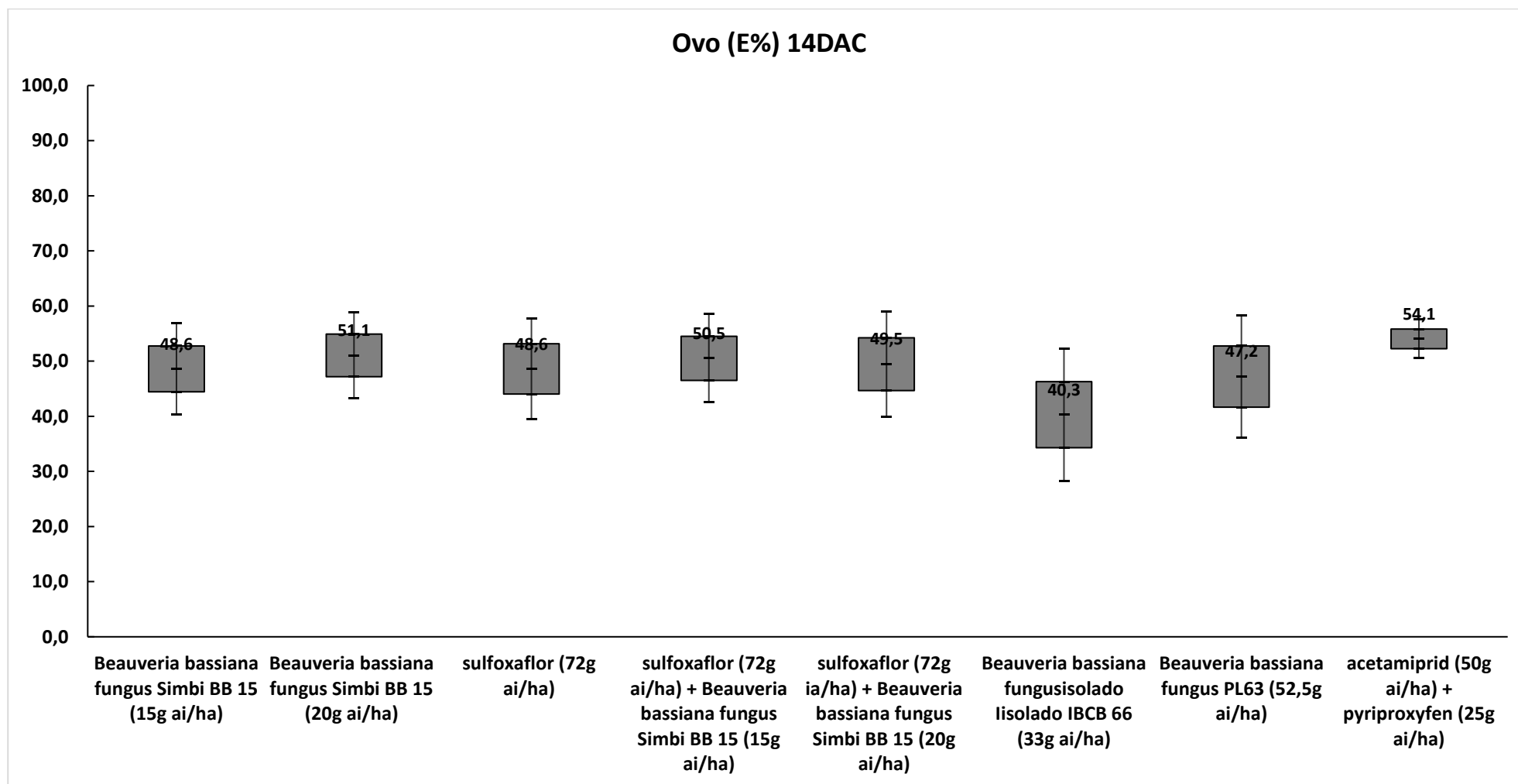


Figura 14 – Análise conjunta de eficácia de 14 dias após segunda aplicação em ovos nos municípios de Piedade – SP, Itapeva – SP, Botucatu -SP



1.5 CONCLUSÃO

Desta forma, pode-se concluir que a utilização de produtos biológicos no manejo de *B. tabaci* é uma alternativa não somente opcional, mas necessária dentro de uma perspectiva de manejo assertivo, sendo uma ótima alternativa para o manejo das variadas espécies crípticas de mosca-branca, atuando como uma forma eficaz para combater a evolução da resistência em populações, bem como driblar as diferentes características apresentadas pelas espécies crípticas principalmente em relação aos distintos níveis de suscetibilidade a inseticidas que estas espécies apresentam, como por exemplo, *B. tabaci* MED.

É evidente que ainda existem fatores limitantes a utilização destes produtos principalmente em relação a logística dos produtores rurais, bem como o posicionamento assertivo deste tipo de controle. Porém, com a evolução rápida das tecnologias e superação de desafios, este tipo de tecnologia será cada vez mais uma aliada no manejo de pragas, principalmente devido a sua eficácia bem como a diminuição de resíduos químicos em alimentos, sendo uma forte aliada na produção de alimentos e matérias-primas em um sistema ecologicamente viável e economicamente lucrativo.

REFERENCIAS

ABBOT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. **J Am Mosq Control Assoc**, v. 3, n. 2, p. 302-3, 1987.

AGUILERA SAMMARITANO, J. A. *et al.* Control of *Bemisia tabaci* by entomopathogenic fungi isolated from arid soils in Argentina. **Biocontrol Science and Technology**, v. 26, n. 12, p. 1668-1682, 2016.

AMBETHGAR, V. Potential of entomopathogenic fungi in insecticide resistance management (IRM): A review. **Journal of Biopesticides**, v. 2, n. 2, p. 177-193, 2009.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, 1992.

BASIT, M. Status of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: resistance, cross-resistance, stability of resistance, genetics, and fitness costs. **Phytoparasitica**, v. 47, n. 2, p. 207-225, 2019.

BELLO, V. H. *et al.* Detection of *Bemisia tabaci* Mediterranean cryptic species on soybean in São Paulo and Paraná States (Brazil) and interaction of cowpea mild mottle virus with whiteflies. **Plant Pathology**, v. 70, n. 6, p. 1508-1520, 2021.

- BELLO, V. H. *et al.* Outbreaks of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in vegetable crops in São Paulo and Paraná States, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 4, p. 487-496, 2020.
- BOSCO, D. *et al.* PCR-RFLP identification of *Bemisia tabaci* biotypes in the Mediterranean Basin. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 3, p. 243-251, 2006.
- BROWN, J. K. *et al.* Revision of Begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. **Archives of Virology**, v. 160, n. 6, p. 1593-1619, 2015.
- DA FONSECA BARBOSA, L. *et al.* First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest management science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, 2015.
- DE BARRO, P. J. *et al.* *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual review of entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011.
- EL-WAKEIL, N. *et al.* Side effects of insecticides on natural enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. In: TRDAN, S. (Ed.) **Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies**. INTECH Open, Massachusetts, cap. 1, 2013.
- FERNANDES, D. S. *et al.* *Bemisia tabaci* MEAM1 still remains the dominant species in open field crops in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2022.
- FERNANDES, E. K.K. *et al.* Variability in tolerance to UV-B radiation among *Beauveria* spp. isolates. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 96, n. 3, p. 237-243, 2007.
- ICTV. Taxon details.** Disponível em: <https://talk.ictvonline.org/taxonomy/p/taxonomy-history?taxnode_id=202003174>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- JONES, D.R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p 195-219, 2003.
- KONTSEDALOV, S. *et al.* *Bemisia tabaci* biotype dynamics and resistance to insecticides in Israel during the years 2008–2010. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, n. 2, p. 312-320, 2012.
- 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.
- MASCARIN, G. M. *et al.* The virulence of entomopathogenic fungi against *Bemisia tabaci* biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and their conidial production using solid substrate fermentation. **Biological control**, v. 66, n. 3, p. 209-218, 2013.

MORAES, L. A. *et al.* New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517-525, 2017.

OLIVEIRA, M.R.V.; HENNEBERRY, T.J.; ANDERSON, P. History, status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

PALUMBO, J. C.; HOROWITZ, R.; PRABHAKER, N. Overview of insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 739-765, 2001.

PERRING, T. M. *et al.* Whiteflies: Biology, ecology, and management. In: **Sustainable management of arthropod pests of tomato**. Academic Press, 2018. p. 73-110.

PRITHIVA, J. N.; GANAPATHY, N.; JEYARANI, S. Efficacy of different formulations of *Beauveria bassiana* (Bb 112) against *Bemisia tabaci* on tomato. **J. Entomol. Zool. Stud**, v. 5, n. 4, p. 1239-1243, 2017.

SHAN, H. W. *et al.* Differential responses of the whitefly *Bemisia tabaci* symbionts to unfavorable low and high temperatures. **Microbial ecology**, v. 68, p. 472-482, 2014.

SIMON, C. *et al.* Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. **Annals of the entomological Society of America**, v. 87, n. 6, p. 651-701, 1994.

SPARKS, T. C.; NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 121, p. 122-128, 2015.

TABASHNIK, B. E. *et al.* Defining terms for proactive management of resistance to *Bt* crops and pesticides. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v. 107, p.496-507, 2014.

WALSH, P. S.; METZGER, D. A.; HIGUCHI, R. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. **Biotechniques**, v. 10, n. 4, p. 506-513, 1991.

WARI, D. *et al.* Augmentation and compatibility of *Beauveria bassiana* with pesticides against different growth stages of *Bemisia tabaci* (Gennadius); an in vitro and field approach. **Pest Management Science**, v. 76, n. 9, p. 3236-3252, 2020.

XIAO, Na. *et al.* Differential tolerance capacity to unfavourable low and high temperatures between two invasive whiteflies. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

ZAFAR, J. *et al.* Effectiveness of *Beauveria bassiana* against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Aleyrodidae: Homoptera) on different host plants. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 48, n. 1, 2016.

CAPÍTULO 2

EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN EM DIFERENTES HOSPEDEIROS

RESUMO

Dentre as pragas de maior importância global, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) encontra-se no grupo das de maior relevância. Atualmente entende-se como *B. tabaci* um complexo de espécies crípticas capazes de colonizar diferentes hospedeiros e habitar diversas regiões do globo com clima e características distintas. Entre as espécies crípticas de maior relevância no Brasil encontram-se Middle East Asia Minor 1 (MEAM1) e Mediterranean (MED), e isso se deve a suas características agressivas e capacidade de adaptarem em diversos hospedeiros. Apesar disso, como a entrada de *B. tabaci* MED no Brasil é recente, pouco se sabe sobre a biologia destas populações que se encontram presentes no país. Diante disso, o objetivo do estudo em questão foi entender o desenvolvimento de MED em diferentes hospedeiros em diferentes temperaturas buscando auxiliar no entendimento de como esta espécie críptica poderá se comportar nas diferentes regiões do país com constantes térmicas distintas, visto que o Brasil é um país de dimensões continentais. Sendo assim, neste ensaio foram testados o período de desenvolvimento de ovo-adulto e a viabilidade de dos insetos com frequência inicial dos endossimbiontes secundários de 80% *Hamiltonella* e 20% *Cardinium* que conseguiram virar adultos em pimentão, algodão, tomate, soja e feijão comum, nas temperaturas de 20°C; 23°C; 26°C; 29°C; 32°C e 35°C. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que, em relação as exigências térmicas, o hospedeiro teve pouca influência no desenvolvimento do inseto. Em relação a viabilidade ovo-adulto os melhores hospedeiros foram, pimentão, algodão e tomate. Já em relação ao desenvolvimento do inseto a melhor faixa de temperatura, de uma maneira geral, ficou entre 26°C e 32°C.

Palavras-chave: Espécie críptica, MED, temperatura, hospedeiro, desenvolvimento

ABSTRACT

One the most globally important pests, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) is in the most relevant group. Currently, *B. tabaci* is known as a complex cryptic species capable of colonizing different hosts and inhabiting different regions of the globe with different climates and characteristics. The most relevant cryptic species in Brazil are Middle East Asia Minor 1 (MEAM1) and Mediterranean (MED) due to its aggressive characteristics and ability to adapt to different hosts. Despite this, as the arrival of *B. tabaci* MED in Brazil is recent, there is little knowledge about the biology of these populations that are present in the country. So, the objective of the study was to understand the development of MED in different hosts at different temperatures, seeking to assist in the understanding of how this cryptic species may behave in different regions of the country with different thermal constants, since Brazil is a country of continental dimensions. Therefore, in this trial, the period of egg-adult development and the viability of insects were tested in bell pepper, cotton, tomato, soybean, and common bean, at temperatures of 20°C; 23°C; 26°C; 29°C; 32°C and 35°C. The initial frequency of secondary endosymbionts of 80% *Hamiltonella* and 20% *Cardinium* that became adults. From the results obtained, it was possible to conclude that, about thermal requirements, the host had little influence on the development of the insect. Regarding egg-adult viability, the best hosts were bell pepper, cotton, and tomato. About the development of the insect, the best temperature range, in general, was between 26°C and 32°C.

Keywords: Cryptic species, Mediterranean, temperature, host, development

2.1 INTRODUÇÃO

Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma praga de grande importância global por se tratar de um inseto polífono capaz de se alimentar de mais de 700 espécies de plantas (NAVAS-CASTILLO; FIALLO-OLIVÉ; SÁNCHEZ-CAMPOS, 2011; LOURENÇÃO; SAKATE; VALLE, 2014). Atualmente é sabido que *B. tabaci* contempla um complexo de 45 espécies crípticas, que até pouco tempo eram morfologicamente indistinguíveis, somente sendo diferenciáveis por análise molecular (DE BARRO et al., 2011; BOYKIN et al., 2013; LEE et al., 2013; JIU et al., 2017; MUGERWA et al., 2018; MACLEOD et al., 2022).

Atualmente as espécies que se encontram em maior destaque ao redor do globo são Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1) e Mediterranean (MED), que devido a diversos fatores adaptativos se tornaram dentre as espécies crípticas as de maior relevância econômica (DE BARRO et al., 2011; WAN; YANG, 2016).

Ao nos referirmos a MEAM1 e MED como pragas de relevância econômica, MED tem apresentado algumas características que a tornam com uma capacidade de suprimir MEAM1 em determinadas situações, dentre elas, a aplicação de inseticidas, hospedeiro e a temperatura são fatores chave para este processo (DAI, 2018; YANG et al., 2021; PAN et al., 2015).

No Brasil, apesar da entrada mais recente de MED no país, MEAM1 ainda é a espécie críptica dominante do país e, apesar de estudos afirmarem isso (FERNANDES et al., 2022.), em outras regiões do globo MED já se tornou dominante (TANG et al., 2019).

Diante disso, com o intuito de buscar mais informações para entender como poderá ocorrer o estabelecimento da espécie críptica MED no país e devido ao número de trabalhos em relação a estes fatores serem limitados no Brasil, principalmente em relação a espécie críptica *B. tabaci* MED, o objetivo do estudo em questão foi entender o desenvolvimento de MED em diferentes hospedeiros em diferentes temperaturas buscando auxiliar no entendimento de como esta espécie críptica poderá se comportar nas diferentes regiões do país com constantes térmicas distintas, visto que o Brasil é um país de dimensões continentais.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Manutenção de insetos e plantas

Amostras de *B. tabaci* coletadas em no ano de 2018 em plantas de pimentão no município de São Pedro do Turvo nas coordenadas 22°47'10"S 49°51'17"W, foram previamente criadas em laboratório e identificadas por meio de análise molecular. As amostras reconhecidas como *B. tabaci* MED foram mantidas em gaiolas compostas por tela de poliéster anti-afídica de 45x45x55 centímetros e foram mantidas isoladas em plantas de pimentão livre de qualquer agente contaminante em ambiente climatizado a 26°C±2°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14 horas. Além disso também foi estabelecida uma colônia em plantas de feijão comum.

2.2.2 Identificação da espécie críptica de *B. tabaci*

Para a identificação dos indivíduos foi realizada a análise do gene mitocondrial citocromo oxidase I (mtCOI). Inicialmente foi executado a extração individual do DNA de 20 indivíduos para a amostra coletada da colônia inicial em pimentão, através do protocolo de Chelex (WALSH; METZGER; HIGUCHI, 1991). As amostras foram submetidas a uma reação de PCR com os primers genéticos C1-J-2195 e TL2-N-3014 (SIMON et al., 1994). A reação de PCR foi feita em volume final de 50µl (concentração final MgCL₂ 50mM, dNTP 2,5mN, oligonucleotídeos a 1µM) utilizando-se 0,5 unidades de *Taq* polimerase. A reação ocorreu em um ciclo de 5 minutos a 94°C, 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 45 segundos a 45°C e 1 minuto a 72°C (35 ciclos) com extensão final de 10 minutos a 72°C. Em seguida foi executada análise de polimorfismo por RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) dos amplicons (800pb) (BOSCO et al., 2006) permitindo o diferenciar as espécies MEAM1, MED, NW1 e NW2. De cada PCR foram utilizados 5µl que foi digerido por com uma unidade de *TaqI* à 65°C por 2 horas em volume final de 15µl. O DNA que foi digerido foi avaliado em gel de eletroforese a 1% corado com brometo de etídeo. Para confirmação da espécie, pelo menos um inseto foi purificado (QIAquick Gel Extraction Kit Qiagen) e enviado para ser sequenciado diretamente pelo método de Sanger (sem clonagem) na Macrogen, Coréia do Sul. Os nucleotídeos sequenciados foram analisados e comparados entre si e com outras sequencias de moscas-branca depositadas no GeneBank, através da ferramenta Blast-n (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>).

2.2.3 Identificação do grupo de endossimbiontes

As mesmas amostras identificadas como *B. tabaci* MED também foram submetidas a detecção do endossimbionte primário, *Portiera aleyrodidarum*, e dos seis endossimbiontes secundários *Hamiltonella*, *Rickettsia*, *Wolbachia*, *Cardinium*, *Arsenophonus* e *Fristchea* por meio de primers específicos para estes gêneros que amplificam as regiões dos genes 16S e 23S (MARUBAYASHI et al., 2014)

2.2.4 Determinação das exigências térmicas em diferentes hospedeiros

Diante da necessidade de estudos de exigências térmicas para populações da espécie críptica MED no Brasil. Neste ensaio foi avaliado o período de desenvolvimento de *B. tabaci* MED nas temperaturas de 20°C; 23°C; 26°C; 29°C; 32°C e 35°C em 5 diferentes hospedeiros: pimentão “Taurus” (*Capsicum annuum*), algodão “FM 985 GLTP” (*Gossypium hirsutum*), feijão “Common bean” (*Phaseolus vulgaris*), soja “NEO 580” (*Glycine max*) e tomate “IPA 6” (*Solanum lycopersicum*), em câmara incubadora BOD (Biochemical Oxygen Demand) umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14 horas.

Em cada temperatura foram testados os cinco hospedeiros, contendo seis repetições com 20 indivíduos por unidade amostral. Para a construção do experimento, com o auxílio de um sugador composto por pipeta de vidro tipo Pasteur e mangueira flexível, foram acondicionados em “clip-cages” em seus respectivos hospedeiros aproximadamente 30 adultos de mosca-branca com idade máxima de 72 horas para um período de oviposição de 48 horas em ambiente climatizado a 26°C±2°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14 horas. Após esse período, os adultos foram retirados das “clip-cages” e com o auxílio de uma lupa com capacidade de aumento em 60 vezes, foram selecionados 20 ovos e essa área foi demarcada com tinta relevo atóxica. Posteriormente, as plantas hospedeiras contendo os ovos foram acondicionados em suas respectivas temperaturas já pré-estabelecidas, e então, diariamente, foi acompanhado o desenvolvimento desses indivíduos desde o estágio de ovo até atingirem a sua fase adulta.

É importante frisar que, os insetos que foram testados em pimentão como hospedeiro, foram criados em feijão excluindo a hipótese de favorecimento de desenvolvimento da mosca-branca em um hospedeiro já pré-adaptado.

2.2.5 Avaliações

Os parâmetros biológicos avaliados foram o tempo de desenvolvimento de ovo-adultos e mortalidade dos insetos. A partir dos dados coletados, também foram determinadas as temperaturas de base (T_b) o valor da constante térmica (K) em graus-dia (GD) que foram calculados pelo método da Hipérbole (HADDAD; PARRA, 1984).

Também foram avaliados a viabilidade dos estágios de desenvolvimento do inseto submetidos aos tratamentos. Para os valores obtidos para cada hospedeiro em cada temperatura, os dados foram submetidos ao teste de Tukey com 5% de significância ($P < 0,05$)

Já para o estabelecimento da curva de desenvolvimento dos insetos em cada temperatura para cada hospedeiro foi utilizado a metodologia de Kaplan-Meier (KAPLAN; MEIER, 1958). Para a comparação de curvas foi utilizada a análise não paramétrica feita pelo teste de *log-rank* a 5% de significância (MANTEL; HAENZEL 1959; MANTEL 1966).

2.3 RESULTADOS

Em relação a frequência de endossimbiontes secundários encontrados para a população de pimentão testada contendo 20 indivíduos foi detectado 80% dos insetos com *Hamiltonella* e 20% dos insetos com *Cardinium*.

Em relação ao tempo de desenvolvimento ovo-adulto através metodologia da hipérbole não houve grande variação entre os hospedeiros, sendo assim, o fator determinante foi a temperatura. Sendo que a maior temperatura base (T_b) foi observada no pimentão, algodão, feijão, tomate e soja, respectivamente (Tabela 1). Em relação ao Graus-Dias (GD), *B. tabaci* MED apresentou maior tempo de desenvolvimento na fase de ovo-adulto no hospedeiro soja (Tabela 1).

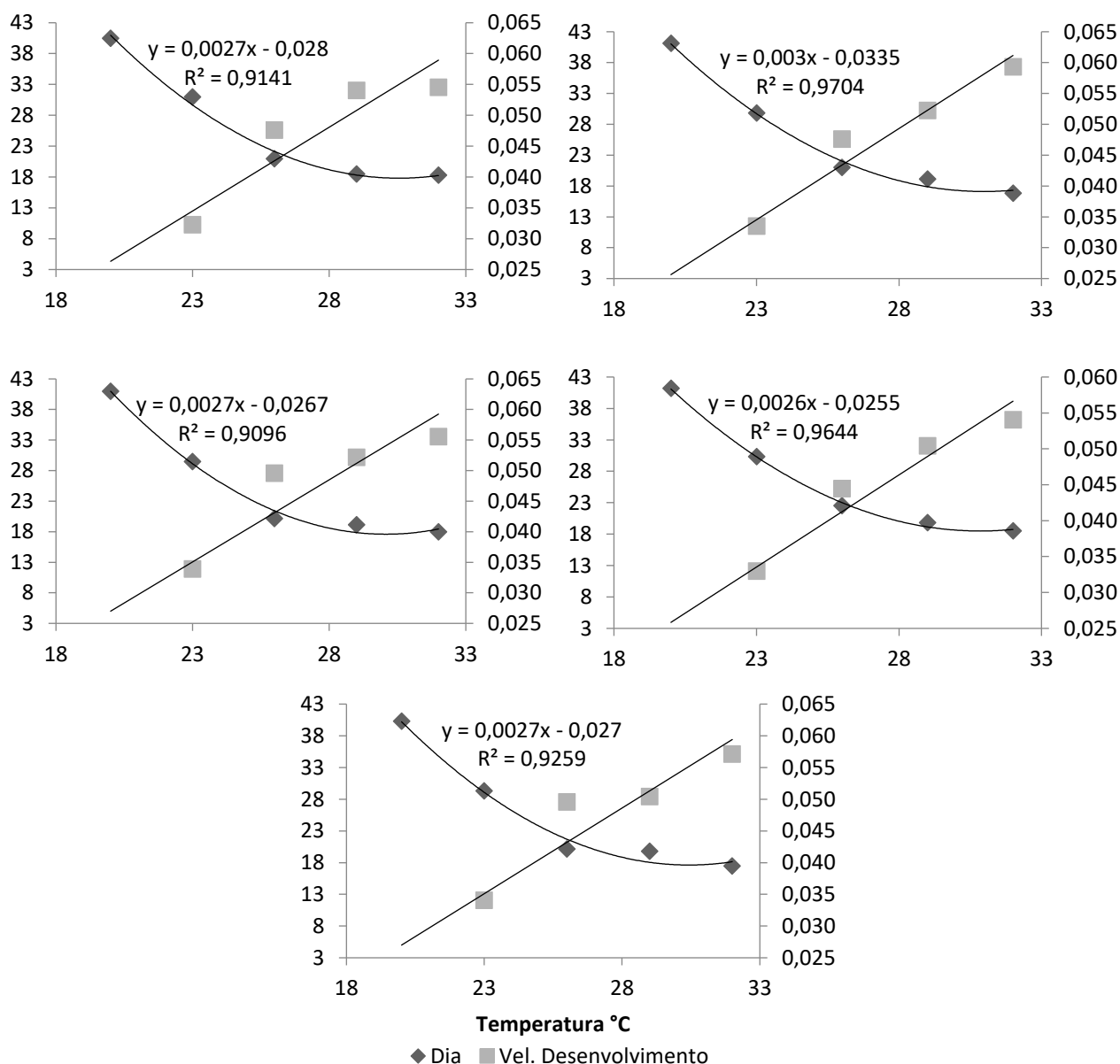
Tabela 1 - Limite térmico inferior de desenvolvimento (T_b), limite térmico superior de desenvolvimento (T_s), constante térmica (K), de *B. tabaci* MED (ovo-adulto)

Hospedeiro	T_b (°C)	T_s (°C)	K (GD)
Algodão	10,37	29,62	370,37
Pimentão	11,17	29,42	333,33
Tomate	9,89	29,13	370,37
Soja	9,81	29,42	384,62
Feijão	10,00	29,25	370,37

GD = Graus-Dia

Para o estabelecimento da velocidade de desenvolvimento, em função da temperatura, ajustou-se ao modelo linear obtido através da equação da hipérbole (HADDAD; PARRA, 1984). É válido frisar que como a temperatura de 35°C gerou um aumento no período de desenvolvimento do inseto quando comparado a temperatura de 32°C, este valor foi desconsiderado para o cálculo da equação cujo grau de confiabilidade (R^2) para todos os hospedeiros foi acima de 90% (Figura 1).

Figura 1 - Relação entre a temperatura com o tempo (dias) e a velocidade de desenvolvimento (1/dias) da fase ovo-adulto em algodão, pimentão, tomate, soja e feijão.



Em relação a viabilidade nos hospedeiros em detrimento da temperatura, foi observado que na temperatura de 35°C, pimentão, algodão e tomate se diferiram estatisticamente dos demais, sendo que as maiores viabilidades ficaram entre tomate e pimentão com 55,8 % e 51,7 % respectivamente. Aos 29°C também houve diferença estatística entre os hospedeiros algodão e pimentão quando comparados com a soja (Tabela 2). Aos 32°C, 26°C, 23°C e 20°C não foi observado diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 2).

Quando comparada viabilidade nas diferentes temperaturas para cada hospedeiro, foi observado que para o algodão as melhores temperaturas foram 29°C e 26°C com 88,3% e 85,0% de viabilidade de ninfas que se tornaram adultos, sendo que apenas houve diferença estatística de todas as temperaturas testadas apenas com 20°C e 35°C (Tabela 3).

Ao avaliarmos as diferentes temperaturas no pimentão, foi observado que a melhor temperatura foi 32°C, sendo que a maior viabilidade foi observada aos 32°C com 87,5%. Todas as temperaturas se diferiram estatisticamente dos 20°C e 32°C também se diferiu dos 35°C (Tabela 3).

Para o tomate, nenhuma das temperaturas apresentaram diferença estatística em relação a viabilidade e a temperatura que se obteve um maior percentual de viabilidade foi aos 26°C com 79,2% (Tabela 3).

Na viabilidade do hospedeiro soja em relação as temperaturas, foi observado que a maior foi obtida aos 26°C com 65,8%. Somente houve diferença estatística entre as temperaturas 26°C quando comparadas com 20°C e 35°C (Tabela 3).

No hospedeiro feijão somente houve diferença estatística de viabilidade dos 35°C com as demais temperaturas testadas. É válido frisar que aos 35°C constantes de temperatura o hospedeiro feijão não conseguiu se estabelecer o que consequentemente ocasionou uma viabilidade de 0% nesta temperatura. Em relação as demais temperaturas a melhor viabilidade foi observada aos 23°C com 63,3% (Tabela 3).

Tabela 2 - Indivíduos vivos na fase de ovo-adulto e viabilidade (%) em diferentes hospedeiros em temperaturas distintas

Tratamentos	35°C			%	32°C			%	29°C			%	26°C			%	23°C			%	20°C			%						
Algodão	7,83	±	1,40	a	39,2	14,67	±	2,01	ns*	73,3	17,67	±	1,23	a	88,3	17,00	±	2,16	ns*	85,0	15,67	±	0,42	ns*	78,3	6,50	±	2,77	ns*	32,5
Pimentão	10,33	±	2,48	a	51,7	17,50	±	1,08		87,5	16,33	±	1,18	a	81,7	16,17	±	1,70		80,8	11,83	±	1,13		59,2	4,50	±	0,73		22,5
Tomate	11,17	±	2,52	a	55,8	12,00	±	2,83		60,0	15,00	±	1,75	ab	75,0	15,83	±	1,94		79,2	14,33	±	1,33		71,7	8,50	±	2,32		42,5
Soja	2,00	±	0,52	b	10,0	10,50	±	2,64		52,5	9,33	±	2,28	b	46,7	13,17	±	1,89		65,8	10,83	±	2,17		54,2	4,17	±	0,95		20,8
Feijão	0,00	±	0,00	b	0,0	9,00	±	1,91		45,0	11,00	±	1,88	ab	55,0	11,17	±	1,64		55,8	12,67	±	1,65		63,3	7,67	±	2,42		38,3
CV (%)	28,8				23,07				15,98				15,47				14,11				32,57									

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados raiz(x+1);

Tabela 3 - Indivíduos vivos na fase de ovo-adulto e viabilidade (%) em diferentes temperaturas em hospedeiros distintos

Tratamentos	Algodão				%	Pimentão				%	Tomate				%	Soja				%	Feijão				%
35°C	7,83	±	1,40	bc	39,2	10,33	±	2,25	b	51,7	11,17	±	2,52	ns*	55,8	2,00	±	0,52	bc	10,0	0,00	±	0,00	b	0,0
32°C	14,67	±	2,01	ab	73,3	17,50	±	1,09	a	87,5	12,00	±	2,83		60,0	10,50	±	2,64	ab	52,5	9,00	±	1,91	a	45,0
29°C	17,67	±	1,23	a	88,3	16,33	±	1,09	ab	81,7	15,00	±	1,75		75,0	9,33	±	2,28	ab	46,7	11,00	±	1,88	a	55,0
26°C	17,00	±	2,16	a	85,0	16,17	±	1,54	ab	80,8	15,83	±	1,94		79,2	13,17	±	1,89	a	65,8	11,17	±	1,64	a	55,8
23°C	15,67	±	0,42	ab	78,3	11,83	±	1,08	ab	59,2	14,33	±	1,33		71,7	10,83	±	2,17	ab	54,2	12,67	±	1,65	a	63,3
20°C	6,50	±	2,77	c	32,5	4,50	±	0,72	c	22,5	7,67	±	2,42		38,3	4,17	±	0,95	bc	20,8	7,67	±	2,42	a	38,3
CV (%)	18,8					14,26					22,28					26,26					22,98				

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente em si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns= não significativo; Dados transformados raiz(x+1);

Para as curvas de Kaplan-Meier e através do teste de teste de *log-rank* a 5% de significância, foi observado que houve diferença significativa entre as curvas obtidas (Valor $P \leq 0,001$).

Ao avaliarmos o hospedeiro algodão é possível observar que a melhor temperatura em relação ao período de desenvolvimento da fase imatura (ovo-ninfa) até a fase adulta do inseto foi 29°C com o ciclo de desenvolvimento ovo-adulto durou pouco mais que 20 dias. Em relação as temperaturas de 32°C e 35°C, apesar de mais elevadas, é possível notar que já houve alguma redução na velocidade de desenvolvimento do inseto. A pior temperatura foi a de 20°C retardando o ciclo ovo-adulto do inseto em aproximadamente 42 dias (Figura 6).

Para o hospedeiro pimentão já foi observado que a temperatura de 32°C foi a melhor para o desenvolvimento do inseto, apresentando um ciclo de aproximadamente 19 dias para a fase de ovo-adulto. Assim como anteriormente citado a temperatura que mais atrasou o ciclo foi a de 20°C (Figura 7).

Em relação aos dados obtidos para tomate é possível notar que não houve diferença entre as curvas de desenvolvimento para as temperaturas de 35°C, 32°C, 29°C e 26°C onde estas se sobrepuseram com período de desenvolvimento entre 20 e 25 dias. Já as temperaturas 23°C e 20°C foram as piores em relação a tempo de desenvolvimento, respectivamente (Figura 8).

Em soja a melhor temperatura em relação a velocidade de desenvolvimento foi a de 32°C seguido posteriormente por 29°C, 26°C. É possível observar que 35°C também causou prejuízo em relação ao desenvolvimento do inseto em aproximadamente 5 dias quando comparado com 32°C. Novamente as piores temperaturas foram 23°C e 20°C (Figura 9).

Para feijão não houve diferença significativa entre as temperaturas de 32°C, 29°C e 26°C sendo que estas apresentaram tempo de desenvolvimento aproximado de 23 dias. Para o delineamento desta curva a temperatura de 35°C foi excluída devido ao fato de o hospedeiro não sobreviver a esta temperatura constante. Assim como citado anteriormente, as temperaturas de 23°C e 20°C respectivamente se mantiveram como as piores temperaturas para o desenvolvimento do inseto (Figura 10).

Figura 2 – Relação de ninfas de *B. tabaci* MED que se tornaram adultos em algodão

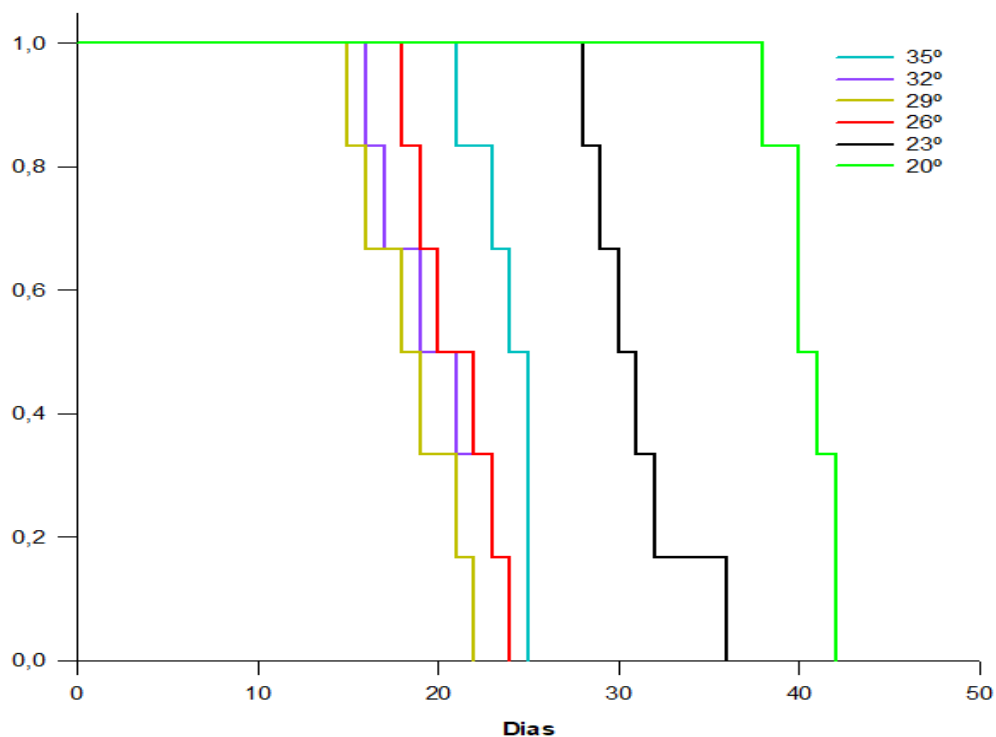


Figura 3 - Relação de ninfas de *B. tabaci* MED que se tornaram adultos em pimentão

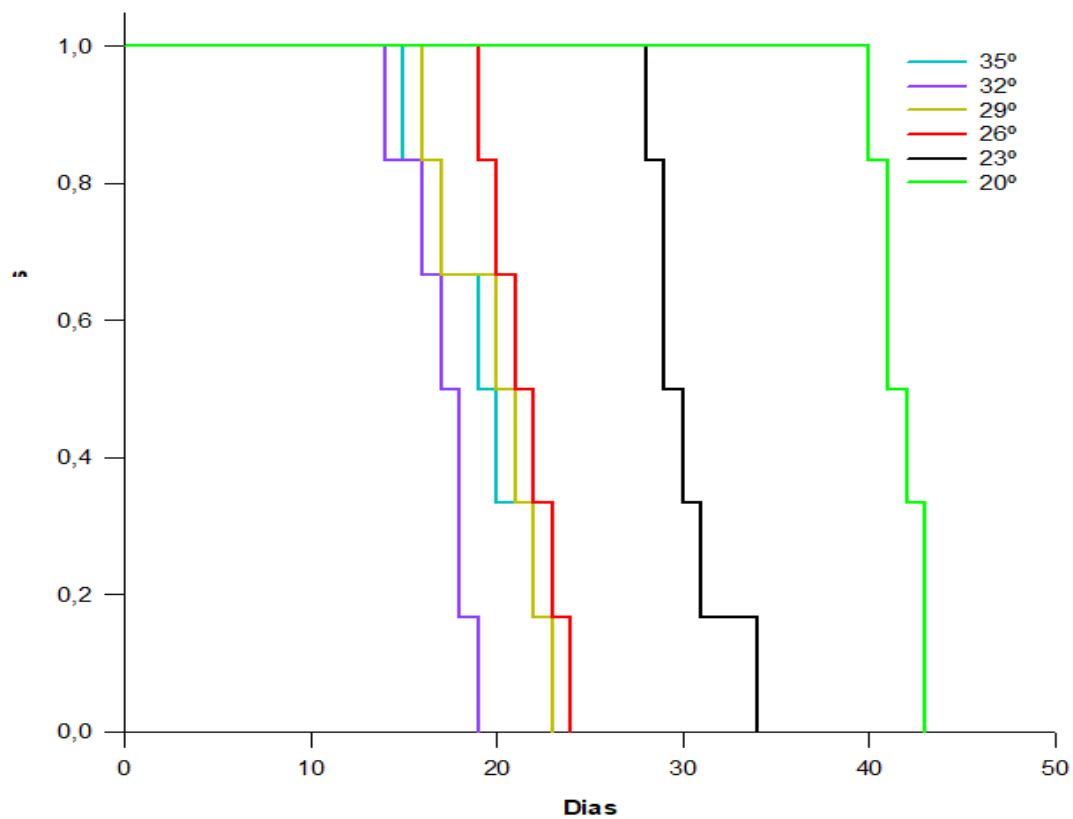


Figura 4 – Relação de ninfas de *B. tabaci* MED que se tornaram adultos em tomate

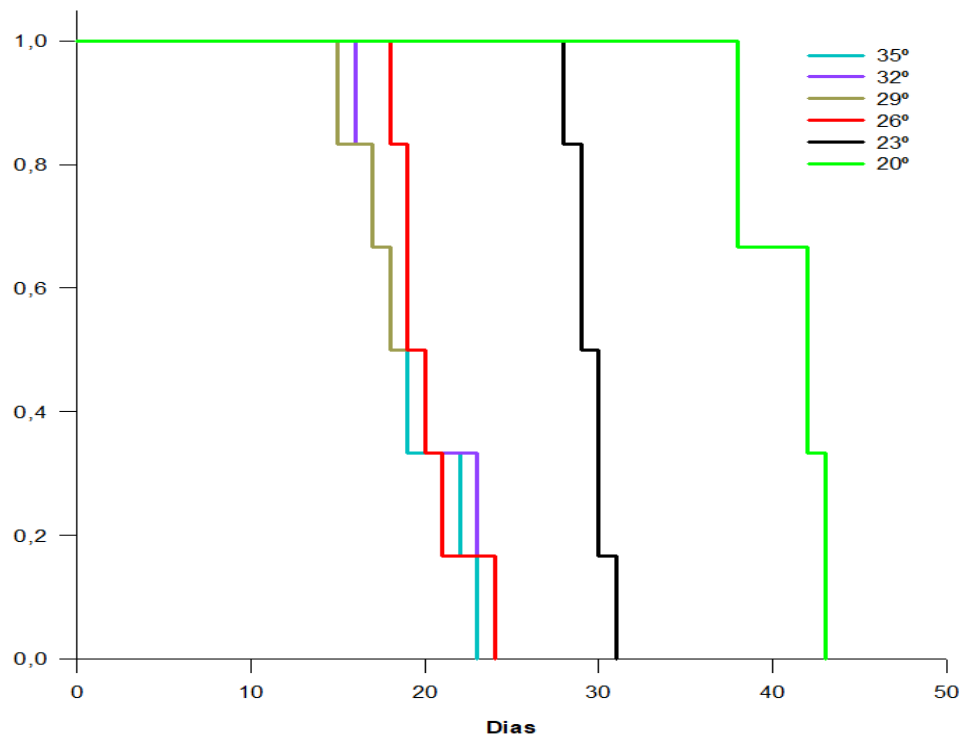


Figura 5 – Relação de ninfas de *B. tabaci* MED que se tornaram adultos em soja

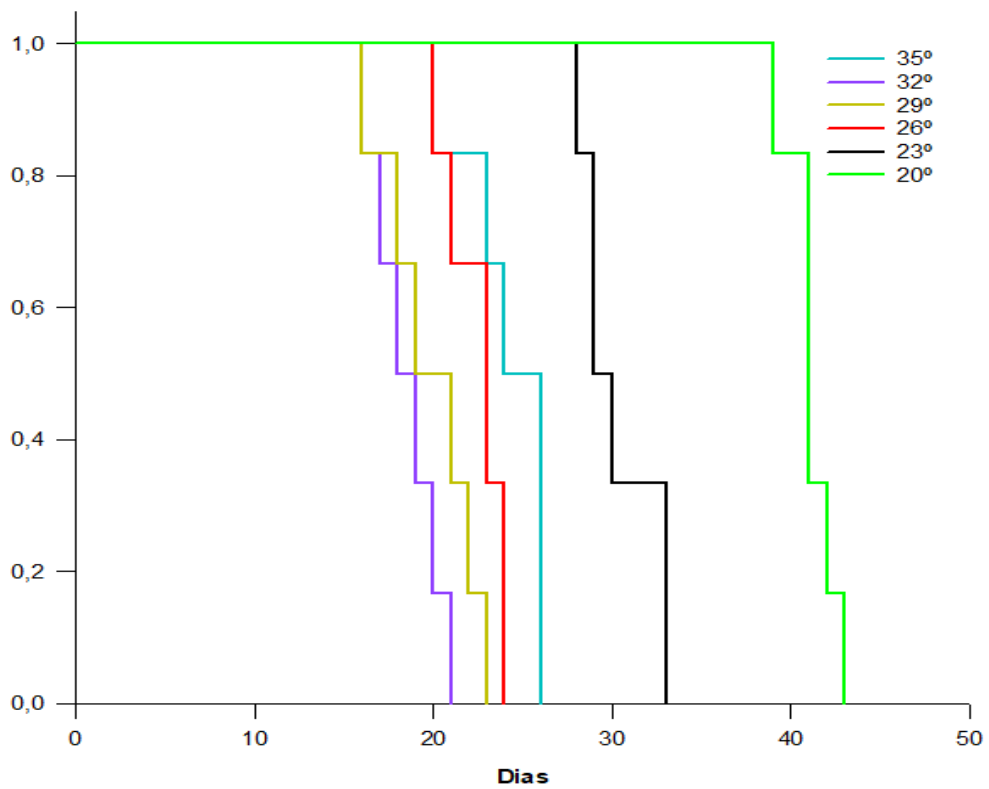
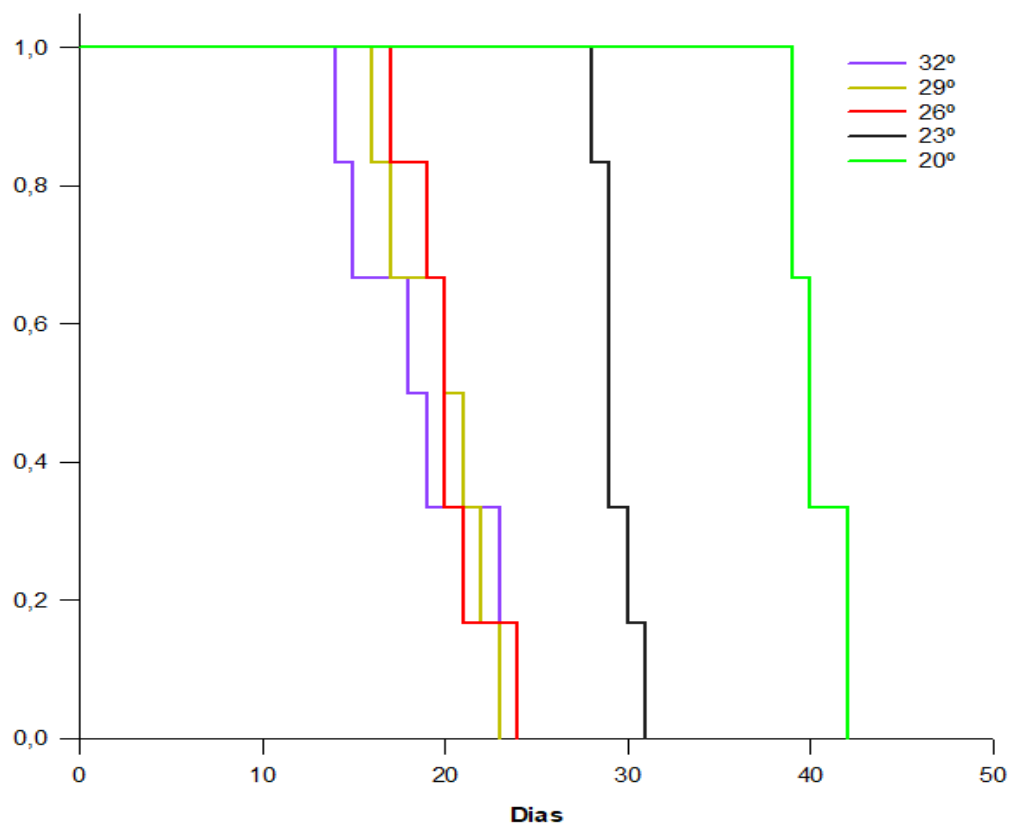


Figura 6 – Relação de ninfas de *B. tabaci* MED que se tornaram adultos em feijão



2.4 DISCUSSÃO

Ao nos referirmos à espécie *B. tabaci* no Brasil e mundo, podemos observar que o entendimento de como este inseto complexo se comporta em diferentes condições é variável e encontra-se em constante evolução, visto que ainda são muitos fatores a serem discutidos. Portanto é necessário fragmentarmos ao máximo estas variáveis em busca de entendermos como este inseto vetor se comportará em cada região do globo.

No caso da espécie críptica MED no Brasil, ainda pouco se sabe sobre este inseto, e que apesar de ainda não predominante no país (MORAES et al., 2018; BELLO et al., 2021; FERNANDES et al., 2022), sua dinâmica populacional precisa ser constantemente monitorada.

Dentre os diversos fatores que podem afetar seu comportamento biológico estão, temperatura (BONATO et al., 2007), hospedeiro (TSAGKARAKOU et al., 2007), inseticidas, entre outros fatores.

Para os resultados obtidos, como já esperado, ficou claro que o fator determinante que influenciou majoritariamente no desenvolvimento de *B. tabaci* MED independente do hospedeiro testado, foi a temperatura. Dentre os limites térmicos obtidos para todos os hospedeiros testados, foi possível observar que a temperatura base observada para *B. tabaci* MED, variou entre 9,8 e 11,17 dependendo do hospedeiro (Tabela 2), e que apesar da pouca diferença, ainda sim houve influência do hospedeiro para esta variável. Estudos de biologia conduzidos com *B. tabaci* MEAM1, também apresentaram resultados similares variando entre 8,3°C em soja (ALBERGARIA; CIVIDANES, 2002.) e 12,5°C em berinjela (WANG; TSAI, 1996).

Apesar dos distintos hospedeiros terem baixa influencia no ciclo do inseto no quesito exigências térmicas. Ficou claro que, em outras variáveis o hospedeiro apresenta grande importância.

Como observado, principalmente em situações de stress térmico, o hospedeiro desempenhou papel fundamental no comportamento de *B. tabaci* MED, em que ao serem expostos a uma temperatura constante de 35°C, estes indivíduos apresentaram diferença estatística significativa em sua viabilidade ao compararmos algodão, pimentão e tomate com soja e feijão (Tabela 2). Estudos demonstraram que *B. tabaci* MED pode apresentar tolerância a temperaturas mais elevadas mediados por fatores como a presença do endossimbionte *Cardinium* (YANG et al., 2021), bem como apresentar características genéticas que as favoreçam nestas situações de stress (BAI et al., 2021).

Apesar de em ambos os estudos citados anteriormente não relacionarem a questão do hospedeiro do inseto com a tolerância térmica, coincidentemente, os hospedeiros utilizados ou em que os insetos foram coletados para os estudos, respectivamente foram, algodão e tomate (YANG et al., 2021; BAI et al., 2021). Além disso, com uma taxa de 20%, também foi observado a presença do endossimbionte secundário *Cardinium* para a população testada neste estudo, gerando a hipótese de que também este fator pode ter influenciado na tolerância do inseto a temperatura elevada.

Ao observarmos a viabilidade de *B. tabaci* MED nos diferentes hospedeiros em temperaturas distintas, é possível observar que em temperatura constante de 32°C, o hospedeiro que forneceu melhor viabilidade para o desenvolvimento do inseto foi o pimentão, reforçando a preferência de MED por pimentão (WATANABE et al.,

2019), principalmente em situações em que ocorrem elevadas temperaturas, como é observado no Brasil a presença majoritária desta praga em cultivos protegidos de pimentão (BELLO et al., 2020).

Em relação ao hospedeiro tomate, apesar de este não ter apresentado o melhor desempenho para a viabilidade de *B. tabaci* MED, ao compararmos seu desempenho nas diferentes temperaturas, é observado que não houve diferença estatística para nenhuma das temperaturas onde o percentual de viabilidade variou entre 55,8% e 79,2% (Tabela 3). Além do mais, o percentual de ninfas viáveis que se tornaram adultos apresentou desempenho semelhante nas temperaturas de 35, 32, 29 e 26 °C (Figura 8).

Esta informação pode indicar uma tendência de que populações de *B. tabaci* MED podem ter a capacidade de se adaptar com êxito em cultivos de tomate, que apesar de que quando colocadas em competição com MEAM1 serem suprimidas (WATANABE et al., 2019). Já foi observado a presença de MED em diversas localidades de cultivo protegido de tomate no Estado de São Paulo (BELLO et al., 2020), além disso, em cenários em que se ocorre a aplicação de inseticidas MED acaba tendo uma vantagem sobre MEAM1 (MIRALDO et al., 2021).

Em relação a biologia de MED em algodão também foi observado que este inseto obteve melhor desenvolvimento nas temperaturas entre 32°C e 26°C, inclusive em relação ao percentual de adultos viáveis, o que sugere boa aptidão para MED se desenvolver neste hospedeiro. Apesar disso, estudo realizado no Brasil mostrou que em um cenário competitivo entre MED e MEAM1 sem a exposição de inseticidas, ambas as espécies crípticas permanecem em equilíbrio (WATANABE et al., 2019). Porém, ao serem expostas em cenários de cultivo de algodão em que são aplicados grande quantidade de inseticidas, estudos demonstram que MED obteve vantagem e suprimiu MEAM1 em Israel, e posteriormente após a redução de áreas de cultivo de algodão, juntamente com a redução da aplicação de inseticidas, MEAM1 voltou a predominar na região (TANG et al., 2019; HOROWITZ; ISHAAYA, 2014).

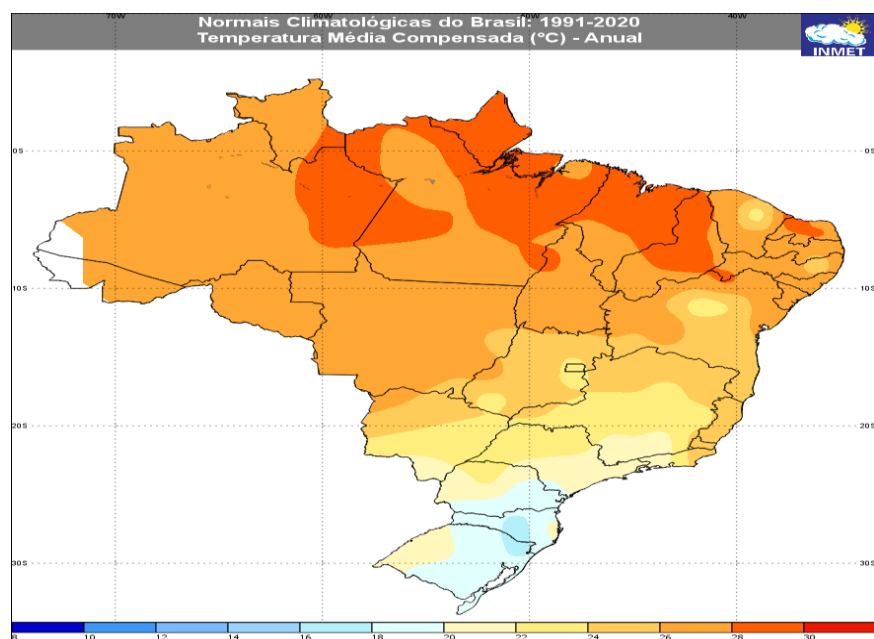
No Brasil, devido ao grande valor agregado da cultura e a necessidade de se fazer o manejo de diversas pragas no algodoeiro, o número de aplicações neste cultivo pode ser superior a 20 (MIRANDA; RODRIGUES, 2018). Sendo assim, um cenário favorável para o estabelecimento de MED em cultivos de algodão.

Apesar de estudos recentes comprovarem que *B. tabaci* MED não é a espécie críptica predominante no Brasil em levantamento populacional que vai de 2016 até o 2019 (FERNANDES et al., 2022.), é evidente que, como citado anteriormente, este cenário requer constante monitoramento, visto que diversos fatores podem influenciar em uma mudança deste cenário com o passar dos anos. Além disso, visto que o Brasil é um país de dimensões continentais, é válido levarmos em consideração se a quantidade de amostras que estão sendo coletadas em todo o país, por diversos grupos de pesquisa e colaboradores, está sendo suficiente para um mapeamento real do atual “status” de *B. tabaci* MED no país.

Ao observarmos a temperatura média compensada mensal e anual do Brasil desde 1991 até 2020, obtidas em 146 municípios em diferentes regiões e Estados é visto que as médias térmicas por região variam sendo 27°C na região norte; 25,7°C no nordeste; 23,7°C na região central; 22,5°C no sudeste e 18,4°C na região sul (INMET, 2023). Quando correlacionamos estes valores com os dados obtidos a partir do estudo de biologia conduzido, é possível notar que para todos os hospedeiros testados, temperaturas entre 26°C a 32°C se mostram as mais favoráveis para o desenvolvimento de MED no Brasil, o que sugere que, com exceção da região sul do país, provavelmente em relação ao fator temperatura, todas as regiões do Brasil são propícias para a colonização de MED (Figura 11).

Figura 7 – Normais climatológicas do Brasil: 1991-2020

(<https://clima.inmet.gov.br/temp>)



2.5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos neste estudo é possível concluir que no quesito exigências térmicas de *B. tabaci* MED o hospedeiro teve pouca influência no desenvolvimento do inseto.

Em relação a viabilidade na fase de desenvolvimento ovo-adulto de *B. tabaci* MED, os melhores hospedeiros foram, pimentão, algodão e tomate quando comparados ao feijão e soja.

A melhor faixa de temperatura para o desenvolvimento do inseto ficou entre 26°C e 32°C. Sendo que, para o algodão a melhor temperatura em relação ao desenvolvimento/viabilidade foi 29°C, para pimentão foi 32°C, para tomate não houve diferença estatística entre 26°C até 35°C, para soja foi aos 32°C e em feijão não houve diferença entre 26°C até 32°C.

Sendo assim, pode-se dizer que em relação a temperatura, *B. tabaci* MED apresenta capacidade de se estabelecer praticamente em todas as regiões do país. É evidente que ainda existem outros fatores que irão influenciar no seu estabelecimento de forma majoritária ou minoritária no país, se fazendo necessário o constante monitoramento desta praga no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALBERGARIA, Nuno MMS; CIVIDANES, Francisco J. Exigências térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 359-363, 2002.
- BAI, Jing *et al.* Transcriptional profiling of MED *Bemisia tabaci* exposed to thermal stress and verification of HSP70 expression. **Entomological Research**, v. 51, n. 5, p. 251-262, 2021.
- BELLO, Vinicius Henrique *et al.* Outbreaks of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in vegetable crops in São Paulo and Paraná States, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 4, p. 487-496, 2020.
- BELLO, V. H. *et al.* Detection of *Bemisia tabaci* Mediterranean cryptic species on soybean in São Paulo and Paraná States (Brazil) and interaction of cowpea mild mottle virus with whiteflies. **Plant Pathology**, v. 70, n. 6, p. 1508-1520, 2021.
- BONATO, Olivier *et al.* Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype). **Physiological Entomology**, v. 32, n. 1, p. 50-55, 2007.
- BOSCO, D. *et al.* PCR-RFLP identification of *Bemisia tabaci* biotypes in the Mediterranean Basin. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 3, p. 243-251, 2006.

BOYKIN, L. M. *et al.* Is agriculture driving the diversification of the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? Dating, diversification and biogeographic evidence revealed. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, n. 1, p. 228, 2013.

DAI, T.-M. *et al.* Molecular characterizations of DNA methyltransferase 3 and its roles in temperature tolerance in the whitefly, *Bemisia tabaci* Mediterranean. **Insect Molecular Biology**, v. 27, n. 1, p. 123-132, 2018

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

FERNANDES, D. S. *et al.* *Bemisia tabaci* MEAM1 still remains the dominant species in open field crops in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2022.

HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P. Metodos para estimar os limites tecnicos ea faixa otima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo dos insetos. **ESALQ/EMBRAPA**, 1984.

HOROWITZ, A. R.; ISHAAYA, I. Dynamics of biotypes B and Q of the whitefly *Bemisia tabaci* and its impact on insecticide resistance. **Pest management science**, v. 70, n. 10, p. 1568-1572, 2014.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

JIU, Min *et al.* Cryptic species identification and composition of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) complex in Henan province, China. **Journal of Insect Science**, v. 17, n. 3, p. 78, 2017.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observations. **Journal of the American statistical association**, v. 53, n. 282, p. 457-481, 1958.

LEE, W. *et al.* Taxonomic status of the *Bemisia tabaci* complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and reassessment of the number of its constituent species. **PLoS One**, v. 8, n. 5, p. e63817, 2013.

LOURENÇÃO, A. L.; SAKATE, R. K.; VALLE, G. E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: VILELLA, E.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil**: Insetos e ácaros. Piracicaba: FEALQ, 2014.

MACLEOD, N.; CANTY, R. J.; POLASZEK, A. Morphology-based identification of *Bemisia tabaci* cryptic species puparia via embedded group-contrast convolution neural network analysis. **Systematic Biology**, v. 71, n. 5, p. 1095-1109, 2022.

MANTEL, N. Evaluation of survival data and two new rank order statistics arising in its consideration. **Cancer Chemother Rep**, v. 50, n. 3, p. 163-170, 1966.

MANTEL, N.; HAENSZEL, W. Statistical aspects of the analysis of data from retrospective studies of disease. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 22, n. 4, p. 719-748, 1959.

- MARUBAYASHI, J. M. *et al.* Diversity and Localization of Bacterial Endosymbionts from Whitefly Species Collected in Brazil. **PloS ONE**, v. 9, e108363, 2014.
- MIRALDO, L. L.; MALAQUIAS, J. B.; BUENO R. C. O. Interactive effects of host plant and insecticide foliar application on oviposition and performance of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) cryptic species Mediterranean (MED) and Middle East-Asia minor 1 (MEAM1) in Brazil. **Phytoparasitica**, p. 1-14, 2021.
- MIRANDA, J. E.; RODRIGUES, S. M. M. O tamanho do prejuízo do bicudo ea necessidade do monitoramento. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 19, p. 8-11, 2018.
- MORAES, L. A. *et al.* Distribution and phylogenetics of whiteflies and their endosymbiont relationships after the Mediterranean species invasion in Brazil. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 14589, 2018.
- MUGERWA, H. *et al.* African ancestry of New World, *Bemisia tabaci*-whitefly species. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.
- NAVAS-CASTILLO, J.; FIALLO-OLIVÉ, E.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Annual review of phytopathology**, v. 49, p. 219–48, 2011.
- PAN, H. *et al.* Insecticides promote viral outbreaks by altering herbivore competition. **Ecological Applications**, v. 25, n. 6, p. 1585-1595, 2015.
- SIMON, C. *et al.* Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. **Annals of the entomological Society of America**, v. 87, n. 6, p. 651-701, 1994.
- TANG, X.T. *et al.* Competitive displacement between *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED and evidence for multiple invasions of MED. **Insects**, v. 11, n. 1, p. 35, 2019.
- TSAGKARAKOU, A. *et al.* Biotype status and genetic polymorphism of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Greece: mitochondrial DNA and microsatellites. **Bulletin of Entomological Research**, v. 97, n. 1, p. 29-40, 2007.
- WALSH, P. S.; METZGER, D. A.; HIGUCHI, R. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. **Biotechniques**, v. 10, n. 4, p. 506-513, 1991.
- WAN, F.H.; YANG, N. W. Invasion and management of agricultural alien insects in China. **Annual review of entomology**, v. 61, p. 77-98, 2016.
- WANG, K.; TSAI, J. H. Temperature effect on development and reproduction of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 89, n. 3, p. 375-384, 1996.
- WATANABE, L. F. M. *et al.* Performance and competitive displacement of *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED cryptic species on different host plants. **Crop Protection**, v. 124, p. 104860, 2019.

YANG, K. *et al.* First evidence for thermal tolerance benefits of the bacterial symbiont *Cardinium* in an invasive whitefly, *Bemisia tabaci*. **Pest management science**, v. 77, n. 11, p. 5021-5031, 2021.

CAPÍTULO 3

SUSCETIBILIDADE DE *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) MEDITERRANEAN À INSETICIDAS EM DIFERENTES HOSPEDEIROS

RESUMO

No mundo *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) é uma das espécies de praga de maior relevância. Estes insetos compõem um grupo de espécies crípticas que estão dispersos em diferentes localidades do mundo. No Brasil, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, está entre as pragas de maior risco fitossanitário no país. Estes insetos sugadores são capazes de se alimentar de diferentes espécies de plantas, incluindo plantas de importância comercial. Os danos causados por este inseto podem ser através da sucção de seiva, bem como, através da transmissão de diversas espécies de vírus. Atualmente dentre as espécies crípticas que existem no Brasil, *B. tabaci* Mediterranean (MED) é uma praga que vem se tornando importante no país, principalmente devido ao fato de este inseto apresentar uma menor suscetibilidade a moléculas inseticidas, e estes fatores pode estar relacionado a características genéticas, hospedeiros, bem como, a composição de endossimbiontes secundários que nela habitam. Sendo assim, objetivo do estudo foi avaliar ao longo de várias gerações se a suscetibilidade de *B. tabaci* MED quando exposta a moléculas inseticidas. Além de avaliar se a sequência de aplicações de inseticidas pode ser relacionada com a frequência de endossimbiontes secundários e consequentemente com a adaptação em diferentes cultivos. A frequência inicial de endossimbiontes foi 80% *Hamiltonella* e 20% *Cardinium*. O estudo foi conduzido em feijão comum e pimentão. Os inseticidas testados foram, ciantraniliprole, flupyradifurona, sufoxaflor, acetamiprido e piriproxyfen. Inicialmente foram estabelecidas as CI_{50} iniciais e posteriormente as gaiolas foram submetidas a aplicação dos tratamentos por 12 meses e em seguida foram estabelecidas as CI_{50} finais. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que houve diferença de suscetibilidade dos insetos em hospedeiros distintos para acetamiprido, piriproxyfen e flupyradifurone. A rotação de aplicação de acetamiprido e piriproxyfen não gerou alteração significativa de suscetibilidade.

Palavras-chave: Espécie críptica, MED, suscetibilidade, endossimbiontes, hospedeiro

ABSTRACT

In the world *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the most relevant pest species. These insects make up a group of cryptic species that are dispersed in different locations around the world. In Brazil, according to the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply, it one of the pests with the highest phytosanitary risk in the country. These sucking insects are capable of feeding on different plant species, including commercially important crops. The damage caused by this insect can be caused by sucking sap, as well as by transmitting different species of viruses. Currently, among the cryptic species that exist in Brazil, *B. tabaci* Mediterranean (MED) is a pest that has become important in the country, mainly because this insect has a lower susceptibility to insecticide molecules, and these factors may be related to genetic characteristics, hosts, as well as the composition of secondary endosymbionts that inhabit it. Therefore, the objective of the study was to evaluate over several generations whether a population of *B. tabaci* MED with a given frequency of secondary endosymbionts would change its susceptibility when exposed to insecticide molecules to assess whether the sequence of insecticide applications can be related to the population of secondary endosymbionts and consequently with the adaptation in different cultures. The initial frequency of endosymbionts was 80% *Hamiltonella* and 20% *Cardinium*. The study was conducted on common bean and sweet bell pepper. The insecticides tested were cyantraniliprole, flupyradifurone, sufoxaflor, acetamiprid and pyriproxyfen. Initially, the initial CI_{50} were established and later the cages were submitted to the spraying of treatments for 12 months and then the final CI_{50} were established. From the results obtained, it was possible to conclude that there was a difference in the susceptibility of insects in different hosts for acetamiprid, pyriproxyfen and flupyradifurone. The rotation of acetamiprid and pyriproxyfen application did not generate a significant change in susceptibility.

Keywords: Cryptic species, Mediterranean, susceptibility, endosymbionts, host

3.1 INTRODUÇÃO

A mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), é uma das pragas com maior potencial destrutivo em lavouras ao redor do mundo, responsável por danos causados pela alimentação, excreção de *honeydew*, transmissão de mais de 100 tipos de vírus (OLIVEIRA et al., 2001; JONES, 2003; BROWN et al., 2015;) e possui ampla distribuição geográfica ao redor do globo, com exceção dos polos (BYRNE; BELLOWS Jr., 1991; DE BARRO et al., 2011; REHMAN et al., 2021) Entre os vírus transmitidos, destacam-se os gêneros dos *Begomovirus*, predominantemente transmitidos por *Bemisia* spp., sendo relatadas mais de 300 espécies. Além dos *Begomovirus*, também são capazes de transmitir *Carlavirus*, *Crinivirus*, *Ipomovirus*, *Torradovirus* entre outros (KING et al., 2011; INOUE-NAGATA; LIMA; GILBERTSON, 2016; MITUTI et al., 2019; GHOSH et al., 2019 KRAUSE-SAKATE et al., 2020; COSTA et al., 2020).

Bemisia tabaci contempla um complexo de espécies crípticas com 45 exemplares que com características genéticas diferenciadas (DE BARRO et al., 2011; BOYKIN et al., 2013; LEE et al., 2013; JIU et al., 2017; MUGERWA et al., 2018; MACLEOD et al., 2022). No Brasil, há relatos de quatro biótipos diferentes, entre eles os nativos New world 1 (NW1) e New world 2 (NW2) (MARUBAYSHI et al., 2013) além das espécies exóticas Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1), conhecida como biótipo B e Mediterranean (MED) conhecida como MED (DA FONSECA BARBOSA et al., 2015).

Dentre as diversas espécies crípticas, as mais agressivas são MEAM1 e MED (DE BARRO et al., 2011; PAN et al., 2012). Primeiramente detectado em Yunnan na China em 2003 (CHU et al., 2006), a espécie MED se tornou dominante a MEAM1 em diversas regiões da China (CHU et al., 2010; TENG; WAN; CHU, 2010; PAN et al., 2011) e o risco de aumento das infestações em regiões produtoras de plantas está sendo acompanhado, devido a maior tolerância aos inseticidas químicos (RAUCH; NAUEN, 2003; LUO et al., 2010; XIE et al., 2014) e também pela alta eficácia na transmissão de vírus (PAN et al., 2012; LIU et al., 2013).

A evolução da predominância da ocorrência das espécies crípticas nas áreas de produção agrícola é fundamental, por que em geral, o manejo de *B. tabaci* é realizado por meio da aplicação de inseticidas químicos e, em muitas vezes, estas aplicações são executadas acompanhando um calendário pré-estabelecido com o intuito de prevenir altas infestações (PALUMBO; HOROWITZ; PRABHAKER, 2001). Diante

deste cenário é necessário a realização de estudos para se entender melhor a relação das populações de MED encontradas no Brasil, com as moléculas disponíveis para o controle desta praga no país.

Sendo assim, objetivo do estudo foi avaliar a suscetibilidade de *B. tabaci* MED, quando submetida a aplicações sequenciais de inseticidas ao longo de várias gerações, está relacionada a frequência de endossimbiontes secundários.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Manutenção de insetos e plantas

Uma colônia de *B. tabaci* coletadas em no ano de 2018 em plantas de pimentão no município de São Pedro do Turvo nas coordenadas 22°47'10"S 49°51'17"W (Tabela 1) previamente criadas em laboratório foram mapeadas através de análise molecular. Insetos foram aclimatados em gaiolas compostas por tela de poliéster anti-afídica de 45x45x55 centímetros e foram criadas em plantas de pimentão em ambiente climatizado a 26°C±2°C, umidade relativa de 70±10% e fotofase de 14 horas.

Tabela 1 – População *B. tabaci* MED

População	Local	Coordenadas	Data	Hospedeiro
SPT	São Pedro do Turvo	22°47'10"S 49°51'17"W	ago/18	<i>Capsicum annuum</i>

3.2.2 Identificação da espécie críptica de *B. tabaci*

A identificação molecular da espécie críptica MED de *B. tabaci* foi feita pela análise do gene mitocondrial citocromo oxidase I (mtCOI). Primeiramente foi feito a extração singular do DNA de 20 indivíduos, através do protocolo de Chelex (WALSH; METZGER; HIGUCHI, 1991). As amostras passaram por uma reação de PCR com os primers C1-J-2195 e TL2-N-3014 (SIMON et al., 1994). A reação de PCR foi realizada em volume final de 50µl (concentração final MgCL2 50mM, dNTP 2,5mN, oligonucleotídeos a 1µM) utilizando-se 0,5 unidades de *Taq* polimerase. A reação aconteceu em um ciclo de 5 minutos a 94°C, 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 45 segundos a 45°C e 1 minuto a 72°C (35 ciclos) com extensão final de 10 minutos a 72°C. Após isso realizada análise de polimorfismo por RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) dos amplicons (BOSCO et al., 2006) permitindo o diferenciar as espécies MEAM1, MED, NW1 e NW2. De cada PCR foram usados 5µl que foi digerido por com uma unidade de *TaqI* à 65°C por 2 horas em volume final de 15µl. O

DNA que foi digerido será analisado em gel de eletroforese a 1% corado com brometo de etídeo. Para confirmação da espécie, pelo menos um inseto foi purificado (QIAquick Gel Extraction Kit Qiagen) e sequenciado diretamente pelo método de Sanger (sem clonagem) na Macrogen, Coréia do Sul. Os nucleotídeos sequenciados foram analisados e comparados entre si e com outras sequências de moscas-branca depositadas no GeneBank, através da ferramenta Blast-n (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>).

3.2.3 Identificação do grupo de endossimbiontes

As mesmas amostras identificadas como *B. tabaci* MED foram levadas para identificação dos seis endossimbiontes secundários *Hamiltonella*, *Rickettsia*, *Wolbachia*, *Cardinium*, *Arsenophonus* e *Fristchea* por meio de primers específicos para estes gêneros que amplificam as regiões dos genes 16S e 23S (MARUBAYSHI et al., 2014).

3.2.4 Bioensaio inseticidas/endossimbiontes

Os bioensaios foram conduzidos em gaiolas compostas por tela de poliéster anti-afídica de 45x45x55 centímetros contendo plantas de pimentão em condições de laboratório (temperatura de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Gaiolas foram separadas contendo aproximadamente 2000 adultos com pelo menos 72 horas em cada uma, o número de gaiolas foi relativo ao número de produtos escolhidos mais a testemunha. Foram testados 5 inseticidas de forma separada e 2 de forma conjunta, porém intercalada (Tabela 1) em 2 hospedeiros distintos (*Capsicum annuum* e *Phaseolus vulgaris*), totalizando um número de 14 gaiolas contendo a mesma população de moscas-branca previamente identificadas.

Inicialmente, 20 adultos foram coletados de uma gaiola matriz e armazenados em condições adequadas, posteriormente foram submetidos a análise molecular para identificação da população de endossimbiontes secundários. Além disso, os insetos da população matriz foram submetidos a testes para a obtenção das CI_{50} e CI_{90} para todos os inseticidas testados. Após a realização deste processo, as gaiolas contendo os insetos foram pulverizadas com doses pré-estabelecidas, baseadas previamente através de bula (Tabela 2). As aplicações foram realizadas duas vezes ao mês, e esse processo foi repetido por um período de doze meses, as doses foram aumentadas ou

reduzidas conforme resposta dos insetos para cada tratamento. Após a última aplicação os insetos remanescentes de cada gaiola foram coletados e 20 indivíduos foram separados e submetidos a análise molecular. Simultaneamente a isso, foram novamente realizados os testes para a obtenção das CI_{50} e CI_{90} para todos os inseticidas testados.

Tabela 2 - Tratamentos testados

Nome comercial	Ingrediente ativo	Grupo químico	Dose bula (ml ou g/100L)	Dose inicial (ml ou g/100L)	Classe
Água	X	X	X	X	X
Benevia	Ciantraniliprole	Diamidas	50	12,5	Inseticida
Mospilan	Acetamiprido	Neonicotinoides	20	5	Inseticida
Tiger 100 EC	Pyriproxyfen	Éter piridiloxipropílico	75	18,75	Inseticida
Sivanto Prime 200 SL	Flupiradifurona	Butenolidas	100	25	Inseticida
Closer SC	Sulfoxaflor	Sulfoxaminas	20	5	Inseticida
Tiger 100 EC + Mospilan	Pyriproxyfen + Acetamiprido	Éter piridiloxipropílico + Neonicotinoides	75 + 20	18,75 + 5	Inseticida

3.2.5 Obtenção das concentrações letais para adultos

Para a execução do estudo foram utilizados tubos de fundo chato de 2,5 cm de diâmetro, foi adicionado aos tubos espuma fenólica de mesmo tamanho de diâmetro e com altura de 1,5 cm e, posteriormente, foi colocado água deionizada para manter a espuma úmida. Os tubos foram marcados e separados de acordo com as dosagens pré-estabelecidas.

A partir de uma solução estoque com concentração de 1% de i.a de produto comercial as respectivas concentrações foram diluídas de acordo com os tratamentos. Para cada produto escolhido foram realizados testes contendo os tratamentos representados, respectivamente, por uma determinada concentração em mg/l para cada um e adicionalmente uma testemunha. Cada tratamento foi composto por 10 repetições contendo 10 indivíduos por repetição. O produto comercial Tiger 100 EC não foi utilizado nos ensaios para adultos levando-se em conta que, como atua nas

fases de desenvolvimento e crescimento dos insetos, este não teria efeito significativo na fase adulta da mosca-branca.

Sob condições controladas e livre de agentes contaminantes, folíolos com tamanho de uma polegada foram coletados de plantas de tomate no estágio vegetativo de 10 dias após transplante. Depois de coletados, os folíolos foram submetidos ao processo de imersão por 5 segundos nos respectivos tratamentos, em seguida foram retirados para secarem. Após estarem secos, os folíolos foram colocados dentro do tubo de fundo chato com o pecíolo inserido na espuma fenólica umidificada. Com o auxílio de um sugador composto por uma pipeta tipo Pasteur de vidro, um cano de plástico de diâmetro 0,5cm e um tecido “voile” vedando o cano, foram coletados 10 adultos de mosca por tubo e cada tubo foi vedado por um tecido preto de algodão 100% preso por um elástico.

Foram avaliados o número de indivíduos vivos por tubo nos períodos de 24, 48 e 72 horas após aplicação.

3.2.6 Obtenção das concentrações letais para ninfas

Para a realização dos testes com as ninfas, aproximadamente 10 adultos de mosca-branca foram sugados e colocados dentro de mini gaiolas compostas com grampo metálico e tubos de plástico (clip-cage) em plantas de tomate com aproximadamente 10 dias após o transplante, e permaneceram durante um período de 48 horas para a oviposição. As plantas ficaram sob condições controladas a $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, até os ovos eclodirem e as ninfas atingirem o 2° instar. Com o auxílio de cola acrílica atóxica e uma lupa, um número 20 de ninfas por folíolo foram separados. Para o produto testado (Tiger 100 EC) foram preparadas 7 diferentes concentrações. A diluição para cada concentração foi feita a partir de uma solução estoque com concentração de 1% de i.a de produto comercial. Foram testadas um total de 100 ninfas por planta, contendo 5 repetições e cada planta testada representava uma concentração. Para a execução do teste, as folhas contendo as ninfas foram imersas em suas respectivas concentrações por um período de 5 segundos, incluindo a testemunha que será imersa em água. Os vasos contendo as ninfas testadas ficaram em ambiente controlado por aproximadamente 9 dias. Foi avaliada a mortalidade dos indivíduos, estabelecida pela diferença entre o número total de ninfas por repetição, pelo número total de ninfas que atingiram o 4° instar em seu desenvolvimento.

3.2.7 Avaliações

Os resultados coletados foram submetidos a análise de Probit através do software POLO PLUS (LEORA SOFTWARE, 2002), para a obtenção da curva dose resposta para a CL₅₀ e CL₉₀ para o produto testado.

Posteriormente as análises, todos os resultados obtidos foram avaliados e comparados para verificar se a pressão exercida por uma determinada molécula inseticida ao longo de seu período de exposição exerceu alguma influência sobre os indivíduos testados e se essa pressão de seleção alterou as CLs₅₀ e CLs₉₀ para cada inseticida testado nos hospedeiros distintos.

3.3 RESULTADOS

Em relação à frequência de endossimbiontes secundários encontrados para a população da colônia inicial testada em pimentão, foi detectado 80% *Hamiltonella* e 20% *Cardinium*.

A partir dos dados referentes as curvas de dose-resposta obtidas para adultos nos tratamentos testados, com exceção da molécula pyriproxyfen, que por ser um inseticida que age na fase imatura do inseto foi testado para a fase de ninfa, é possível observar que as concentrações letais (CL₅₀) obtidas em mg/l para a molécula sulfoxaflor (IN-P 32,29; FN-P 29,01; IN-F 32,29; FN-F 44,29 mg/l) se mantiveram próximas em ambos os hospedeiros (Figura 1A e 2A), não sendo observado diferença estatística entre as concentrações letais iniciais e finais em que todos os intervalos de confiança obtidos se sobrepuseram. A mesma situação foi observada em relação a molécula inseticida ciantraniliprole com concentrações letais (CL₅₀) obtidas em mg/l (IN-P 2,66; FN-P 2,92; IN-F 2,66; FN-F 2,64 mg/l) (Tabela 4). As CLs também se mantiveram próximas em ambos os hospedeiros (Figura 1B e 2B).

Em relação a molécula inseticida flupyradifurone foi observado diferença estatística nas concentrações letais (CL₅₀) obtidas em mg/l obtidas na população FN-P (25,93 mg/l) em que não houve sobreposição dos intervalos de confiança para as CLs obtidas quando comparado aos demais, além disso foi observado um aumento na razão de resistência (RR) no valor de 3,27 vezes calculada através da razão de FN-P por IN-P quando comparado com as CL₅₀ obtida inicialmente na linhagem IN-P (7,93 mg/l) (Tabela 3). Além disso foi possível observar que para o hospedeiro pimentão as linhas de tendência se distanciaram (Figura 1E), já para o feijão, este fenômeno não foi observado (Figura 2E).

Para a molécula acetamiprido, foi observado grande diferença entre as concentrações letais finais obtidas para o hospedeiro pimentão em que as linhagens FN-P (54,32 mg/l) e ROT-P (49,90 mg/l) se diferiram estatisticamente das demais, não apresentando sobreposição dos intervalos de confiança, sendo observado um aumento da razão de resistência para o hospedeiro pimentão de 10,47 para a linhagem FN-P e 9,61 para a linhagem ROT-P (Tabela 3). Pode-se observar que as linhas de tendencia das CIs finais se distanciaram da linha inicial (Figura 1C). Já para o hospedeiro feijão foi observado o inverso, em que além de não ser observado diferença estatística foi observado que a suscetibilidade das linhagens FN-F (4,13 mg/l) e ROT-F (3,43 mg/l) aumentou quando comparada a linhagem IN-F (5,19 mg/l), os valores obtidos na razão de resistência foram 0,80 e 0,66 respectivamente (Tabela 3). Também foi observado proximidade entre as linhas de tendência (Figura 2C).

Em relação ao pyriproxyfen, também houve diferença significativa da linhagem FN-P (81,14 mg/l) com as demais, sendo que esta apresentou uma razão de resistência de 2,23 quando comparado a linhagem IN-P (36,27 mg/l) (Tabela 3). Em relação ao pimentão, as linhas de tendencia da CI final e inicial se distanciaram, já a CI de rotação cruzou ambas as linhas (Figura 1D). Para feijão, todas as linhas de tendência se mantiveram próximas (Figura 2D).

Tabela 3 - CL₅₀ e CL₉₀ para *Bemisia tabaci* MED para as moléculas inseticidas

Inseticida	Linhagem	n	CA (± EP)	CL ₅₀ (mg/l)(95% FL)	CL ₉₀ (mg/l)(95% FL)	X ² (gl)	RR
Sulfoxaflor	IN-P	600	1,91 (0,21)	32,29 (12,21-52,87) ns*	150,52 (95,58-321,38)	5,0 (3)	1,00
	FN-P	900	1,52 (0,12)	29,01 (19,48-39,41)	201,80 (144,87-317,06)	7,47 (6)	0,90
	IN-F	600	1,91 (0,21)	32,29 (12,21-52,87)	150,52 (95,58-321,38)	5,0 (3)	1,00
	FN-F	600	2,56 (0,31)	44,29 (16,74-67,88)	139,97 (95,81-253,67)	5,04 (3)	1,37
Ciantraniliprole	IN-P	700	4,87 (0,60)	2,66 (2,20-3,07) ns*	4,87 (4,09-6,56)	4,03 (4)	1,00
	FN-P	700	4,62 (0,56)	2,92 (2,16-3,57)	5,53 (4,37-9,59)	8,44 (4)	1,10
	IN-F	700	4,87 (0,60)	2,66 (2,20-3,07)	4,87 (4,09-6,56)	4,03 (4)	1,00
	FN-F	700	3,79 (0,45)	2,64 (1,65-3,44)	5,75 (4,29-11,69)	10,10 (4)	0,99
Acetamiprido	IN-P	600	1,53 (0,15)	5,19 (1,63-11,45) a	35,46 (15,41-222,46)	8,03 (3)	1,00
	FN-P	800	2,53 (0,20)	54,32 (37,31-71,69) b	174,05 (128,59-276,25)	11,32 (5)	10,47
	ROT-P	700	2,44 (0,20)	49,90 (38,83-61,03) b	167,08 (131,07-236,83)	4,37 (4)	9,61
	IN-F	600	1,53 (0,15)	5,19 (1,63-11,45) a	35,46 (15,41-222,46)	8,03 (3)	1,00
	FN-F	600	1,44 (0,12)	4,13 (2,16-7,08) a	31,68 (16,28-109,94)	5,38 (3)	0,80
	ROT-F	600	1,39 (0,12)	3,43 (1,84-5,69) a	28,31 (14,86-93,12)	4,86 (3)	0,66
Pyriproxyfen	IN-P	700	3,33 (0,27)	36,37 (28,73-43,58) a	88,17 (71,61-120,71)	6,35 (4)	1,00
	FN-P	900	3,17 (0,29)	81,14 (69,78-91,95) b	205,61 (179,28-244,52)	2,91 (6)	2,23
	ROT-P	900	2,00 (0,15)	41,98 (27,46-56,59) a	183,24 (128,57-331,63)	18,59 (6)	1,15
	IN-F	700	3,33 (0,27)	36,37 (28,73-43,58) a	88,17 (71,61-120,71)	6,35 (4)	1,00
	FN-F	700	3,16 (0,25)	37,41 (28,67-45,75) a	95,17 (74,96-140,09)	8,08 (4)	1,03
	ROT-F	800	2,87 (0,20)	48,69 (35,01-62,96) a	135,81 (99,71-234,34)	19,95 (5)	1,34
Flupyradifurone	IN-P	600	3,61 (0,33)	7,93 (4,26-10,45) a	17,96 (13,11-50,74)	13,43 (3)	1,00
	FN-P	800	2,62 (0,26)	25,93 (18,60-32,74) b	79,98 (62,53-115,60)	6,55 (5)	3,27
	IN-F	600	3,61 (0,33)	7,93 (4,26-10,45) a	17,96 (13,11-50,74)	13,43 (3)	1,00
	FN-F	700	7,77 (0,97)	11,70 (7,70-13,74) a	17,10 (14,50-28,89)	14,79 (4)	1,48

IN-P: Inicial pimentão; **FN-P:** Final pimentão; **ROT-P:** Rotação inseticida pimentão; **IN-F:** Inicial feijão; **FN-F:** Final feijão; **ROT-F:** Rotação inseticida feijão
n: Número de insetos testados; **RR:** Razão de resistência; **CA:** Coeficiente angular; **CL₅₀ e 90:** Concentração letal; **FL:** Intervalo de confiança; **X²:** teste do qui-quadrado;

Figura 1 – Linha de tendência da curva dose-resposta em pimentão

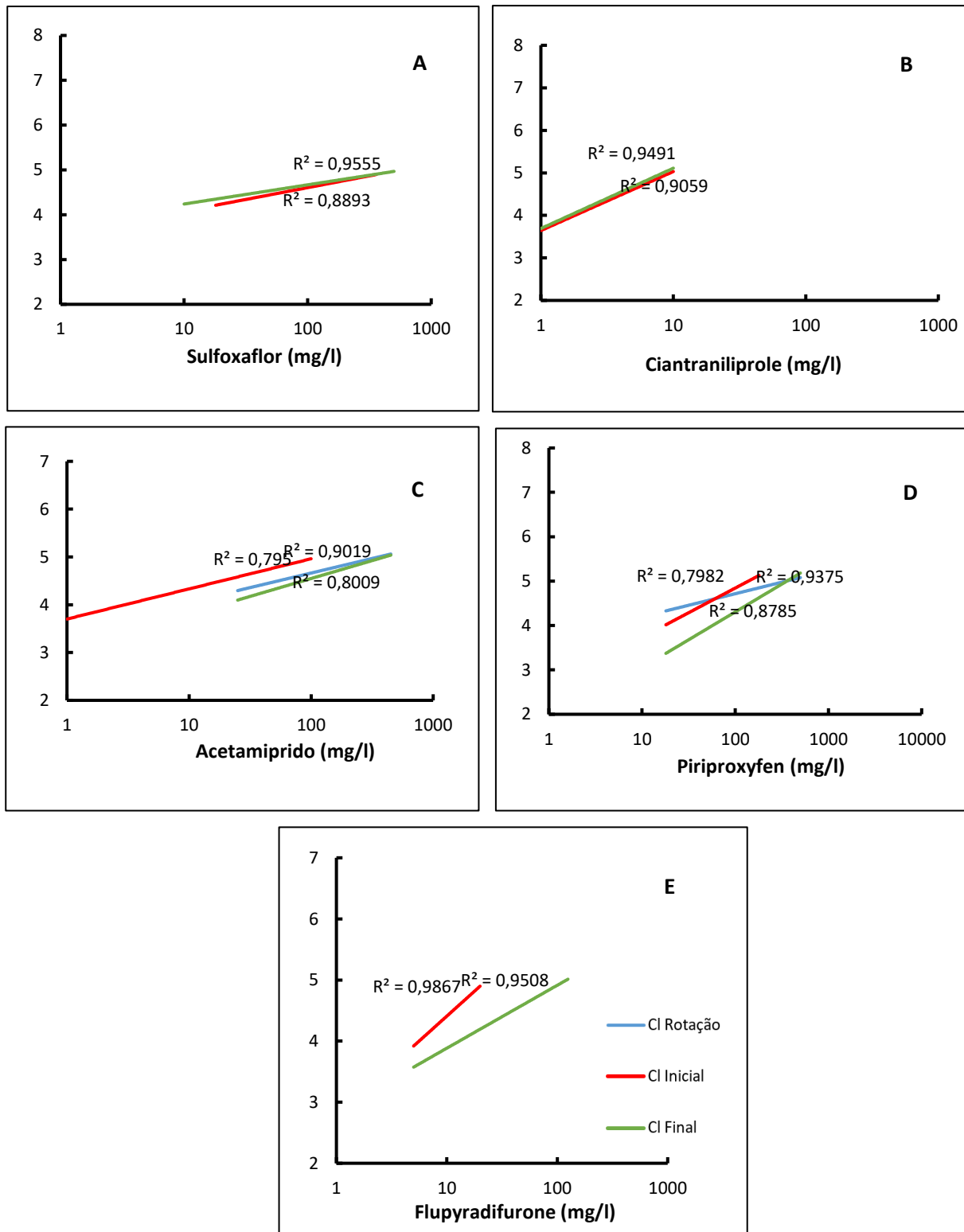
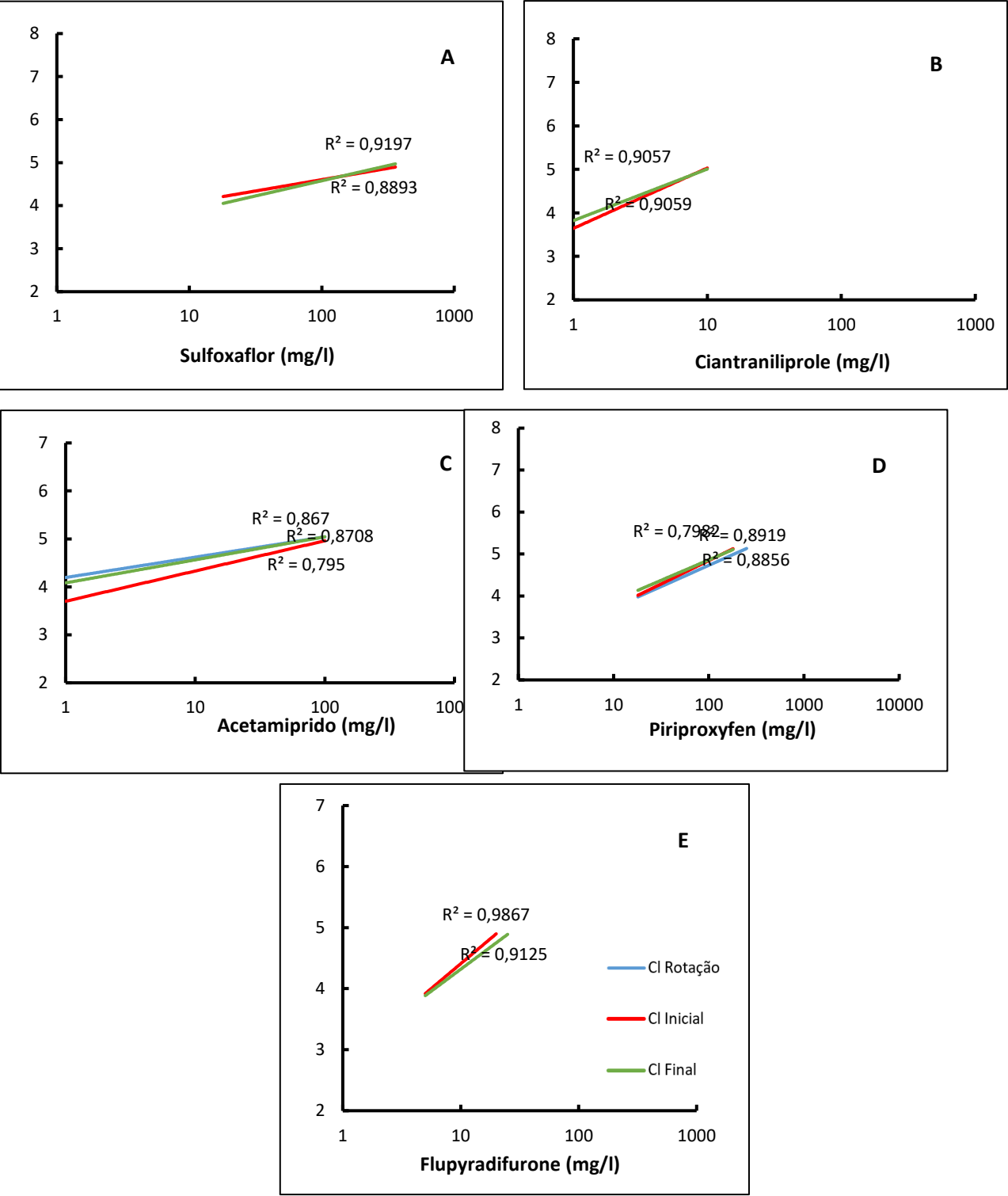


Figura 2 – Linha de tendência da curva dose-resposta em feijão



3.4 DISCUSSÃO

Dentre os resultados obtidos, para a população de *B. tabaci* MED testada, as moléculas inseticidas que apresentaram redução de suscetibilidade para MED ao serem submetidas a uma pressão de seleção, foram acetamiprido, piriproxyfen e flupyradifurone que estavam sendo alocadas em pimentão como hospedeiro principal, sendo que para feijão, não foi observado esta mesma tendência. No Brasil é observado que, principalmente no Estado de São Paulo, grande parte dos exemplares coletados em estufas infestadas e com falha de controle estão no cultivo do pimentão (BELLO et al., 2020). Além disso, já é comprovado que em um cenário de competição livre de inseticidas *B. tabaci* MED é capaz de suprimir MEAM1 em plantas de pimentão (WATANABE, et al., 2019). Desta forma, pode-se dizer que no Brasil a espécie críptica MED em pimentão está cada vez mais estabelecida no país. Além disso, estudos também indicam que MED é capaz de suprimir MEAM1 em um cenário livre de inseticidas, podendo este hospedeiro ser uma possível ponte para o estabelecimento de MED em grande escala no Brasil (WATANABE, et al., 2019).

Já em um cenário em que houve aplicação de inseticidas para estes dois hospedeiros, os inseticidas acetamiprido, piriproxyfen e flupyradifurone testados em feijão em comparação com pimentão, foi observado que em um período de 12 meses, não houve um aumento significativo das CIs finais em comparação com as CIs iniciais (Tabela 3), indicando que neste hospedeiro o processo de evolução de resistência pode ser mais lento, levantando-se a hipóteses de que, talvez feijão não seja o primeiro hospedeiro em que MED irá se estabelecer em campo aberto. É evidente que estes dados são estudos preliminares e que mais estudos devem ser conduzidos neste caráter com o intuito de se obter respostas mais assertivas neste quesito.

Outro fator a ser discutido em relação as moléculas inseticidas testadas no estudo é que, as moléculas que apresentaram uma redução de suscetibilidade após a realização de aplicações sequenciais ao longo dos 12 meses foram, acetamiprido, piriproxyfen e flupyradifurone. Coincidentemente, dentre todas as moléculas testadas neste estudo é observado que as que mais apresentam casos de resistência para *B. tabaci* registrados ao redor do globo são respectivamente 54 casos para piriproxyfen, 45 para acetamiprido, sete para flupyradifurone, seis para ciantraniliprole e zero casos para sulfoxaflor (APRD, 2023).

Dentre os inseticidas testados é esperado que inseticidas mais antigos apresentem estas características de redução de suscetibilidade, como por exemplo, inseticidas comercializados no mundo deste a década de 90, no caso piriproxyfen (ISHAAYA; HOROWITZ, 1995.) e acetamiprido (NAKAYAMA ET AL., 1997).

Estas características podem estar atreladas a fatores genéticos (CHEN et al., 2018), bem como a presença ou ausência de alguns endossimbiontes secundários (KONTESALOV et al., 2008; BARMAN et al., 2021). Para flupyradifurone, apesar de esta ser uma molécula relativamente recente (NAUEN et al., 2015), casos de resistência para esta molécula já foram reportados envolvendo mecanismos de detoxificação através de monooxygenase citocromo P450 e atividade de esterases, sendo observado custo adaptativo para populações resistentes (SMITH; NAGLE, 2014; WANG et al., 2020; RAN et al., 2022).

É evidente que, moléculas inseticidas possuem suas características próprias em relação aos seus mecanismos de ação, e de uma maneira geral, a evolução da resistência é baseada em 3 fatores principais: genéticos, bioecológicos e operacionais (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977ab; ROUSH; MCKENZIE, 1987). Dentre esses fatores, são os fatores operacionais que podem ser manipulados a fim de implementar estratégias de manejo da resistência (OMOTO, 2000). Ou seja, em sua grande maioria, problemas de resistência são causados pelo manejo inadequado dentro das lavouras de cultivo, e não unicamente por uma determinada característica de uma molécula inseticida.

Em relação a rotação dos inseticidas acetamiprido e piriproxyfen, também foi observado que não houve grande mudança na suscetibilidade de *B. tabaci* principalmente em relação ao pimentão. É sabido que no Brasil, para o manejo de mosca-branca em diversos cultivos ambas as moléculas inseticidas citadas anteriormente são utilizadas com frequência com mais de 3000 toneladas do ingrediente ativo acetamiprido e mais de 300 toneladas para piriproxyfen por ano (IBAMA, 2021) principalmente no controle da espécie críptica MEAM1 e tem se obtido sucesso. Porém no caso de MED, é observado que a utilização de tais moléculas podem não ser a melhor opção para o manejo do inseto, visto que em outras regiões do globo, principalmente em relação ao piriproxyfen já se observou problemas com a utilização desta molécula. Um estudo conduzido em Israel concluiu que o uso contínuo desta molécula em campos de cultivo de algodão causou a supressão de MEAM1 por MED (HOROWITZ; ISHAAYA, 2014).

Para demais moléculas, de acordo com os resultados obtidos, pode-se dizer que estas podem ser excelente ferramentas para o manejo de MED, assim como as demais testadas, porém devem ser submetidas a uma avaliação criteriosa, visto que os valores de doses recomendadas para este inseto no Brasil são somente para MEAM1 e como já demonstrado em estudos, estas CIs tendem a variar quando comparados ambas as espécies crípticas (KRAUSE-SAKATE et al., 2020).

3.5 CONCLUSÃO

Sendo assim, a partir dos resultados obtidos no estudo em questão, pode-se concluir que ao serem submetidos a uma mesma pressão de seleção, houve diferença em relação a curva dose-resposta entre pimentão e feijão, para as moléculas inseticidas acetamiprido, piriproxyfen e flupyradifurone. Além disso, a rotação de aplicação entre as moléculas inseticidas acetamiprido e piriproxyfen não gerou alteração de suscetibilidade para a população testada. Em relação as moléculas sulfoxaflor e ciantraniliprole, para o estudo em questão o hospedeiro não foi fator determinante na alteração de suscetibilidade obtidas através das curvas de dose-resposta.

Desta forma, pode-se dizer que os resultados obtidos, irão servir como alicerce para estudos posteriores em relação ao manejo de populações de *B. tabaci* MED no Brasil, visto que esta espécie críptica ainda é recente no país e ainda pouco se sabe como será o estabelecimento de desta praga no Brasil.

REFERÊNCIAS

Arthropod pesticide resistance database. Disponível em:

<<https://www.pesticideresistance.org/>>. Acesso em: 20 ABR. 2023.

BARMAN, M. *et al.* Effect of neonicotinoids on bacterial symbionts and insecticide-resistant gene in whitefly, *Bemisia tabaci*. **Insects**, v. 12, n. 8, p. 742, 2021.

BELLO, V. H. *et al.* Outbreaks of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in vegetable crops in São Paulo and Paraná States, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 4, p. 487-496, 2020.

BOSCO, D. *et al.* PCR-RFLP identification of *Bemisia tabaci* biotypes in the Mediterranean Basin. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 3, p. 243-251, 2006.

BOYKIN, L. M. *et al.* Is agriculture driving the diversification of the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? Dating, diversification

and biogeographic evidence revealed. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, n. 1, p. 228, 2013.

BROWN, J. K. *et al.* Revision of Begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. **Archives of Virology**, v. 160, n. 6, p. 1593-1619, 2015.

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

CHEN, J.C. *et al.* Toxicity of seven insecticides to different developmental stages of the whitefly *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae) in multiple field populations of China. **Ecotoxicology**, v. 27, p. 742-751, 2018.

CHU, D. *et al.* Change in the biotype composition of *Bemisia tabaci* in Shandong Province of China from 2005 to 2008. **Environmental entomology**, v. 39, n. 3, p. 1028-1036, 2010.

CHU, D. *et al.* The introduction of the exotic Q biotype of *Bemisia tabaci* from the Mediterranean region into China on ornamental crops. **Florida Entomologist**, v. 89, n. 2, p. 168-174, 2006.

CHU, D. *et al.* Further insights into the strange role of bacterial endosymbionts in whitefly, *Bemisia tabaci*: Comparison of secondary symbionts from biotypes B and Q in China. **Bulletin of entomological research**, v. 101, n. 4, p. 477-486, 2011.

COSTA, T. M. *et al.* The recombinant isolate of cucurbit aphid-borne yellows virus from Brazil is a polerovirus transmitted by whiteflies. **Plant pathology**, v. 69, n. 6, p. 1042-1050, 2020.

DA FONSECA BARBOSA, L. *et al.* First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest management science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, 2015.

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

GEORGHIOU, G. P.; TAYLOR, C. E. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 70, p. 319-323, 1977a.

GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C. E. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic. Entomology**, v. 70, p. 653-658, 1977b.

GHOSH, S. *et al.* Transmission of a New Polerovirus Infecting Pepper by the Whitefly *Bemisia tabaci*. **Journal of virology**, v. 93, n. 15, 2019.

HOROWITZ, A. R.; ISHAAYA, I. Dynamics of biotypes B and Q of the whitefly *Bemisia tabaci* and its impact on insecticide resistance. **Pest management science**, v. 70, n. 10, p. 1568-1572, 2014.

IBAMA Relatórios de comercialização de agrotóxicos. Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e->

biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 20 abr. 2023.

ICTV. Taxon details. Disponível em:

<https://talk.ictvonline.org/taxonomy/p/taxonomy-history?taxnode_id=202003174>.

Acesso em: 20 abr. 2023.

INOUE-NAGATA, A. K.; LIMA, M. F.; GILBERTSON, R. L. A review of geminivirus diseases in vegetables and other crops in Brazil: current status and approaches for management. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 8-18, 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em:

<<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

ISHAAYA, I.; HOROWITZ, A. R. Pyriproxyfen, a novel insect growth regulator for controlling whiteflies: mechanisms and resistance management. **Pesticide Science**, v. 43, n. 3, p. 227-232, 1995.

JIU, M. *et al.* Cryptic species identification and composition of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) complex in Henan province, China. **Journal of Insect Science**, v. 17, n. 3, p. 78, 2017.

JONES, D.R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p. 195-219, 2003.

KING, A. M. Q. *et al.* (Ed.). **Virus taxonomy: ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. Elsevier, 2011.

KRAUSE-SAKATE, R. *et al.* Population dynamics of whiteflies and associated viruses in South America: Research progress and perspectives. **Insects**, v. 11, n. 12, p. 847, 2020.

LEE, W. *et al.* Taxonomic status of the *Bemisia tabaci* complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and reassessment of the number of its constituent species. **PLoS One**, v. 8, n. 5, p. e63817, 2013.

LEORA SOFTWARE (2002) POLO-Plus 1.0 **Probit and Logit Analysis**. LeOra Software, Petaluma, 2002.

LIU, B. *et al.* Multiple forms of vector manipulation by a plant-infecting virus: *Bemisia tabaci* and tomato yellow leaf curl virus. **Journal of virology**, v. 87, n. 9, p. 4929-4937, 2013.

LUO, C. *et al.* Insecticide resistance in *Bemisia tabaci* biotype Q (Hemiptera: Aleyrodidae) from China. **Crop Protection**, v. 29, n. 5, p. 429-434, 2010.

MACLEOD, N.; CANTY, R. J.; POLASZEK, A. Morphology-based identification of *Bemisia tabaci* cryptic species puparia via embedded group-contrast convolution neural network analysis. **Systematic Biology**, v. 71, n. 5, p. 1095-1109, 2022.

Mapbiomas Brasil. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download-dos-atbds>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

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.

MARUBAYASHI, J. M. *et al.* Diversity and Localization of Bacterial Endosymbionts from Whitefly Species Collected in Brazil. **PloS ONE**, v. 9, e108363, 2014.

MITUTI, T. *et al.* Survey of begomoviruses and the crinivirus, tomato chlorosis virus, in solanaceous in Southeast/Midwest of Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 5, p. 468-472, 2019.

MUGERWA, H. *et al.* African ancestry of New World, *Bemisia tabaci*-whitefly species. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.

NAKAYAMA, A.; SUKEKAWA, M.; EGUCHI, Y. Stereochemistry and active conformation of a novel insecticide, acetamiprid. **Pesticide science**, v. 51, n. 2, p. 157-164, 1997.

NAUEN, R. *et al.* Flupyradifurone: a brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest management science**, v. 71, n. 6, p. 850-862, 2015.

OLIVEIRA, M.R.V.; HENNEBERRY, T.J.; ANDERSON, P. History, status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. **Bases e técnicas de manejo de insetos**. Depto. Defesa Fitossanitária, Univ. Federal de Santa Maria, 2000. 248 p.

PALUMBO, J. C.; HOROWITZ, R.; PRABHAKER, N. Overview of insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Oxford, v. 20, n. 9, p. 739-765, 2001.

PAN, H. *et al.* Rapid spread of Tomato yellow leaf curl virus in China is aided differentially by two invasive whiteflies. **PloS one**, v. 7, n. 4, p. e34817, 2012.

RAUCH, N.; NAUEN, R. Identification of biochemical markers linked to neonicotinoid cross resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Archives of insect biochemistry and physiology**, v. 54, n. 4, p. 165-176, 2003.

REHMAN, M. *et al.* Occurrence of a new cryptic species of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): an updated record of cryptic diversity in India. **Phytoparasitica**, v. 49, n. 5, p. 869-882, 2021.

ROUSH, R. T.; MCKENZIE, J. A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Annual Review of Entomology**, v. 32, p. 361-380, 1987.

SIMON, C. *et al.* Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. **Annals of the entomological Society of America**, v. 87, n. 6, p. 651-701, 1994.

- SMITH, H. A.; NAGLE, C. A. Susceptibility of *Bemisia tabaci* to group 4 insecticides. **2014 FLORIDA TOMATO INSTITUTE PROGRAM**, p. 27, 2014.
- TENG, X.; WAN, F.-H.; CHU, D. *Bemisia tabaci* Biotype Q dominates other biotypes across China. **The Florida entomologist**, v. 93, n. 3, p. 363–368, 2010.
- WALSH, P. S.; METZGER, D. A.; HIGUCHI, R. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. **Biotechniques**, v. 10, n. 4, p. 506-513, 1991.
- WANG, R. *et al.* Baseline susceptibility and biochemical mechanism of resistance to flupyradifurone in *Bemisia tabaci*. **Crop protection**, v. 132, p. 105132, 2020.
- WANG, R. *et al.* Genetics and fitness costs of resistance to flupyradifurone in *Bemisia tabaci* from China. **Journal of integrative agriculture**, v. 21, n. 5, p. 1436–1443, 2022.
- WATANABE, L. F. M. *et al.* Performance and competitive displacement of *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED cryptic species on different host plants. **Crop Protection**, v. 124, p. 104860, 2019.
- XIE, W. *et al.* Sensitivity of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to several new insecticides in China: effects of insecticide type and whitefly species, strain, and stage. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, 2014.

CAPÍTULO 4

DINÂMICA POPULACIONAL DE *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) MIDDLE EAST-ASIA MINOR 1 (MEAM1) E MEDITERRANEAN (MED) EM CULTIVO DE CAMPO COMERCIAL DE *Solanum lycopersicum* NO BRASIL

RESUMO

O cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* no Brasil desempenha papel de grande importância econômica no país. E entre os principais Estados produtores encontram-se Goiás, São Paulo, Minas Gerais. Existem diversos fatores limitantes ao cultivo de tomate nestas regiões, e entre eles, encontram-se as infestações de mosca-branca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). Estes pequenos insetos estão inseridos em um grupo de espécies crípticas distribuídas ao redor do mundo, com exceção dos polos, e são responsáveis por perdas alarmantes no cultivo do tomate devido a diminuição da qualidade do fruto quando em grandes infestações e principalmente por conta da transmissão de vírus. Entre as espécies crípticas de maior relevância encontram-se, Middle East Asia-Minor 1 (MEAM1) e Mediterranean (MED). No Brasil a espécie dominante é MEAM1, porém com a recente chegada de MED no país, tendo o Estado de São Paulo como principal porta de entrada, isto pode significar uma ameaça aos produtores da região. Sendo assim, o objetivo do estudo foi avaliar a evolução da dinâmica populacional de MED e MEAM1 em cultivos de tomate, nos estados de São Paulo e Minas Gerais nos anos de 2020 e 2021 em campo aberto. Foram coletadas um total de 79 amostras contendo 767 insetos ao longo do período, sendo que nos municípios de Sumaré – SP e Monte Mor – SP foram realizadas mais de uma coleta ao longo do ano. Estes insetos foram armazenados e submetidos a análise molecular para identificação das espécies crípticas. A partir dos resultados obtidos foi observado que houve um aumento do percentual de MED em relação a MEAM1 nos respectivos anos no Estado de São Paulo em campo aberto. Das amostras identificadas não foi constatada a presença de MED no Estado de Minas Gerais. Em relação ao Estado de São Paulo, o maior percentual de MED em relação a MEAM1, foram coletados nos municípios de Sumaré e Monte Mor.

Palavras-chave: Espécie críptica, MED, tomate, dinâmica populacional, molecular

ABSTRACT

The cultivation of tomatoes *Solanum lycopersicum* in Brazil plays an important role of in the economy of the country. The main largest States of production are Goiás, São Paulo, Minas Gerais, and others. There are several limiting factors for tomato cultivation in these regions, for example, the whitefly infestations *Bemisia tabaci* *Gennadius* (Hemiptera: Aleyrodidae). These small insects are part of a group of cryptic species distributed around the world, except for the poles, and are responsible for alarming losses in tomato cultivation due to the decrease in fruit quality when in heavy infestations and mainly due to the transmission of viruses. The most relevant cryptic species are Middle East Asia-Minor 1 (MEAM1) and Mediterranean (MED). In Brazil, the dominant species is MEAM1, but with the recent arrival of MED in the country, with the State of São Paulo as the main gateway, could mean a threat to farmers in the region. Therefore, the objective of the study was to evaluate the evolution of the population dynamics of MED and MEAM1 in tomato crops in the southeast region in the years 2020 and 2021. A total of 79 samples containing 767 insects were collected throughout of the period, and for the cities of Sumaré – SP and Monte Mor – SP it was collected more than one sample of the same location during the year. These insects were stored and subjected to molecular analysis to identify cryptic species. From the results obtained, it was observed that there was an increase in the percentage of MED in relation to MEAM1 in the respective years. From the identified samples, the presence of MED was not verified in the State of Minas Gerais. In relation to the State of São Paulo, the highest percentage of MED in relation to MEAM1 were collected in the municipalities of Sumaré and Monte Mor.

Keywords: Cryptic species, MED, tomato, populational dynamics, molecular

4.1 INTRODUÇÃO

Dentre os diversos cultivos conduzidos no Brasil e no mundo, o tomate *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) é uma das culturas que possui grande importância para o mercado consumidor, tanto na para a produção de produtos industrializados, bem como, o consumo *in natura* deste alimento. No Brasil, de uma maneira geral a área plantada deste cultivo se manteve equilibrada desde a década de 90 e os anos atuais. Em 2021 o Brasil teve uma área plantada de 54.885 hectares com uma produção média de 3.932.814 toneladas (IBGE, 2021).

No Estado de Goiás, o principal tipo de cultivo é o de tomate industrial, com foco na produção de derivados de tomate, ocupando aproximadamente 60% da produção nacional para este destino, seguido por São Paulo e Minas Gerais (TREICHEL et al., 2016). Entre os principais estados produtores de tomate para consumo *in natura*, destacam-se São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Bahia, Paraná e Santa Catarina (IBGE, 2021).

Existem diversos entraves que limitam a produção de tomate no país e podemos destacar os problemas fitossanitários (CLEMENTE; BOITEUX, 2012). Dentre estes problemas, encontra-se a mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae).

A mosca-branca é classificada como uma praga de grande potencial destrutivo em cultivos do mundo todo, os danos são causados pela alimentação, excreção de honeydew e transmissão de diversos tipos de vírus (OLIVEIRA et al., 2001; JONES, 2003; BROWN et al., 2015). Além disso, essa espécie possui grande distribuição geográfica, abrangendo praticamente todo o planeta, com exceção das zonas polares (BYRNE; BELLOWS Jr., 1991; DE BARRO et al., 2011). Entre os principais gêneros de vírus transmitidos, os *Begomovirus* se destacam, sendo majoritariamente transmitidos por *Bemisia* spp., sendo relatadas mais de 400 espécies (KING et al., 2011; INOUE-NAGATA; LIMA; GILBERTSON, 2016; MITUTI et al., 2019; GHOSH et al., 2019 KRAUSE-SAKATE et al., 2020; COSTA et al., 2020).

Atualmente, *B. tabaci* é classificada como parte de um complexo de espécies crípticas, morfologicamente indistinguíveis, porém com características biológicas, genéticas e ecológicas distintas (DINSDALE et al., 2010; XU; DE BARRO; LIU, 2010; DE BARRO et al., 2011; KANAKALA; GHANIM, 2015). É uma espécie capaz de se alimentar de diversos hospedeiros. Estima-se, aproximadamente 700 espécies

monocotiledôneas e dicotiledôneas e, no Brasil, é responsável por perdas de até 100% em culturas como, pepino, repolho, pimentão, tomate e jiló (LOURENÇÃO; SAKATE; VALLE, 2014).

Inicialmente a mosca-branca foi relatada no Brasil foi em 1923 na Bahia (BONDAR, 1928) e, praticamente quatro décadas depois, nos Estados de São Paulo e Santa Catarina (SILVA et al., 1968), e no Paraná em plantas de algodão (COSTA; COSTA; SAUER, 1973). Dentre as espécies crípticas de maior importância no Brasil encontram-se Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1) sendo reportada no início da década de 90 (LIMA et al., 2000), e recentemente Mediterranean (MED) (BARBOSA et al., 2015; MORAES et al., 2017).

Conhecida por sua capacidade de colonização e destrutiva, *B. tabaci*, MED e MEAM1 (DINSDALE et al., 2010), são as principais ameaças aos diversos tipos de cultivos encontrados no Brasil. É válido frisar que, apesar da recente chegada de MED no Brasil e com distribuição crescente (BARBOSA et al., 2015; MORAES et al., 2017), *B. tabaci* MEAM1 continua sendo a principal espécie críptica encontrada no país (FERNANDES et al., 2022).

Como citado anteriormente, é sabido que MEAM1 é predominante no Brasil, porém ao nos referirmos a região sudeste do país, principalmente em relação ao Estado de São Paulo, local onde ocorreu uma das entradas de MED no país (MORAES et al., 2017), é possível verificar que a espécie MED é predominante em relação a MEAM1 em cultivos de pimentão, pepino e tomate (em menor quantidade), especialmente em casas-de-vegetação (BELLO et al., 2020).

Diante disso, objetivou-se avaliar a evolução da adaptação de *B. tabaci* MED em cultivos de tomate em algumas localidades da região sudeste do Brasil.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Coleta dos insetos

Amostras de *B. tabaci* foram coletadas em diferentes regiões do Estado de São Paulo e Minas Gerais em campos de cultivo comercial de tomate nos anos de 2020 e 2021. As amostras foram coletadas em campo aberto e somente uma amostra em estufa. No Estado de São Paulo, as amostras foram coletadas em regiões mais próximas de grandes centros comerciais e em altitudes menos elevadas, com exceção do município de Capão Bonito. Já em Minas Gerais as regiões de coleta eram mais afastadas de grandes centros e em altitudes mais elevadas (Tabela 1 e 2). Insetos

adultos foram coletados com auxílio de um sugador composto por uma pipeta tipo Pasteur de vidro, um cano de plástico de diâmetro 0,5cm e um tecido “voile” vedando o cano. Os adultos foram colocados em tubos contendo álcool 100% e posteriormente foram armazenados a - 4°C para posteriormente foram analisadas.

Tabela 1 – Local, coordenadas e altitude de amostras coletadas em 2020

Local	Coordenadas Geográficas		
	Latitude	Longitude	Altitude
Sumaré - SP	S 22°53'52,63"	W 47°15'44,18"	622,00
Sumaré - SP	S 22°53'37,0"	W 47°16'37,5"	612,00
Monte Mor - SP	S 22°53'52,7"	W 47°20'31,2"	663,00
Sumaré - SP	S 22°53'30,5"	W 47°15'51,0"	626,00
Sumaré - SP	S 22°53'49,09"	W 47°16'42,43"	626,00
Sumaré - SP	S 22°53'24,93"	W 47°16'23,65"	594,00
Monte Mor - SP	S 22°53'53,95"	W 47°20'53,94"	655,00
Sumaré - SP	S 22°53'09,46"	W 47°16'07,14"	611,00
Mogi Guaçu - SP	S 22° 22' 15"	W 46° 56' 16"	587,00
Capão Bonito - SP	S 24°04'47,1"	W 48°12'32,1"	702,00
Capão Bonito - SP	S 24°03'27,5"	W 48°13'22,6"	747,00
Campos Gerais - MG	S 21°09'20,75"	W 45°36'37,49"	890,00
Campos Gerais - MG	S 21°10'38,6"	W 45°35'46,1"	855,00
Campo do Meio - MG	S 21°04'22,4"	W 45°51'46,0"	805,00
Campo do Meio - MG	S 21°10'09,7"	W 45°54'22,7"	794,00
Araras - SP	S 22°24'29,1"	W 47°12'36,5"	655,00
Mogi Mirim - SP	S 22°19'50,8"	W 47°04'21,5"	629,00
Araras - SP	S 22°21'39,7"	W 47°07'27,2"	644,00
Araras - SP	S 22°24'46,5"	W 47°11'02,0"	637,00
Campo do Meio - MG	S 21°04'50,8"	W 45°51'19,4"	790,00
Boa Esperança - MG	S 21°02'03,0"	W 45°37'34,9"	808,00
Campo do Meio - MG	S 21°04'52,3"	W 45°49'31,0"	800,00
Campo do Meio - MG	S 21°09'14,9"	W 45°56'11,8"	796,00
Capão Bonito - SP	S 24°05'00,0"	W 48°13'41,5"	789,00
Capão Bonito - SP	S 24°03'16,0"	W 48°12'48,2"	745,00
Apiaí - SP	S 24°20'59,5"	W 49°01'15,4"	980,00

Tabela 2 – Local, coordenadas e altitude de amostras coletadas em 2021

Local	Coordenadas Geográficas		
	Latitude	Longitude	Altitude
Sacramento - MG	S 19°38'47,32"	W 47°33'04,73"	1041,00
Sacramento - MG	S 19°39'03,06"	W 47°33'21,81"	1038,00
Sumaré - SP	S 22°53'53,83"	W 47°16'12,35"	621,00
Sumaré - SP	S 22°53'32,74"	W 47°17'12,27"	607,00
Monte Mor - SP	S 22°54'24,31"	W 47°21'14,40"	622,00
Sumaré - SP	S 22°53'49,18"	W 47°15'36,84"	635,00
Campos Gerais - MG	S 21°09'20,75"	W 45°36'37,49"	890,00
Andrelândia - MG	S 21°41'36,7"	W 44°11'08,8"	1149,00
Campos Gerais - MG	S 21°09'51,2"	W 45°35'52,1"	852,00
Campos Gerais - MG	S 21°10'01,5"	W 45°35'46,4"	860,00
Campo do Meio - MG	S 21°10'09,7"	W 45°54'22,7"	794,00
Araras - SP	S 22°24'29,2"	W 47°12'36,4"	657,00
Mogi Mirim - SP	S 22°19'10,8"	W 47°03'32,7"	606,00
Araras - SP	S 22°21'41,3"	W 47°07'27,8"	643,00
Araras - SP	S 22°25'05,4"	W 47°11'04,0"	640,00

4.2.2 Identificação da espécie críptica de *B. tabaci*

A análise do gene mitocondrial citocromo oxidase I (mtCOI) foi feita para a identificação dos insetos. Foi feita a extração do DNA de 10 indivíduos para cada amostra coletada, pelo protocolo de Chelex (WALSH; METZGER; HIGUCHI, 1991). As amostras foram submetidas por uma reação de PCR com os primers genéticos C1-J-2195 e TL2-N-3014 (SIMON et al., 1994). A reação de PCR foi feita com volume final de 50µl (concentração final MgCL₂ 50mM, dNTP 2,5mN, oligonucleotídeos a 1µM) com 0,5 unidades de *Taq* polimerase. A reação se deu em um ciclo de 5 minutos a 94°C, 35 ciclos de 30 segundos a 94°C, 45 segundos a 45°C e 1 minuto a 72°C com extensão 10 minutos finais a 72°C. Posteriormente foi realizada análise de polimorfismo por RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) dos amplicons (BOSCO et al., 2006) para diferenciar a espécie MEAM1 de MED. De cada PCR foram usados 5µl que foi digerido por com uma unidade de *TaqI* à 65°C por 2 horas em

volume final de 15µl. O DNA que foi digerido foi avaliado em gel de eletroforese a 1% corado com brometo de etídeo.

4.3 RESULTADOS

Foram coletadas 44 amostras no ano de 2020 contendo um total de 417 insetos avaliados. Em 2021 foram coletadas 35 amostras contendo um total de 350 insetos avaliados (Tabela 1).

Tabela 3 – Dados referentes as espécies crípticas MEAM1 e MED coletados em campo aberto de tomate nos Estados de São Paulo e Minas Gerais em 2020

Local	Coordenadas Geográficas			Data da Coleta	Resultados (%)	
	Latitude	Longitude	Altitude		MEAM1	MED
Sumaré - SP	S 22°53'52,63"	W 47°15'44,18"	622,00	24 fev 20	80	20
Sumaré - SP	S 22°53'52,63"	W 47°15'44,18"	622,00	16 abr 20	20	80
Sumaré - SP	S 22°53'52,63"	W 47°15'44,18"	622,00	07 mai 20	40	60
Sumaré - SP	S 22°53'37,0"	W 47°16'37,5"	612,00	06 jun 20	10	90
Monte Mor - SP	S 22°53'52,7"	W 47°20'31,2"	663,00	18 abr 20	30	70
Sumaré - SP	S 22°53'30,5"	W 47°15'51,0"	626,00	16 abr 20	10	90
Sumaré - SP	S 22°53'49,09"	W 47°16'42,43"	626,00	15 ago 20	50	50
				15 set 20	10	90
				15 out 20	10	90
				15 nov 20	20	80
				15 dez 20	10	90
Sumaré - SP	S 22°53'24,93"	W 47°16'23,65"	594,00	15 ago 20	20	80
				15 set 20	10	90
				15 out 20	30	70
				15 nov 20	60	40
				15 dez 20	0	100
Monte Mor - SP	S 22°53'53,95"	W 47°20'53,94"	655,00	15 ago 20	60	40
				15 set 20	40	60
				15 out 20	30	70
				15 nov 20	20	80
				15 dez 20	10	90
Sumaré - SP	S 22°53'09,46"	W 47°16'07,14"	611,00	15 ago 20	62,5	37,5
				15 set 20	90	10
				15 out 20	30	70
				15 nov 20	20	80
				15 dez 20	0	100
Mogi Guaçu – SP**	S 22° 22' 15"	W 46° 56' 16"	587,00	04 fev 20	100	0
Capão Bonito - SP	S 24°04'47,1"	W 48°12'32,1"	702,00	06 fev 20	90	10
Capão Bonito - SP	S 24°03'27,5"	W 48°13'22,6"	747,00	07 fev 20	80	20

Campos Gerais - MG	S 21°09'20,75"	W 45°36'37,49"	890,00	31 jan 20	100	0
Campos Gerais - MG	S 21°10'38,6"	W 45°35'46,1"	855,00	29 jan 20	100	0
Campo do Meio - MG	S 21°04'22,4"	W 45°51'46,0"	805,00	30 jan 20	100	0
Campo do Meio - MG	S 21°10'09,7"	W 45°54'22,7"	794,00	05 mar 20	100	0
Araras - SP	S 22°24'29,1"	W 47°12'36,5"	655,00	13 abr 20	100	0
Mogi Mirim - SP	S 22°19'50,8"	W 47°04'21,5"	629,00	15 abr 20	100	0
Araras - SP	S 22°21'39,7"	W 47°07'27,2"	644,00	04 jun 20	100	0
Araras - SP	S 22°24'46,5"	W 47°11'02,0"	637,00	30 jul 20	100	0
Campo do Meio - MG	S 21°04'50,8"	W 45°51'19,4"	790,00	06 jul 20	100	0
Boa Esperança - MG	S 21°02'03,0"	W 45°37'34,9"	808,00	27 jul 20	100	0
Campo do Meio - MG	S 21°04'52,3"	W 45°49'31,0"	800,00	29 ago 20	100	0
Campo do Meio - MG	S 21°09'14,9"	W 45°56'11,8"	796,00	27 out 20	100	0
Capão Bonito – SP*	S 24°05'00,0"	W 48°13'41,5"	789,00	08 set 20	50	10
Capão Bonito – SP*	S 24°03'16,0"	W 48°12'48,2"	745,00	08 set 20	20	0
Apiaí – SP*	S 24°20'59,5"	W 49°01'15,4"	980,00	27 nov 20	30	0

*Foram coletados outros insetos na amostra (*Thrips* spp.); **Amostra coletada em estufa.

Tabela 4 – Dados referentes as espécies crípticas MEAM1 e MED coletados em campo aberto de tomate nos Estados de São Paulo e Minas Gerais em 2021

Local	Coordenadas Geográficas			Data da Coleta	Resultados (%)	
	Latitude	Longitude	Altitude		MEAM1	MED
Sacramento - MG	S 19°38'47,32"	W 47°33'04,73"	1041,00	24 ago 20	100	0
Sacramento - MG	S 19°39'03,06"	W 47°33'21,81"	1038,00	18 jan 21	100	0
Sumaré - SP	S 22°53'53,83"	W 47°16'12,35"	621,00	15 fev 21	30	70
				15 mar 21	10	90
				15 abr 21	0	100
				15 mai 21	0	100
				15 jun 21	0	100
				15 jul 21	0	100

Sumaré - SP	S 22°53'32,74"	W 47°17'12,27"	607,00	15 fev 21	10	90
				15 mar 21	10	90
				15 abr 21	0	100
				15 mai 21	0	100
				15 jun 21	0	100
				15 jul 21	0	100
Monte Mor - SP	S 22°54'24,31"	W 47°21'14,40"	622,00	15 fev 21	20	80
				15 mar 21	20	80
				15 abr 21	20	80
				15 mai 21	0	100
				15 jun 21	10	90
				15 jul 21	0	100
Sumaré - SP	S 22°53'49,18"	W 47°15'36,84"	635,00	15 fev 21	100	0
				15 mar 21	40	60
				15 abr 21	30	70
				15 mai 21	10	90
				15 jun 21	30	70
				15 jul 21	0	100
Campos Gerais - MG	S 21°09'20,75"	W 45°36'37,49"	890,00	22 jan 21	100	0
Andrelândia - MG	S 21°41'36,7"	W 44°11'08,8"	1149,00	25 fev 21	100	0
Campos Gerais - MG	S 21°09'51,2"	W 45°35'52,1"	852,00	25 jan 21	100	0
Campos Gerais - MG	S 21°10'01,5"	W 45°35'46,4"	860,00	01 fev 21	100	0
Campo do Meio - MG	S 21°10'09,7"	W 45°54'22,7"	794,00	29 mar 21	100	0
Araras - SP	S 22°24'29,2"	W 47°12'36,4"	657,00	15 mar 21	100	0
Mogi Mirim - SP	S 22°19'10,8"	W 47°03'32,7"	606,00	30 mar 21	100	0
Araras - SP	S 22°21'41,3"	W 47°07'27,8"	643,00	28 abr 21	100	0
Araras - SP	S 22°25'05,4"	W 47°11'04,0"	640,00	21 jun 21	100	0

A partir das mostras coletadas em ambos os anos de 2020 (Tabela 3) e 2021 (Tabela 4), pode-se observar que todas as amostras contendo *B. tabaci* MED foram coletadas no Estado de São Paulo.

Em relação ao município de Sumaré, é observado que ao longo das amostras coletadas no ano de 2020 houve flutuação populacional tendo MED como espécie críptica dominante, com exceção do mês de fevereiro (Figura 1). Ao observarmos o ano de 2021 também nas áreas de coleta no município de Sumaré, a tendência de MED como espécie dominante se manteve e, desta vez, em todas as amostras coletadas (Figura 1).

Na sumarização dos dados coletados em ambos os anos analisados para o município de Sumaré, pode-se dizer que foi observado uma diferença de aproximadamente 40% de indivíduos MED em relação a MEAM1. Em 2021 esta diferença aumentou para 70%.

Ao avaliarmos o município de Monte Mor, os resultados também se assemelharam aos anteriores, em que no ano de 2020, das amostras coletadas, apenas o mês de agosto apresentou MEAM1 como espécie dominante (Figura 2). Já no ano de 2021, para todas as amostras coletadas, MED se manteve como espécie críptica dominante (Figura 2).

Na sumarização de dados para o município de Monte Mor foi observado a diferença de aproximadamente 36% de indivíduos MED em relação a MEAM1 no ano de 2020 e, para o ano de 2021 foi observado uma diferença de aproximadamente 76% entre MED e MEAM1.

Figura 1 – Percentual de MEAM1 e MED coletados em campos de produção de tomate comercial em 2020 e 2021 em Sumaré

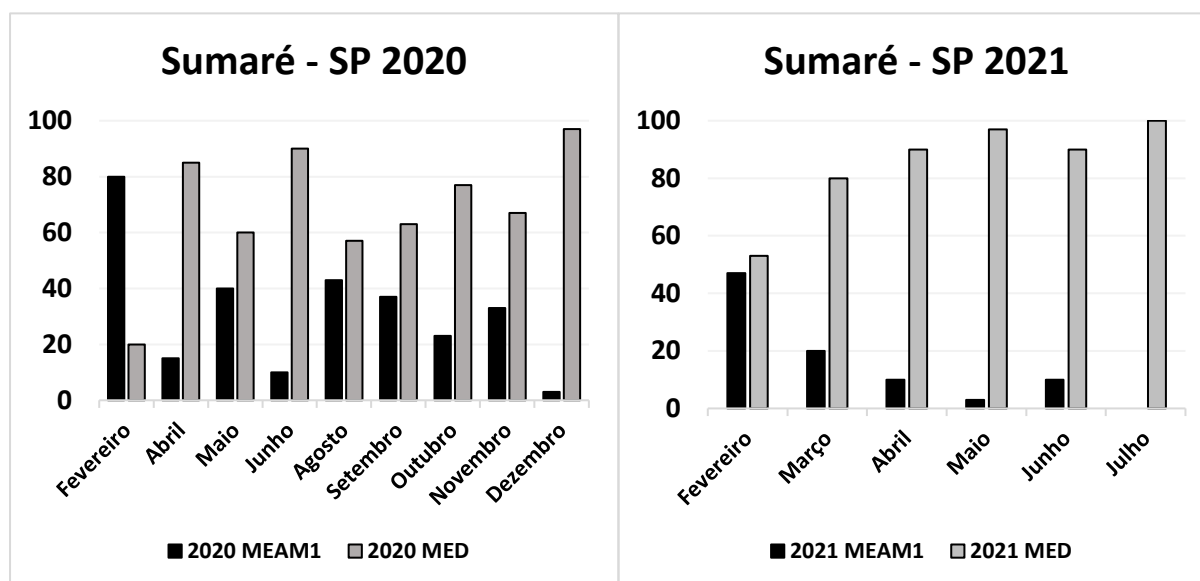
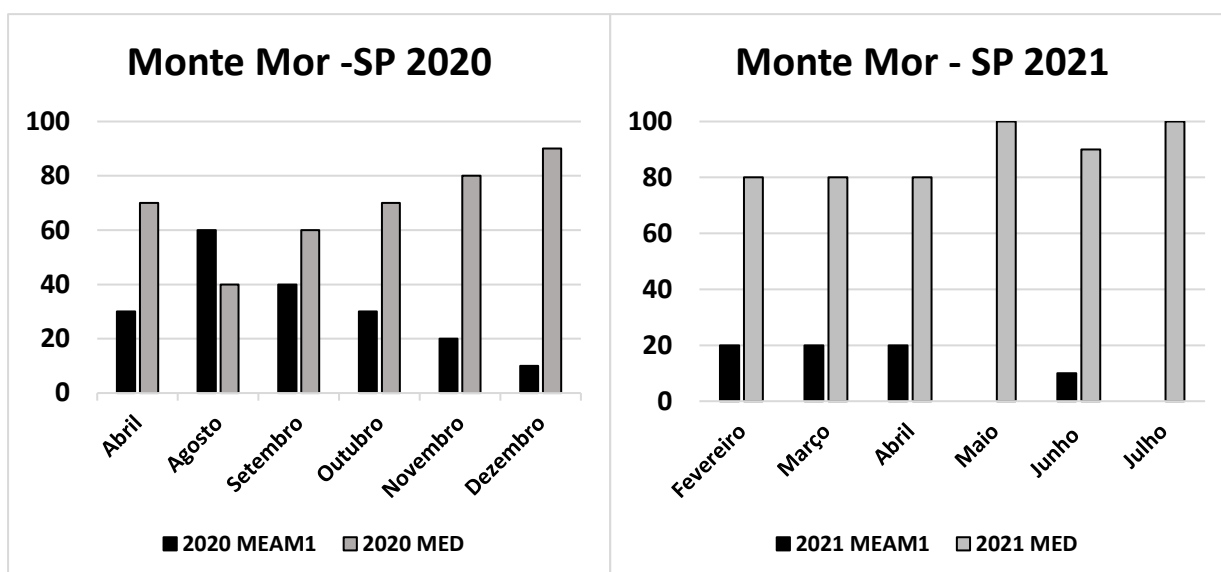


Figura 2 – Percentual de MEAM1 e MED coletados em campos de produção de tomate comercial 2020 e 2021 em Monte Mor



Em relação a sumarização conjunta de todas as amostras coletadas para os Estados de São Paulo e Minas Gerais, pode-se observar que em 2020 o percentual de MEAM1 foi aproximadamente 10% superior a MED. Em 2021 houve uma inversão neste percentual, em que MED foi aproximadamente 18% superior a MEAM1. É válido frisar que em Minas Gerais, não foi coletado MED em nenhuma das amostras.

4.4 DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos em relação a flutuação populacional das espécies crípticas MEAM1 e MED em campos de produção de tomate comercial nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. Foi possível observar que, para as regiões em que as amostras foram coletadas, a presença de MED foi majoritária somente em alguns dos municípios do Estado de São Paulo e não foram encontradas em Minas Gerais, sendo assim, estes resultados podem estar ligados a diferentes hipóteses.

É sabido que, de maneira geral, a espécie críptica MEAM1 é dominante no Brasil (FERNANDES et al., 2022). Apesar disso, desde a chegada no Brasil, MED também vem tomando importância dentro dos sistemas de agricultura no país, especialmente em plantas ornamentais e em olerícolas como, pimentão, pepino, entre outras (BARBOSA et al., 2015; MORAES et al., 2017; BELLO et al., 2020).

Por ser tratar de uma espécie críptica exótica e de recente introdução no país, é necessário entendermos ao redor do globo como que ocorreu o processo de

estabelecimento desta espécie em países em que ela também não é originária. É evidente que cada país possui características intrínsecas relacionadas a sua região, como clima, altitude, relevo, tipos de cultivos, inimigos naturais, bem como o próprio manejo agrônômico adotado. Ainda assim, exemplos obtidos em outras regiões no globo podem ajudar a entendermos como este cenário irá evoluir em nossa própria região de estudo.

Em relação as espécies crípticas MED e MEAM1, consideradas as de maior abundância no globo, respectivamente, estas encontram-se distribuídas em 44 e 42 países (KANAKALA; GHANIM, 2019.), evidenciando a importâncias delas em um cenário como no Brasil, em que atualmente, ambas as espécies são encontradas e ainda pouco se sabe como será a dinâmica destes insetos no país. Em outros países como a China, a espécie críptica invasiva MED conseguiu suprimir MEAM1 em diversas regiões do país (XIE et al., 2018).

Além disso é sabido que em uma situação em que se utiliza defensivos químicos para o manejo de *B. tabaci*, a espécie MED pode ser favorecida devido a menor suscetibilidade a inseticidas (RAN et al., 2018; HOROWITZ et al., 2020; PARK et al., 2021). No estudo em questão, o manejo para todos os campos de cultivo fora semelhante, sendo submetidos a moléculas como, sulfoxaflor, piriproxyfen, piridabem, acetamiprido, flupyradifurone, pimetrozina, cinantraniliprole, entre outras. A utilização destas moléculas, podem também ter favorecido a supressão de MEAM1 por MED, visto que no Brasil apenas são estabelecidas doses para MEAM1, porém como observado nos resultados (Tabela 1 e 2), somente em algumas regiões ocorreu este fenômeno, evidenciando que outros fatores também podem estar envolvidos neste fenômeno.

É válido frisar que coincidentemente nos municípios em que se foi observado MED em abundância quando comparado a MEAM1, as altitudes ficavam próximas aos 600 metros de elevação, já nas demais localidades a altitude era superior (Tabela 3 e 4). É sabido que em regiões de maiores altitudes, as amplitudes térmicas tendem a ser maiores, com temperaturas médias mais baixas. As populações de MED tendem a tolerar temperaturas mais elevadas (JHAN; LEE, 2022). Sendo assim, este fator pode ser mais uma ferramenta para evidenciar a supressão de MEAM1 por MED em campos de tomate aberto.

Uma outra hipótese a ser levada em conta é que ambos os municípios em que foram coletadas amostras com maior quantia de MED em relação a MEAM1, estão

fisicamente próximos do centro de entrada de *B. tabaci* MED no Brasil, que provavelmente foi introduzido através de plantas ornamentais (MORAES et al., 2017). Coincidentemente nesta região encontra-se o maior centro de comercialização de plantas ornamentais do país. Sustentando a hipótese que nesta região do Estado ocorre um maior fluxo migratório de diferentes populações MED no Brasil.

Além disso, outro fator a ser considerado é o hospedeiro, que apesar de estudos conduzidos no Brasil evidenciarem que em um cenário livre da aplicação de inseticidas o tomate é um hospedeiro com características mais favoráveis para o desenvolvimento de MEAM1 (TOLEDO et al., 2021; WATANABE et al., 2019). Em um cenário com a aplicação de inseticidas, esta dinâmica pode ser alterada e MED passar a ser a espécie críptica dominante (MIRALDO et al., 2021).

4.5 CONCLUSÃO

Para o Estado de São Paulo a espécie críptica *B. tabaci* MED está se estabelecendo em cultivos de tomate comercial em campo aberto. Já para o Estado de Minas Gerais a espécie críptica MED não foi encontrada.

Ainda não é possível concluir qual é o fator principal que está influenciando neste estabelecimento. Porém é evidente que não é somente uma única variável que está sendo responsável.

Desta forma, se faz cada vez mais necessário estudos constantes de monitoramento desta praga no Brasil, visto que a dinâmica destes insetos muda com bastante velocidade e não negligenciar estas mudanças dinâmicas pode ser a chave para o sucesso do controle deste inseto, dentro de uma perspectiva de manejo integrado de pragas.

REFERÊNCIAS

- BELLO, V. H. et al. Outbreaks of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in vegetable crops in São Paulo and Paraná States, Brazil. **Bulletin of Entomological Research**, v. 110, n. 4, p. 487-496, 2020.
- BONDAR, G. Aleyrodídeos do Brasil. **Boletim do Laboratório de Patologia Vegetal**, Salvador, v. 5, p. 27-34, 1928.
- BOSCO, D. et al. PCR-RFLP identification of *Bemisia tabaci* biotypes in the Mediterranean Basin. **Phytoparasitica**, v. 34, n. 3, p. 243-251, 2006.

- BOYKIN, L. M. *et al.* Is agriculture driving the diversification of the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? Dating, diversification and biogeographic evidence revealed. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, n. 1, p. 228, 2013.
- BROWN, J. K. *et al.* Revision of Begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. **Archives of Virology**, v. 160, n. 6, p. 1593-1619, 2015.
- BYRNE, D. N.; BELLOWS, T. S., Jr. Whitefly biology. **Annual review of entomology**, v. 36, n. 1, p. 431–457, 1991.
- CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. Produção de tomate para processamento industrial. **CEP**, v. 70, p. 970, 2012.
- COSTA, A. S.; COSTA, C. L.; SAUER, H. F. G. Surto de mosca-branca em culturas do Paraná e São Paulo. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 2, p. 20-30, 1973.
- COSTA, T.M., INOUE-NAGATA, A.K., VIDA, A.H., RIBEIRO, S.G. & NAGATA, T. (2020) The recombinant isolate of cucurbit aphid-borne yellows virus from Brazil is a polerovirus transmitted by whiteflies. **Plant Pathology**, 69, 1042–1050, 2020
- DA FONSECA BARBOSA, L. *et al.* First report of *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype) species in Brazil. **Pest management science**, v. 71, n. 4, p. 501-504, 2015.
- DE BARRO, P. J. *et al.* *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual review of entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011.
- DE LIMA TOLEDO, C. A. *et al.* Change in the Physiological and Biochemical Aspects of Tomato Caused by Infestation by Cryptic Species of *Bemisia tabaci* MED and MEAM1. **Insects**, v. 12, n. 12, p. 1105, 2021.
- 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, n. 2, p. 196-208, 2010.
- FERNANDES, D. S. *et al.* *Bemisia tabaci* MEAM1 still remains the dominant species in open field crops in Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2022.
- GHOSH, S., KANAKALA, S., LEBEDEV, G., KONTSEDALOV, S., SILVERMAN, D., ALON, T. *et al* (2019) Transmission of a new polerovirus infecting bell pepper by the whitefly *Bemisia tabaci*. **Journal of Virology**, 93, 1–14, 2019.
- HOROWITZ, A. Rami *et al.* Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. **Journal of Pest Science**, v. 93, p. 893-910, 2020.
- INOUE-NAGATA, A. K.; LIMA, M. F.; GILBERTSON, R. L. A review of geminivirus diseases in vegetables and other crops in Brazil: current status and approaches for management. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 8-18, 2016.

JHAN, P. K.; LEE, K.Y. Developing extreme heat acclimation in *Bemisia tabaci* Mediterranean (Hemiptera: Aleyrodidae). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 110, n. 2, p. e21890, 2022.

JONES, D.R. Plant viruses transmitted by whiteflies. **European Journal of Plant Pathology**, v. 109, p 195-219, 2003.

KANAKALA, S.; GHANIM, M. Global genetic diversity and geographical distribution of *Bemisia tabaci* and its bacterial endosymbionts. **PloS one**, v. 14, n. 3, p. e0213946, 2019.

KING, A. M. Q. *et al.* (Ed.). **Virus taxonomy: ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. Elsevier, 2011.

KRAUSE-SAKATE, R. *et al.* Population dynamics of whiteflies and associated viruses in South America: Research progress and perspectives. **Insects**, v. 11, n. 12, p. 847, 2020.

LIMA, L. H. C. *et al.* Survey of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) biotypes in Brazil using RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 781-785, 2000.

LOURENÇÃO, A. L.; SAKATE, R. K.; VALLE, G. E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: VILELLA, E.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2014.

MIRALDO, L. L.; MALAQUIAS, J. B.; BUENO, R. C. O. F. Interactive effects of host plant and insecticide foliar application on oviposition and performance of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) cryptic species Mediterranean (MED) and Middle East-Asia minor 1 (MEAM1) in Brazil. **Phytoparasitica**, p. 1-14, 2021.

MITUTI, T. *et al.* Survey of begomoviruses and the crinivirus, tomato chlorosis virus, in solanaceous in Southeast/Midwest of Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 5, p. 468-472, 2019.

MORAES, L. A. *et al.* New invasion of *Bemisia tabaci* Mediterranean species in Brazil associated to ornamental plants. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 517-525, 2017.

OLIVEIRA, M.R.V.; HENNEBERRY, T.J.; ANDERSON, P. History, status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, v. 20, p. 709-723, 2001.

PARK, Y. *et al.* Insecticide resistance trait may contribute to genetic cluster change in *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae) as a potential driving force. **Pest Management Science**, v. 77, n. 7, p. 3581-3587, 2021.

Produção Agropecuária. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

RAN, W. *et al.* First report of field resistance to cyantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, on *Bemisia tabaci* MED in China. **Journal of integrative agriculture**, v. 17, n. 1, p. 158-163, 2018.

RAN, W. *et al.* Genetics and fitness costs of resistance to flupyradifurone in *Bemisia tabaci* from China. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 21, n. 5, p. 1436-1443, 2022.

SILVA, A.G.A. *et al.* Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. **Seus parasitas e predadores. Parte I**, v. 1, 1968.

SIMON, C. *et al.* Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. **Annals of the entomological Society of America**, v. 87, n. 6, p. 651-701, 1994.

TREICHEL, M. Anuário Brasileiro do Tomate 2016. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta Santa Cruz**, 64p, 2016.

WALSH, P. S.; METZGER, D. A.; HIGUCHI, R. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. **Biotechniques**, v. 10, n. 4, p. 506-513, 1991.

WATANABE, L. F. M. *et al.* Performance and competitive displacement of *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED cryptic species on different host plants. **Crop Protection**, v. 124, p. 104860, 2019.

XIE, W. *et al.* The invasive MED/Q *Bemisia tabaci* genome: a tale of gene loss and gene gain. **BMC genomics**, v. 19, n. 1, p. 1-15, 2018.

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos dados coletados foi possível observar que o controle biológico pode ser uma excelente alternativa para auxiliar no manejo de *B.tabaci* MED no em estufas no Brasil.

Além disso, foi possível observar que pimentão, algodão e tomate foram bons hospedeiros para o desenvolvimento de MED em condições controladas.

Em relação a suscetibilidade de MED a inseticidas, foi possível observar que para algumas moléculas inseticidas o hospedeiro pode influenciar na evolução deste processo.

No quesito distribuição de MED em cultivos de tomate na região sudeste do país, pode dizer que o nível de influência é multifatorial, provavelmente relacionado com a geografia, fluxo migratório de insetos, clima, hospedeiros entre outros fatores.

Sendo assim pode-se concluir que os resultados obtidos no estudo irão servir como alicerce para posteriores pesquisas a serem conduzidas, servindo como base para o entendimento do controle de *B. tabaci* MED, inseridos dentro de uma perspectiva de manejo integrado de pragas de forma aplicada, unindo lado a lado, a pesquisa produzida na academia com a realidade vivenciada pelo produtor no campo.

REFERÊNCIAS

- ALBERGARIA, N. M. M. S.; CIVIDANES, F. J. Exigências térmicas de *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) **Neotropical Entomology**, v. 31, p. 359-363, 2002.
- BING, X. L. *et al.* Characterization of a newly discovered symbiont of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Applied and environmental microbiology**, v. 79, n. 2, p. 569-575, 2013.
- BOYKIN, L. M. *et al.* Is agriculture driving the diversification of the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae)? Dating, diversification and biogeographic evidence revealed. **BMC Evolutionary Biology**, v. 13, n. 1, p. 228, 2013.
- COSTA, T. M., INOUE-NAGATA, A.K., VIDA, A.H., RIBEIRO, S.G., NAGATA, T. (2020) The recombinant isolate of cucurbit aphid-borne yellows virus from Brazil is a polerovirus transmitted by whiteflies. **Plant Pathology**, 69, 1042–1050, 2020
- CZEPAK, C.*et al.* Praga dos séculos: mosca-branca em tomate. **Revista Cultivar, Pelotas**, n. 55, p. 22-27, 2009.
- DE BARRO, P. J. *et al.* *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual review of entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011.
- EICHELKRAUT, K.; CARDONA, C. Biología, cria massal y aspectos ecológicos de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera: Aleyrodidae), com plaga del frijol comum. **Turrialba**, v. 39, n. 1, p. 55-62, 1989.
- EVERETT, K. D.E. *et al.* Novel chlamydiae in whiteflies and scale insects: endosymbionts 'Candidatus Fritschea bemisiae' strain Falk and 'Candidatus Fritschea eriococci' strain Elm. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 55, n. 4, p. 1581-1587, 2005.
- FAN, Y.; GRODEN, E.; DRUMMOND, F. A. Temperature-dependent development of Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) under constant and variable temperatures. **Journal of Economic Entomology**, v. 85, n. 5, p. 1762-1770, 1992.
- GHOSH, S., KANAKALA, S., LEBEDEV, G., KONTSEDALOV, S., SILVERMAN, D., ALON, T. *et al* (2019) Transmission of a new polerovirus infecting bell pepper by the whitefly *Bemisia tabaci*. **Journal of Virology**, 93, 1–14, 2019.
- GHOSH, Saptarshi; GHANIM, Murad. Factors determining transmission of persistent viruses by *Bemisia tabaci* and emergence of new virus–vector relationships. **Viruses**, v. 13, n. 9, p. 1808, 2021
- GILL, R. J. The morphology of whiteflies. In: GERLING, D. **Whiteflies: their bionomics, pest status and management**. Intercept Limited, 1990.
- GOTTLIEB, Y. *et al.* Identification and localization of a *Rickettsia* sp. in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 72, n. 5, p. 3646-3652, 2006.

HIMLER, A. G. *et al.* Rapid spread of a bacterial symbiont in an invasive whitefly is driven by fitness benefits and female bias. **science**, v. 332, n. 6026, p. 254-256, 2011.

HOROWITZ, A. R. *et al.* Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. **Journal of Pest Science**, v. 93, p. 893-910, 2020.

INOUE-NAGATA, A. K.; LIMA, M. F.; GILBERTSON, R. L. A review of geminivirus diseases in vegetables and other crops in Brazil: current status and approaches for management. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 8-18, 2016.

JIU, M. *et al.* Cryptic species identification and composition of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) complex in Henan province, China. **Journal of Insect Science**, v. 17, n. 3, p. 78, 2017.

KING, A. M. Q. *et al.* (Ed.). **Virus taxonomy: ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. Elsevier, 2011.

KLIOT, A. *et al.* Implication of the bacterial endosymbiont *Rickettsia* spp. in interactions of the whitefly *Bemisia tabaci* with Tomato yellow leaf curl virus. **Journal of virology**, v. 88, n. 10, p. 5652-5660, 2014.

KONTSEDALOV, S. *et al.* The presence of *Rickettsia* is associated with increased susceptibility of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to insecticides. **Pest management science**, v. 64, n. 8, p. 789-792, 2008.

KRAUSE-SAKATE, R. *et al.* Population dynamics of whiteflies and associated viruses in South America: Research progress and perspectives. **Insects**, v. 11, n. 12, p. 847, 2020.

LEE, W. *et al.* Taxonomic status of the *Bemisia tabaci* complex (Hemiptera: Aleyrodidae) and reassessment of the number of its constituent species. **PLoS One**, v. 8, n. 5, p. e63817, 2013.

LI, H. *et al.* Ecological Factors Associated with the Distribution of *Bemisia tabaci* Cryptic Species and Their Facultative Endosymbionts. **Insects**, v. 14, n. 3, p. 252, 2023.

LOURENÇÃO, A. L.; SAKATE, R. K.; VALLE, G. E. *Bemisia tabaci* biótipo B. In: VILELLA, E.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ, 2014.

MACLEOD, N.; CANTY, R. J.; POLASZEK, A. Morphology-based identification of *Bemisia tabaci* cryptic species puparia via embedded group-contrast convolution neural network analysis. **Systematic Biology**, v. 71, n. 5, p. 1095-1109, 2022.

Mapbiomas Brasil. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download-dos-atbds>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

MARTIN, J. H.; MIFSUD, D.; RAPISARDA, C. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean basin. **Bulletin of entomological research**, v. 90, n. 5, p. 407-448, 2000.

- MIRALDO, L. L.; MALAQUIAS, J. B.; BUENO, R. C. O. F. Interactive effects of host plant and insecticide foliar application on oviposition and performance of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) cryptic species Mediterranean (MED) and Middle East-Asia minor 1 (MEAM1) in Brazil. **Phytoparasitica**, p. 1-14, 2021.
- MITUTI, T. *et al.* Survey of begomoviruses and the crinivirus, tomato chlorosis virus, in solanaceous in Southeast/Midwest of Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 5, p. 468-472, 2019.
- MUGERWA, H. *et al.* African ancestry of New World, *Bemisia tabaci*-whitefly species. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-11, 2018.
- NAVAS-CASTILLO, J.; FIALLO-OLIVÉ, E.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Annual review of phytopathology**, v. 49, p. 219–48, 2011.
- OLIVEIRA, C. M. *et al.* Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014.
- PAN, H. *et al.* Rapid spread of Tomato yellow leaf curl virus in China is aided differentially by two invasive whiteflies. **PloS one**, v. 7, n. 4, p. e34817, 2012.
- REHMAN, M. *et al.* Occurrence of a new cryptic species of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): an updated record of cryptic diversity in India. **Phytoparasitica**, v. 49, n. 5, p. 869-882, 2021.
- SU, Q. *et al.* The whitefly-associated facultative symbiont *Hamiltonella defensa* suppresses induced plant defences in tomato. **Functional Ecology**, v. 29, n. 8, p. 1007-1018, 2015.
- THAO, M. L.; BAUMANN, P. Evolutionary relationships of primary prokaryotic endosymbionts of whiteflies and their hosts. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 6, p. 3401-3406, 2004.
- WEEKS, A. R.; BREEUWER, J. A. J. A new bacterium from the Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides phylum that causes sex ratio distortion. **Insect symbiosis**, p. 165-176, 2003.
- ZCHORI-FEIN, E.; BROWN, J. K. Diversity of prokaryotes associated with *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 95, n. 6, p. 711-718, 2002.