

**Misturas binárias entre *Beauveria bassiana* e Silicato de Potássio para controle de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) apontam seu potencial sinérgico, sob condições de campo**

**CIDE MOREIRA DA SILVA**  
Eng. Agrônomo

CIDE MOREIRA DA SILVA

**Misturas binárias entre *Beauveria bassiana* e Silicato de Potássio para controle de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) apontam seu potencial sinérgico, sob condições de campo**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

URUTAÍ – GOIÁS  
2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

S586m Silva, Cide Moreira  
Misturas binárias entre *Beauveria bassiana* e Silicato de Potássio para controle de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) apontam seu potencial sinérgico, sob condições de campo / Cide Moreira Silva; orientador Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira. -- Urutaí, 2019.  
32 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas ) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2019.

1. Sinergismo. 2. fungo. 3. Silício. 4. piretróide, Thripidae. 5. Eficiência de Controle. I. Igor de Azevedo Pereira, Dr. Alexandre , orient. II. Título.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
PROTEÇÃO DE PLANTAS

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Misturas binárias entre *Beauveria bassiana* e Silicato de Potássio para controle de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), vetor de viroses em tomateiro, apontam seu potencial sinérgico, sob condições de campo.

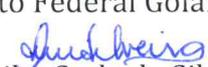
**AUTOR:** Cide Moreira da Silva

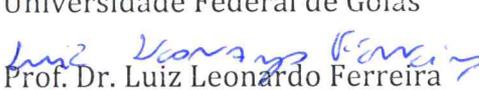
Dissertação defendida e aprovada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas.

### Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira (orientador)  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

  
Profª. Dra. Carmen Rosa Silva Curvêlo  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

  
Dra. Erika Carla da Silveira  
Universidade Federal de Goiás

  
Prof. Dr. Luiz Leonardo Ferreira  
Centro Universitário de Mineiros – Campus Mineiros

**Urutaí, 25 de fevereiro de 2019**



ppgpp.urt@ifgoiano.edu.br



(64) 3465-1912

RODOVIA GERALDO S. NASCIMENTO,  
KM 2,5  
CEP 75790-000, URUTAÍ – GO  
[www.ifgoiano.edu.br/urutai](http://www.ifgoiano.edu.br/urutai)



## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Petronílio Ferreira da Silva e Maria José Moreira da Silva que lutaram e lutam para eu alcançar os meus objetivos. Aos meus irmãos e irmãs que sempre me deram força e apoiaram nessa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido coragem e sabedoria para realização desse trabalho.

Aos meus pais, (dona Maria e seu Petronílio) e meus irmãos e irmãs que tanto me deram força para continuar e não desistir nessa jornada.

Ao meu orientador professor Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira pela orientação, paciência, apoio, ensinamento, amizade e compreensão e ter acreditado e depositado a confiança para realizarmos esse trabalho.

A minha namorada Maria Cléia Ferreira Carvalho pela força que me deu ao longo do mestrado e ter acordado todas as madrugadas fazer o café e me levar até o ponto de ônibus e pelo incentivo, apoio e carinho durante todo esse tempo que estamos juntos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano–Campus Urutaí pelos conhecimentos compartilhados apoio e incentivos.

As empresas envolvidas na concessão dos produtos avaliados no presente trabalho, bem como áreas de estudo.

A banca examinadora da presente dissertação.

Ao grupo de pesquisa que auxiliou na implantação do experimento e nas amostragens.

Por fim, a todos os meus colegas mestrando que estiveram junto comigo nessa batalha.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	3
MATERIAL E MÉTODOS .....	4
RESULTADOS.....	9
DISCUSSÃO .....	15
CONCLUSÕES.....	20
AGRADECIMENTOS .....	21
REFERÊNCIAS .....	22

## RESUMO

Espécies da ordem Thysanoptera podem transmitir tospovirose irreversíveis ao tomateiro, provocando o sintoma conhecido como vira-cabeça-do-tomateiro. Esses insetos são abundantes em regiões tropicais e considerados praga-chave em plantios de tomate para processamento industrial no estado de Goiás, Brasil. Casos de resistência à inseticidas apontam que o manejo de trips deve ser urgentemente repensado em lavouras comerciais. Pesquisas sobre o potencial de novas ferramentas de controle de trips podem esclarecer sobre técnicas mais adequadas à filosofia do Manejo Integrado de Pragas. O objetivo foi avaliar a eficiência de controle (EC%) em *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) através da pulverização do fungo *Beauveria bassiana* (Bb), do indutor de resistência Silicato de Potássio (SilK) e do inseticida Polytrin de forma isolada, ou através de misturas binárias, em duas áreas de produção de tomate, no estado de Goiás, situadas nos municípios de Pires do Rio e Orizona. A aplicação dos tratamentos isolados (1) Bb, (2) SilK e (3) Polytrin ou em misturas (4) Bb+SilK, (5) Polytrin+SilK e (6) Bb+Polytrin ocorreu por intermédio de um delineamento experimental tipo DBC com quatro repetições. O tratamento controle foi SilK por razões apresentadas na discussão. Amostras dos trips em bandejas plásticas brancas ocorreram aos 0, 1, 7 e 14 dias após a aplicação dos tratamentos. A EC% de cada produto (e combinação entre eles) diferiu em todos os intervalos de tempo avaliados em ambas as áreas. O tratamento Bb+SilK originou maior EC% de *Frankliniella occidentalis* no tomateiro a partir de 24 horas após a aplicação ( $95,00 \pm 5,00\%$  e  $74,62 \pm 1,62\%$ , em Pires do Rio e Orizona, respectivamente). Esse tratamento manteve maiores EC%, em ambas as áreas, até o final do período experimental. Em Pires do Rio e Orizona ocorreu resposta linear no decréscimo da EC% para Bb+Polytrin. Apenas em Orizona, o inseticida Polytrin apresentou respostas lineares decrescentes para a EC%. Análises de agrupamento indicaram que Bb e SilK, considerados cada um de forma isolada, foram homogêneos entre eles em ambas as áreas. Quando em mistura binária, Bb+SilK apresentou maior heterogeneidade em comparação a todos os outros tratamentos. Evidências sobre o sinergismo entre Bb e Silk são apontadas com grandes perspectivas para uso em programas de Manejo Integrado de Pragas em plantas de tomate para processamento industrial.

**Palavras-chave:** Sinergismo, fungo, Silício, piretróide, Thripidae, Eficiência de Controle, *Solanum lycopersicum*.

## ABSTRACT

Species of the order Thysanoptera may transmit irreversible tospoviroses to the tomato, provoking the symptom known as tomato spotted wilt. These insects are adapted to tomato crops in the tropics and are a key pest in tomato plantations for industrial processing in the state of Goiás, Brazil. Cases of resistance to insecticides indicate that the management of thrips should be urgently rethought in commercial crops. Research on the potential of new thrips control tools can clarify techniques most appropriate to the Integrated Pest Management philosophy. The objective was to evaluate the control efficiency (CE%) in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) by spraying the fungus *Beauveria bassiana* (Bb), the resistance inducer Potassium Silicate (SilK) and the Polytrin insecticide in isolation, or through binary mixtures, in two areas of tomato production in the state of Goiás, located in the municipalities of Pires do Rio and Orizona. The application of the isolated treatments (1) Bb, (2) SilK and (3) Polytrin or in binary mixtures (4) Bb+SilK, (5) Polytrin+SilK, and (6) Bb+Polytrin occurred by means of an experimental design type DBC with four replicates. The control treatment was SilK for reasons presented in the discussion. Samples of the thrips in white plastic trays occurred at 0, 1, 7 and 14 days after application of the treatments. The CE% of each product (and combination between them) differed at all time intervals evaluated in both areas. The Bb+SilK treatment gave a higher CE% of *Frankliniella occidentalis* in tomato plants from 24 hours after application ( $95.00 \pm 5.00\%$  and  $74.62 \pm 1.62\%$  for Pires do Rio and Orizona, respectively). This treatment maintained higher EC%, in both areas, until the end of the experimental period. In Pires do Rio and Orizona there was a linear response in the decrease of CE% for Bb+Polytrin. Only in Orizona, Polytrin insecticide presented linear decreasing responses to EC%. Cluster analyzes indicated that Bb and SilK, each considered in isolation, were totally homogeneous among them in both areas. When in binary mixture, Bb+SilK showed greater heterogeneity compared to all other treatments. Evidence on the synergism between Bb and SilK is pointed out with great perspectives for use in Integrated Pest Management programs in tomato plants for industrial processing.

**Key words:** Synergism, fungus, silicon, pyrethroid, Thripidae, Control Efficiency, *Solanum lycopersicum*.

## INTRODUÇÃO

A planta de tomate, *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae), que gera frutos para processamento industrial é associada com a frequente incidência de insetos e doenças. Muitos insetos que incidem no tomateiro, horas após o transplante das mudas no campo, possuem potencial de causar danos diretos, bem como indiretos por atuarem como vetores de fitopatógenos (Pratissoli et al 2015). Espécies da ordem Thysanoptera, gênero *Frankliniella*, destacam-se por transmitir tospoviroses irreversíveis ao tomateiro, provocando o sintoma conhecido como vira-cabeça-do-tomateiro. Apenas 14 espécies de tripes, entre 1710 espécies reconhecidas da família Thripidae, são registradas como transmissoras de tospoviroses, mas com estimativas de perdas de US\$1,4 bilhões em apenas uma década nos Estados Unidos (Riley et al. 2011). Esses insetos também são adaptados aos plantios de tomate nos trópicos e há cerca de três anos deixou de ser uma praga secundária para tornar-se praga chave em plantios de tomate no estado de Goiás (Moura et al. 2014). Casos de resistência à inseticidas registrados em várias espécies de tripes (Gao et al. 2011) apontam que o manejo desse inseto-praga deve ser urgentemente repensado em lavouras comerciais de tomate no Brasil.

As condições de plantio estabelecidas em lavouras de tomate no estado de Goiás, um dos líderes brasileiros na produção e beneficiamento do tomate industrial (Moura et al. 2014, Camargo Filho & Camargo 2017), permitem o uso de formas alternativas de controle de insetos. A grande maioria das lavouras de tomate para processamento industrial no Brasil são irrigadas por pivô central, facilitando o manejo da umidade do ar através das irrigações. Esse fator ambiental é determinante para a eficiência de produtos microbiológicos que atuam como parasitas de insetos. Todavia, o controle microbiológico de tripes vetores de viroses ainda é inexpressivo em lavouras comerciais de tomate. A recomendação unilateral de produtos de proteção de plantas, que as agroindústrias sugerem aos fornecedores de matéria prima, dificulta o uso de tecnologias alternativas de controle de pragas (Assunção et al. 2013). Portanto, pesquisas demonstrando o potencial de novas ferramentas de controle de tripes podem convencer sobre a necessidade de se utilizar alternativas mais adequadas à filosofia do Manejo Integrado de Pragas para insetos vetores de viroses no tomateiro.

O presente trabalho traz como proposta a avaliação da eficiência de controle do fungo parasita de insetos, *Beauveria bassiana*, do inseticida Polytrin (registrado no MAPA do Brasil para controle de tripes em tomate) e do Silicato de Potássio, de forma isolada ou sob misturas

binárias, para controle do tripses em tomateiro. O fungo *B. bassiana* tem demonstrado eficiência no controle de insetos sugadores, como os da família Thripidae, espécie *Frankliniella occidentalis*, além de demonstrarem seletividade a inimigos naturais (Wu et al. 2014). Além disso, indutores de resistência vegetal, como o  $K_2SiO_3$ , possuem potencial em atuar de forma sinérgica com fungos entomopatógenos. O sinergismo entre produtos de origem silicatada e fungos parasitas de insetos tem sido demonstrado através de uma amplitude de interações, como a quebra de barreiras lipídicas na cutícula dos insetos, facilitando a penetração e colonização dos fungos (Storm et al. 2016). O sinergismo entre o fungo Bb e  $K_2SiO_3$  aumentou a susceptibilidade a infecções fúngicas e, portanto, mortalidade do ácaro-rajado por meio da maior resistência induzida em plantas mono e dicotiledôneas (Gatarayiha et al. 2010). Compostos silicatados também possuem potencial de conferir maior termotolerância a esporos de fungos parasitas de insetos, inclusive, aumentando sua virulência e patogenicidade (Kim et al. 2014).

Uma alternativa viável para impedir a evolução de casos de resistência de tripses a inseticidas é a exploração do uso em mistura de produtos de diferentes naturezas químicas e biológicas, com reconhecida ação no controle de pragas (Gao et al. 2011) ou que promovam determinado grau de resistência às plantas (Reynolds et al. 2016). Esse tipo de informação pode ser útil para a cadeia produtiva do tomate para processamento industrial no sentido de atualizar suas técnicas de controle de insetos de forma mais conectada ao Manejo Integrado de Pragas.

## OBJETIVOS

Diante da necessidade de se investigar os efeitos de prováveis relações sinérgicas entre produtos de diferentes naturezas, esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de controle do trips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), transmissor de viroses através da pulverização do fungo *Beauveria bassiana*, do indutor de resistência Silicato de Potássio e do inseticida Polytrin de forma isolada, ou através de misturas binárias, sob condições de campo em duas áreas de produção de tomate no estado de Goiás.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local experimental

O experimento foi conduzido em duas áreas comerciais de tomate industrial localizadas nos municípios de Pires do Rio (latitude: 17° 17' 59" S, longitude: 48° 16' 46" W e altitude: 758m) e Orizona (latitude: 17° 01' 53" S, longitude: 48° 17' 45" W e altitude: 806m) (áreas 1 e 2, respectivamente), ambas no sudeste do estado de Goiás, Brasil. Os proprietários de ambas as áreas detinham de contrato de promessa de compra e venda da matéria prima com a agroindústria de atomatados Heinz (H.J. Heinz Company) sediada no município de Nerópolis (GO). Em ambas as propriedades, o híbrido de tomate industrial Heinz 9553 foi cultivado. O espaçamento adotado foi de 0,29 m (Pires do Rio) e 0,30 m (Orizona) entre plantas e, entre fileiras simultâneas, o espaçamento foi de 0,60 m e 1,20 m (Pires do Rio) e 0,70 m e 1,30 m (Orizona). Plantas de tomate para processamento industrial são conduzidas com dois diferenciados espaçamento entre linhas de plantio, devido às exigências da colheita que é mecanizada, sem afetar sua produtividade (Awas et al 2010). Informações comparativas entre as duas áreas avaliadas, tais como características climáticas, manejo da irrigação, tamanho (ha), histórico de uso da terra, bem como infestação inicial (aos 0 dias após a aplicação dos tratamentos) são descritas (Tabela 1).

### Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado, em ambas as áreas, foi em blocos casualizados com quatro repetições. A parcela experimental foi constituída por 16 plantas de tomateiro industrial e com comprimento de 10 metros. O espaçamento adotado foi de 0,30 x 1,20 m em fileira simples. A bordadura entre tratamentos dentro dos blocos foi de 2 m e constituiu-se de plantas que não foram avaliadas. As mudas foram transplantadas de forma semi-mecanizada com uma transplantadora (marca Ferrari, modelo FX) com quatro unidades de transplântio espaçadas a 1,2 m entre linhas e capacidade para 36 bandejas. Aos 20 dias após o transplântio foi realizada adubação de cobertura na dose de 30 g/planta com 12-06-12 (N-P-K). Aos 40, 60, 80 e 100 dias após o transplântio foram realizadas adubações de cobertura na dose de 30 g/planta com 12-00-12 (N-P-K).

**Tabela 1.** Características envolvendo o clima, manejo de irrigação, histórico agrícola, tamanho da área, paisagem agrícola, infestação inicial de *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) e número de cultivos entre as duas áreas de produção de tomate para processamento industrial onde o experimento foi realizado, localizadas nos municípios de Pires do Rio e Orizona, ambas no estado de Goiás, Brasil

Pires do Rio					Orizona				
Umidade relativa do ar (%)									
Dia 0	+1 dia	+7 dias	+14 dias	Média	Dia 0	+1 dia	+7 dias	+14 dias	Média
78	62	75	77	73	68	59	71	66	66
Temperatura atmosférica (°C)									
Dia 0	+1 dia	+7 dias	+14 dias	Média	Dia 0	+1 dia	+7 dias	+14 dias	Média
28	27	29	27	27,75	25	22	23	26	24
Tipo de irrigação (turno de rega)									
Pivô Central (3 dias)					Pivô Central (4 dias)				
Safrá anterior									
Soja					Milho doce				
Tamanho da área (ha)									
55					120				
Paisagem agrícola (uso da área)									
Apenas tomate industrial					Apenas tomate industrial				
Infestação média de tripes por planta na testemunha (dia 0)									
0,42					0,70				
Número de cultivos com tomate industrial nos últimos 5 anos									
4					5				

### Aplicação e natureza dos produtos

A aplicação dos tratamentos isolados (1) *Beauveria bassiana* (Bb), (2) Silicato de Potássio (SilK) e (3) Polytrin ou em misturas binárias (4) Bb+SilK, (5) Polytrin+SilK e (6) Bb+Polytrin foi realizada com pulverizador costal de 20 L sobre as folhas de tomate nas parcelas até o ponto de escorrimento. Todos os aplicadores envolvidos utilizaram os equipamentos apropriados para proteção individual (EPI) seguindo as normas da legislação brasileira. A fonte de Bb utilizada foi proveniente do produto comercial BeauveControl® (Simbiose®, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 3816) com o isolado IBCB 66 (2 x 10<sup>8</sup> UFC/g de produto) (4 g/kg e 4% m/m) na formulação pó molhável (WP) de classificação toxicológica (IV-pouco tóxico) e periculosidade ambiental classe IV (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Bb utilizada foi de 2,5g de Bb L<sup>-1</sup> de água. O SilK utilizado foi o produto Silício Foliar comercializado pela empresa Solo Fértil SP

Comercial Agrícola Ltda (São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 0944610000-9). O produto Silicato de Potássio ( $K_2SiO_3$ ) possui 12% de peso de Silício (Si) e 15% de peso em Potássio ( $K_2O$ ). A dose do SilK utilizada foi de 0,4 L de  $K_2SiO_3$  100 L<sup>-1</sup> de água. O inseticida/acaricida Polytrin<sup>®</sup> (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, Brasil) possui em sua composição: 40% de Profenofós (um organofosforado inseticida/acaricida) e 4% de Cipermetrina (inseticida piretróide) na formulação Concentrado Emulsionável (EC) e registro no MAPA do Brasil nº 009507. Possui classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e periculosidade ambiental de nível II (muito perigoso ao meio ambiente). O Polytrin foi aplicado na dose de 7,5 L ha<sup>-1</sup> com volume de calda de 300 L ha<sup>-1</sup> segundo recomendação técnica para o tripes *Frankliniella schultzei* em tomate industrial.

### **Amostragem de tripes e identificação**

Antes das pulverizações (0 dias após a aplicação, daa) e aos 1, 7 e 14 daa, a população de tripes foi contabilizada através da batida de brotos terminais do terço superior das plantas em bandejas plásticas (30 cm largura x 40 cm comprimento) de coloração branca. Esse tipo de amostragem é representativo, prático e comumente utilizado para acessar populações de tripes em hortaliças (Bacci et al. 2008). 10 plantas por parcela experimental foram avaliadas com um total de 960 amostras em todo o período experimental. Logo após a contagem dos tripes através das amostragens em bandejas, todos os indivíduos amostrados em campo foram imediatamente armazenados em recipientes plásticos (200 mL) contendo álcool 70% e trazidos para laboratório onde morfo-espécies foram individualizadas. A identificação para fins de confirmação da espécie foi realizada através de amostras montadas em lâminas enviadas para o taxonomista Dr. Élisson F.B. Lima (Universidade Federal do Piauí). 90% do total de tripes amostrados foram adultos e 95% pertencentes à espécie *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) e 5% pertencentes à espécie *Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae). *Frankliniella occidentalis* geralmente são as espécies de tripes dominantes em plantios de tomate (Cho et al. 1995). Portanto, para não perder amostras da população de tripes para fins de executar os cálculos de eficiência de controle, os 10% de ninfas foram contabilizadas como adultos e os 5% dos adultos identificados como *F. schultzei* foram contabilizados como *F. occidentalis*.

## Parâmetro quantificado e análises estatísticas

Após a contagem do número de tripes por amostra, em função dos tratamentos e dos intervalos de tempo (dias após a aplicação) calculou-se a percentagens de eficiência de controle (EC) (%) dos tratamentos empregando-se a fórmula de Hedderson-Tilton (1955), onde:  $EC (\%) = 100 \times [1 - (\text{NIV na testemunha antes da aplicação} \times \text{NIV no tratamento depois da aplicação} / \text{NIV na testemunha depois da aplicação} \times \text{NIV no tratamento antes da aplicação})]$ . NIV = número de insetos vivos. Essa foi a principal variável resposta quantificada no presente trabalho. Diversas características contrastantes entre as áreas experimentais 1 e 2 (vide Tabela 1) não tiveram como ter sido controladas durante as avaliações. Portanto, os resultados acerca do efeito das variáveis independentes (tratamentos) foram descritos, analisados e comparados para cada área, mas não entre as duas áreas.

Os dados quantificados foram plotados em gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação dos mesmos. Adicionalmente, a normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SAEG<sup>®</sup> (Ribeiro Junior & Melo 2009). De acordo com esse procedimento, a eficiência de controle (EC) não seguiu distribuição normal e, portanto, foi transformada em  $\log(x+1)$ . Nesse caso, os desvios padrões das amostras foram proporcionais às suas médias (Feng et al. 2014). Adicionalmente, utilizou-se o Coeficiente de Variação (CV) como indicativo para diagnosticar o acerto na transformação dos dados reais para  $\log(x+1)$ . Dessa forma, a transformação foi considerada válida quando o CV dos dados transformados foi apresentado menor que o valor do CV dos dados reais (Reed et al. 2002). A análise de variância e a comparação entre médias dos tratamentos foram realizadas na escala transformada, porém, os resultados descritos nas figuras e tabelas permaneceram em escala original.

Os cálculos de EC (%) só foram realizados após eliminação de *outliers* e transformação dos dados originais. Posteriormente, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e ao teste de média de Scott-Knott a 5% de significância. Modelos lineares e quadráticos de regressão foram avaliados para melhor ajuste dos dados através da observância aos valores do coeficiente de determinação ajustados ( $R^2$ ) para cada modelo através do software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc). Adicionalmente uma análise de agrupamento Mahalanobis, através do software software SAEG<sup>®</sup>, foi realizada por levar em consideração as covariâncias residuais entre as variáveis dependentes e independentes envolvidas com o objetivo de classificar os seis

tratamentos em grupos em função da variável dependente (EC%) de modo que se verifique a existência de homogeneidade dentro de cada grupo, bem como possível heterogeneidade.

## RESULTADOS

### Área experimental de Pires do Rio, Goiás

A eficiência de controle de cada produto (e combinação entre eles) diferiu significativamente em todos os intervalos de tempo avaliados (+1 dia, +7 dias e +14 dias) (Tabela 2). Após 24 horas (+1 dia) de aplicação, o tratamento Bb+SilK (T4) originou maior eficiência no controle de *Frankliniella occidentalis* no tomateiro ( $95,00 \pm 5,00\%$  de controle) em comparação com os demais tratamentos (Tabela 2). Os tratamentos compostos por Polytrin (T2), Polytrin+SilK (T5) e Bb+Polytrin (T6) demonstraram eficácia intermediária ao tratamento T3 (testemunha), com variação entre 75,92 a 81,58% de controle. O tratamento T3 originou eficácia de 35,25% e a pulverização nas plantas de tomateiro apenas com Bb (T1) originou eficácia de, apenas, 21% (Tabela 2). Esse último tratamento foi o menos eficiente no intervalo +1 dia após a aplicação.

Aos 7 dias após a aplicação (+7 dias) a eficácia do T4 (Bb+SilK) reduziu de 95 para 62,25% (Tabela 2). Esse foi o tratamento com maior perda de eficiência no intervalo entre 1 dia de aplicação e 7 dias. Por outro lado, o tratamento T2 (Polytrin) aos 7 dias após a aplicação inicial manteve-se com eficiência de 78,25%, sendo aquele mais eficiente entre os demais tratamentos no intervalo de 7 dias após a aplicação (Tabela 2). Os tratamentos contrastantes, diga-se, de menor eficiência aos 7 dias após a aplicação, foram Bb+Polytrin (T6) e Bb (T1) (Tabela 2).

Aos 14 dias após a aplicação, um novo padrão de resposta quanto à eficiência dos produtos avaliados foi observado, com o tratamento T4 (Bb+SilK) sendo aquele de maior eficiência ( $48,00 \pm 2,67\%$ ) entre os demais avaliados (Tabela 2). Nenhum dos produtos avaliados nesse intervalo de tempo conseguiu manter eficácia de controle acima de 50%. Os três tratamentos com eficácia mais baixa no final do período experimental foram o T1 (Bb), T3 (SilK), T2 (Polytrin) e o T5 (Polytrin+SilK), respectivamente (Tabela 2).

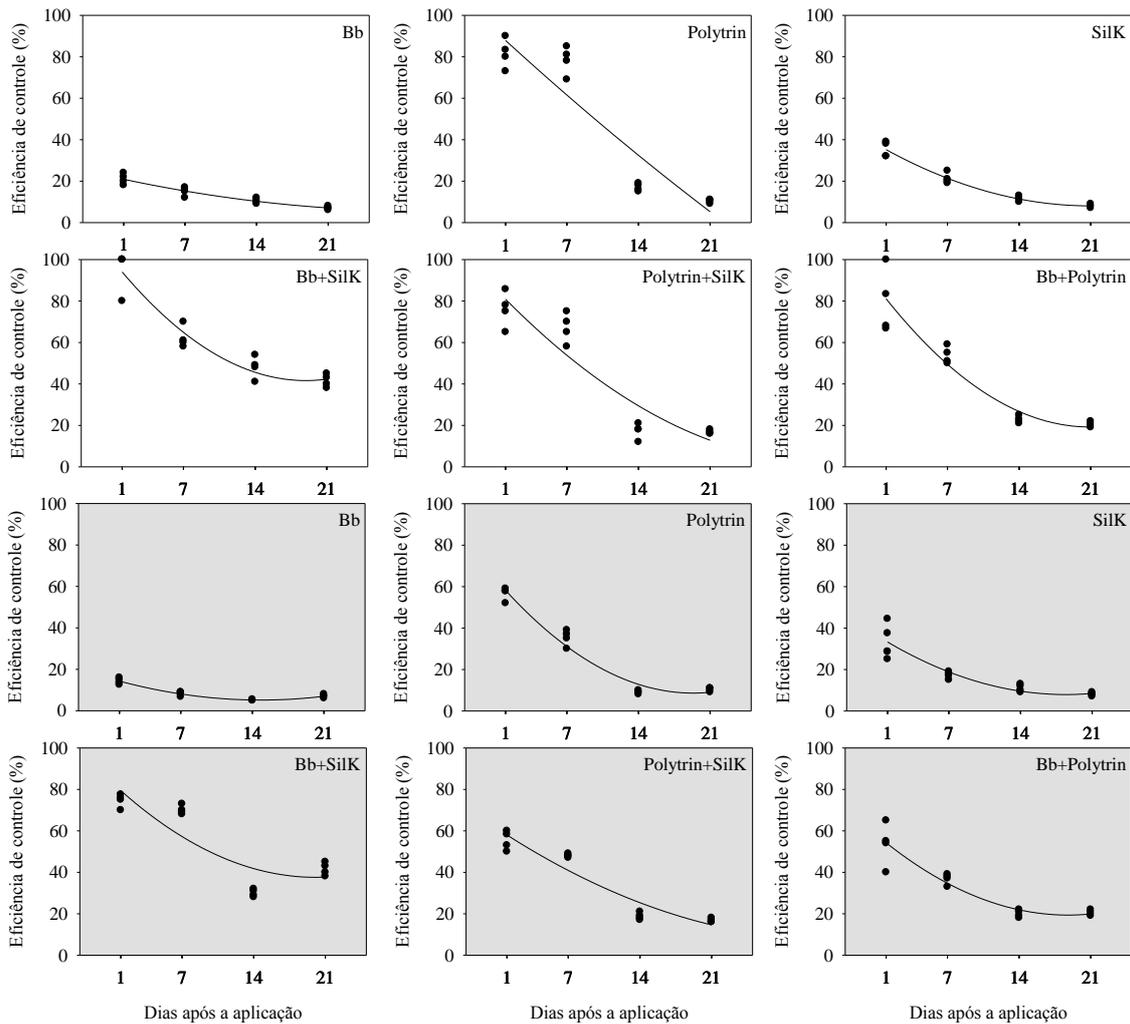
Análises de regressão considerando a eficiência (variável dependente) dos seis tratamentos avaliados em função do intervalo de tempo de 1, 7 e 14 dias após a aplicação demonstraram que todos os produtos avaliados tiveram redução de eficácia ao longo do período experimental (Figura 1). Modelos quadráticos de regressão se ajustaram às respostas observadas nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 (Figura 1). Entre esses modelos quadráticos,

observou-se diferenças marcantes de comportamento, sendo o tratamento T4 (Bb+SilK) aquele que originou maior eficácia no intervalo +1 dia e no intervalo +14 dias (Figura 1). Após 7 dias da aplicação, o tratamento T2 (Polytrin) foi aquele com maior eficiência. Apenas no tratamento Bb+Polytrin (T6) o comportamento da variável eficiência (%), ao longo do período experimental, ajustou-se a um modelo de regressão linear decrescente (Figura 1).

**Tabela 2.** Eficiência de Controle (EC%) (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) do trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) em função de três intervalos de dias após a aplicação dos tratamentos, de forma isolada ou sob mistura binária, nos municípios de Pires do Rio e Orizona, estado de Goiás, Brasil

Pires do Rio (estado de Goiás, Brasil)				
Tratamentos (T)	Média $\pm$ EP			
	+1 dia	+7 dias	+14 dias	+21 dias
T1: Bb	21,00 $\pm$ 1,29 d	15,00 $\pm$ 1,08 d	10,50 $\pm$ 0,64 d	7,00 $\pm$ 0,21 d
T2: Polytrin	81,58 $\pm$ 3,53 b	78,25 $\pm$ 3,40 a	17,00 $\pm$ 0,91 c	10,25 $\pm$ 0,12 c
T3: SilK	35,25 $\pm$ 1,88 c	21,25 $\pm$ 1,31 d	11,50 $\pm$ 0,64 d	8,00 $\pm$ 0,33 d
T4: Bb+SilK	95,00 $\pm$ 5,00 a	62,25 $\pm$ 2,65 b	48,00 $\pm$ 2,67 a	41,50 $\pm$ 4,34 a
T5: Polytrin+SilK	75,92 $\pm$ 4,28 b	67,00 $\pm$ 3,62 b	17,25 $\pm$ 1,88 c	16,75 $\pm$ 3,81 c
T6: Bb+Polytrin	79,50 $\pm$ 7,80 b	53,75 $\pm$ 2,05 c	22,75 $\pm$ 0,85 b	20,50 $\pm$ 3,32 b
F	45,43	130,54	86,73	78,03
P	0,02	0,02	0,02	0,01
CV	13,48	9,07	14,07	12,21
Orizona (estado de Goiás, Brasil)				
Tratamentos (T)	Média $\pm$ EP			
	+1 dia	+7 dias	+14 dias	+21 dias
T1: Bb	14,27 $\pm$ 0,76 d	8,15 $\pm$ 0,53 e	5,12 $\pm$ 0,13 d	4,25 $\pm$ 0,14 d
T2: Polytrin	56,67 $\pm$ 1,58 b	35,25 $\pm$ 1,93 c	9,00 $\pm$ 0,40 c	5,15 $\pm$ 0,19 c
T3: SilK	33,87 $\pm$ 4,39 c	17,25 $\pm$ 0,85 d	11,00 $\pm$ 0,91 c	6,20 $\pm$ 0,45 d
T4: Bb+SilK	74,62 $\pm$ 1,62 a	70,00 $\pm$ 1,08 a	45,00 $\pm$ 0,91 a	38,00 $\pm$ 3,88 a
T5: Polytrin+SilK	55,31 $\pm$ 2,31 b	48,00 $\pm$ 0,40 b	18,75 $\pm$ 0,85 b	12,25 $\pm$ 2,80 c
T6: Bb+Polytrin	53,50 $\pm$ 5,13 b	36,75 $\pm$ 1,31 c	23,00 $\pm$ 0,91 b	18,50 $\pm$ 2,95 b
F	41,60	377,04	169,96	108,55
P	0,02	0,01	0,02	0,01
CV	13,55	6,32	8,89	11,25

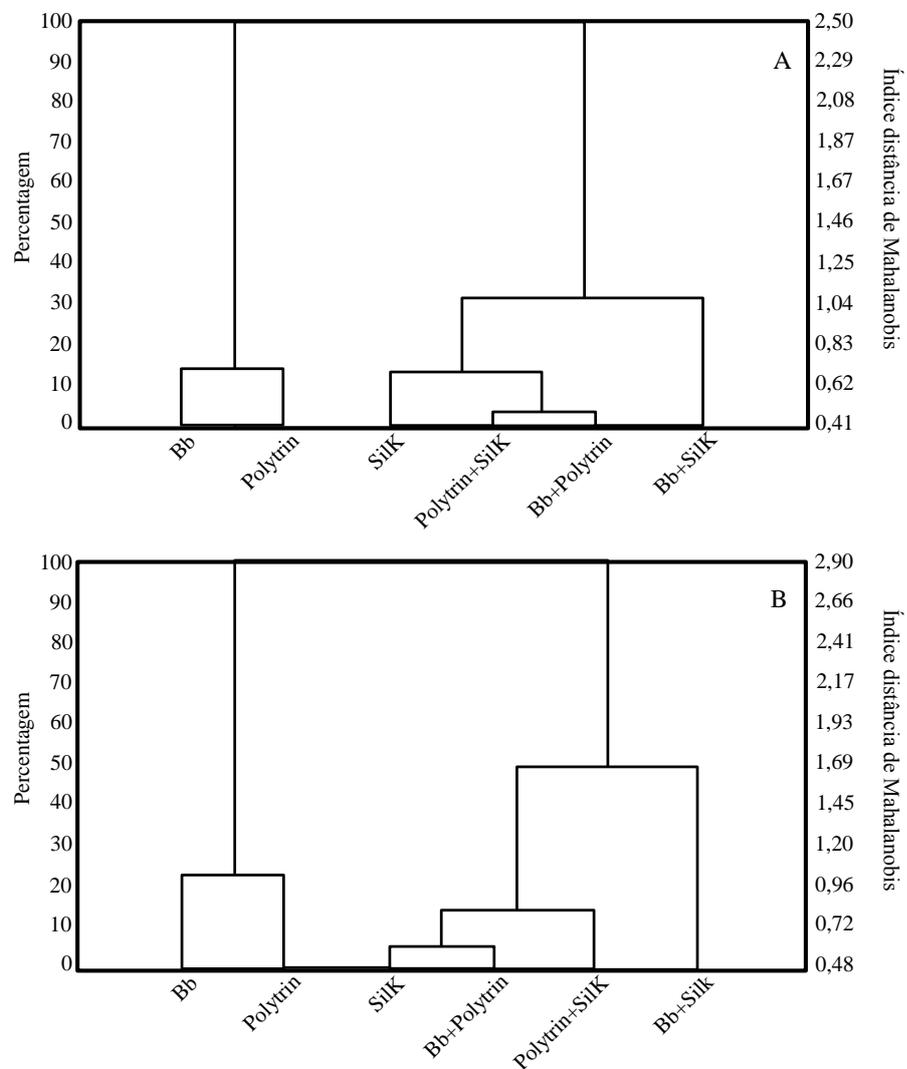
<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.



**Figura 1.** Análise de regressão para a Eficiência de Controle (EC%) do trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) em função de três intervalos de dias após a aplicação dos tratamentos, de forma isolada ou sob mistura binária, nos municípios de Pires do Rio (fundo branco) e Orizona (fundo cinza), estado de Goiás, Brasil. Bb (*Beauveria bassiana*) e Silk (Silicato de Potássio). Equações de regressão e coeficientes de determinação para os tratamentos utilizados na área de Pires do Rio:  $y=2,19-1,08x+0,01x^2$ ,  $R^2=0,91$  (Bb),  $y=0,91-4,13x$ ,  $R^2=0,85$  (Polytrin),  $y=3,79-2,87x+0,06x^2$ ,  $R^2=0,96$  (SilK),  $y=1,00-6,16x+0,16x^2$ ,  $R^2=0,92$  (Bb+SilK),  $y=8,59-5,14x+0,07x^2$ ,  $R^2=0,84$  (Polytrin+SilK) e  $y=8,74-6,52x+0,15x^2$ ,  $R^2=0,90$  (Bb+Polytrin). Equações de regressão e coeficientes de determinação para os tratamentos utilizados na área de Orizona:  $y=1,56-1,41x+0,04x^2$ ,  $R^2=0,93$  (Bb),  $y=6,30-5,70x+0,14x^2$ ,  $R^2=0,96$  (Polytrin),  $y=3,62-3,08x+0,08x^2$ ,  $R^2=0,85$  (SilK),  $y=8,39-4,62x+0,11x^2$ ,  $R^2=0,78$  (Bb+SilK),  $y=6,12-3,24x+0,04x^2$ ,  $R^2=0,89$  (Polytrin+SilK) e  $y=5,83-$

$4,14x+0,11x^2$ ,  $R^2=0,88$  (Bb+Polytrin).

A análise de agrupamentos hierárquicos, por meio da distância Euclidiana média, apontou que o tratamento T4 (Bb+SilK) diferiu marcadamente entre os demais tratamentos (Figura 2A). Os tratamentos T1 (BB) e T3 (Si) foram enquadrados em um grupo distinto dos demais tratamentos (T2, T4, T5 e T6), formando o segundo grupo contrastante. Dentro desse segundo grupo contrastante, o uso do inseticida Polytrin (T2) foi contrastante com os demais tratamentos (T4, T5 e T6). Por fim, os tratamentos T5 e T6 foram os que apresentaram menor distância Euclidiana e, portanto, foram muito próximos entre si (Figura 2A).



**Figura 2.** Dendrogramas, com base nas distâncias de Mahalanobis, a partir dos dados originais da Eficiência de Controle (%) do trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) em função da aplicação dos tratamentos, de forma isolada ou sob mistura binária, nos

municípios de Pires do Rio (A) e Orizona (B), estado de Goiás, Brasil. Bb (*Beauveria bassiana*) e Silk (Silicato de Potássio).

### Área experimental de Orizona, Goiás

A eficiência dos tratamentos pulverizados, visando o controle do trips *Frankliniella occidentalis* em tomateiro industrial, variou para cada intervalo de amostragem dessa praga (Tabela 2). A combinação dos tratamentos Bb+SilK (T4) originou maior eficiência de controle ( $74,62 \pm 1,62\%$ ) entre os tratamentos no intervalo de +1 dia após a aplicação. A menor eficiência foi observada no tratamento com aplicação isolada de Bb (T1) com eficácia de  $14,27 (\pm 0,67\%)$ . O indutor de resistência SilK (T3) aplicado de forma isolada surtiu eficácia de  $33,87 (\pm 4,39\%)$  configurando-se como a segunda pior eficiência (Tabela 2). Enquanto que os demais tratamentos T2, T5 e T6 originaram valores de eficiência de controle da população de trips intermediária, com variação entre 53,50 a 56,67 % (Tabela 2).

O tratamento T4 (Bb+SilK) foi aquele onde a eficiência de controle apresentou menor declínio (7% de perda) no intervalo de sete dias após a pulverização (Tabela 2). Todos os demais tratamentos tiveram declínios marcantes na sua eficiência, com valores de 42,88% (T1, Bb), 37,79% (T2, Polytrin), 49,06% (T3, SilK), 13,21% (T5, Polytrin+SilK) e 31,30% (T6, Bb+Polytrin) (Tabela 2).

O maior valor para a eficiência dos produtos avaliados no controle da população de *F. occidentalis* em tomate industrial, aos 14 dias após a aplicação, foi 30 ( $\pm 0,91\%$ ) para o T4 (Bb+SilK) (Tabela 2). O fungo entomopatogênico Bb aplicado de forma isolada (T1) proporcionou menor eficácia (apenas 5,12%) entre todos os tratamentos avaliados após 14 dias de aplicação. Na sequência, o inseticida Polytrin e o SilK isolado foram os tratamentos com menores eficiências aos 14 dias após a aplicação (9 e 11%, respectivamente). Os demais tratamentos combinados com o inseticida Polytrin (T5 e T6) tiveram eficácia intermediária, variando entre 18,75 a 20% (Tabela 2).

Os modelos de regressão que melhor se ajustaram aos resultados encontrados (eficácia x tempo de avaliação) foram quadráticos (para os tratamentos T1, T3, T4 e T5) e lineares (T2 e T6) (Figura 1). Bb+SilK proporcionou maiores valores de eficácia em todos os intervalos de tempo avaliados, mas quando o fungo Bb foi considerado de forma isolada, menores valores de eficácia foram observados (Figura 1).

Dois grupos contrastantes foram observados após análise de agrupamento hierárquico entre a eficácia geral dos tratamentos (Figura 2B). O primeiro grupo compreendido pelos tratamentos T1 e T3 (semelhantes entre si) e um segundo grupo compreendido entre os tratamentos T2, T6, T5 e T4. Dentro desse segundo grupo, os tratamentos T2 e T6 foram semelhantes entre si, o T5 diferente entre esses dois e o T4 diferente entre todos os demais tratamentos (Figura 2B).

## DISCUSSÃO

Os valores de eficiência de controle para *Frankliniella occidentalis* foram numericamente distintos nas duas áreas agrícolas avaliadas no presente trabalho, com os mesmos tratamentos utilizados e a mesma genética da planta de tomate envolvida (cv. Heinz 9553). Isso pode demonstrar uma necessidade de que as recomendações e o uso de produtos de proteção vegetal deveriam respeitar (em uma escala local) as características climáticas, os níveis de controle estabelecidos para determinadas pragas, bem como o histórico de uso da terra para cada propriedade rural. Na prática, o que ocorre no estado de Goiás um dos maiores produtores de tomate industrial no Brasil (Camargo Filho & Camargo 2017) é a recomendação unilateral de insumos por parte das agroindústrias através de contratos de compra e venda assinados previamente ao plantio do tomate em campo (Assunção et al. 2013). Essa recomendação geralmente não respeita as diferenças inerentes à cada microrregião onde os fornecedores de matéria prima estão situados. Talvez devido a mentalidade que produtos químicos sintéticos são mais eficientes, o que muitas vezes não é verdade como comprovado no presente trabalho. Adicionalmente, produtos microbiológicos (como o Bb) e indutores de resistência (como o SilK) não fazem parte do portfólio de defensivos agrícolas recomendados por agroindústrias que processam o tomate. Dessa forma, a eficiência desses produtos não é comumente avaliada sob condições de campo. Portanto, o presente trabalho aponta, com caráter inédito e certa urgência, a adoção de novos agentes de proteção de plantas para o manejo de tripses em lavouras comerciais de tomate industrial no Brasil.

A mistura entre Bb+SilK apresentou valores superiores de EC% e por mais tempo para o tripses em comparação ao inseticida Polytrin, que é comumente recomendado. Essa mudança de perspectiva no manejo fitossanitário do tomate pode vir a ser uma estratégia importante para reduzir os casos de resistência de Thripidae a inseticidas, comumente observados em plantas de tomate (Gao et al. 2012). Casos de seletividade a inimigos naturais por *Beauveria bassiana* também são reportados na literatura, demonstrando o potencial de especificidade que fungos entomopatogênicos possuem no controle de tripses transmissores de víruses, bem como na preservação de inimigos naturais (Wu et al. 2014).

Os inseticidas registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil para controle de tripses em tomate, como o Polytrin (que possui Profenofós e Cipermetrina na sua composição) possuem, de maneira geral, baixa persistência sob condições de campo.

Taxas de dissipação para o acaricida Profenofós e o inseticida Cipermetrina em um intervalo de apenas sete dias foram de 98,4% e 73,5%, respectivamente, com *half life* de apenas 1,35 e 4,11 dias, respectivamente (Nath et al. 2005). O que, em parte, justifica o grande número de aplicações de xenobióticos utilizados em lavouras de tomate no Brasil e no Mundo. Inseticidas dos grupos químicos organofosforados e, principalmente, piretróides são reconhecidos como de baixo impacto residual (Nath et al. 2005) devido a, dentre outros fatores, sua susceptibilidade à biodegradação (Javaid et al. 2016). Isso pode explicar a sua baixa eficiência de controle quando considerado isoladamente ao final do período experimental (14 daa), para ambas as áreas investigadas. A perda de eficiência de controle do inseticida isolado Polytrin no município de Orizona, ao longo do tempo, apresentou-se de forma característica através de um decréscimo linear. Isso pode ter ocorrido não apenas aos fatores ligados à degradação do inseticida no meio ambiente, como acima mencionados, mas também à maior infestação de tripes antes da aplicação dos tratamentos nesse município, sendo quase o dobro em comparação ao município de Pires do Rio.

O inseticida Polytrin quando em mistura com o fungo Bb também apresentou perda de eficiência de controle do tripes de forma linear para ambas as áreas avaliadas. Diversos estudos apontaram efeitos negativos na germinação e número de conídios em *B. bassiana* em mistura a determinados grupos de inseticidas. James & Elzen (2001) relataram altos percentuais de inibição na germinação de conídios desse fungo entomopatígeno para os inseticidas Imidacloprid (neonicotinóide) (53,67%), Lufenuron (Benzoiluréia) (100%) e Dimetoato (organofosforado) (100%). O piretróide Deltametrina não interferiu na germinação conidial em *B. bassiana*, apenas, quando foi utilizada a metade da dose recomendada (DR) (0,5 x DR), em comparação com as doses 1 x DR e 2 x DR (Abidin et al. 2017). A variação das respostas biológicas na interação entre fungos e inseticidas tem sido descrita através da seletividade comportamental do inseto-alvo desencadeada por um dos agentes em mistura, através de mudanças no comportamento de forrageamento e busca por alimento. Isso tanto pode refletir em anulação (James & Elzen 2001) como em potencialização do efeito sinérgico (Roditakis et al. 2000). Por outro lado, relatos de total sinergismo no controle de pragas entre fungos entomopatógenos e inseticidas também são reportados (Furlong & Groden 2001, Noskov et al. 2017). Ali et al. (2017) avaliaram respostas do sistema imune e enzimático de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) quando ninfas de segundo estágio foram expostas a combinações do fungo *Lecanicillium muscarium* e o inseticida Matrine (grupo químico Alcalóides

quinolizidínicos). Eles demonstraram que a mútua ação das moléculas do inseticida e das toxinas fúngicas no mesmo sítio de ação do inseto, potencializaram o desequilíbrio do sistema imune daquele inseto sugador. Testes laboratoriais para determinação da interferência na viabilidade conidial do fungo Bb exposto ao inseticida Polytrin, bem como observações sobre um provável comportamento seletivo do tripses em tomate não foram avaliados no presente trabalho. Todavia, não acreditamos que haja necessidade de as duas hipóteses acima reportadas serem exploradas com vistas a esclarecer os valores intermediários de eficiência de controle do tripses no tratamento Bb+Polytrin. Isso é reforçado pelo fato da EC% da mistura Bb+SilK ter apresentado melhores resultados de eficiência. Além disso, essa mistura pode se tornar uma importante estratégia para o manejo da resistência de insetos transmissores de viroses, como tripses, incidentes em plantas de tomate do tipo industrial.

O Silicato de Potássio, ou outros compostos que possuem Silício em sua formulação, são referenciados como importantes indutores de resistência física e fisiológica contra a ação de insetos e doenças em vegetais (Gatarayiha & Adandonon 2006), além de induzir efeitos secundários de proteção a plantas de importância econômica (Reynolds et al. 2016). No presente trabalho, o Silicato de Potássio (quando considerado isolado) demonstrou baixa eficiência de controle do tripses em plantas de tomate, como também demonstrado ao ácaro *Tetranychus urticae* (Gatarayiha et al. 2010). O Si é reconhecido como um elemento essencial para determinadas espécies vegetais, em especial aquelas das famílias Poaceae, Equisetaceae e Cyperaceae (Currie & Perry 2007). Contrariamente, o tomate (família Solanaceae) possui limitada capacidade de absorção do Si o que o caracteriza como planta não acumuladora desse elemento (Mitani & Ma 2005). Provavelmente por isso, plantas de tomate não são reportadas como excelentes manipuladoras do Si, através da ativação de múltiplos mecanismos de defesa, contra a ação de insetos sugadores, como ocorre na interação entre o arroz, *Oryza sativa* L. (Poaceae) e o inseto *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) (Yang et al. 2017). Todavia, isso não significa que o tomateiro seja não-responsivo à presença do Si no meio. Determinadas vantagens da aplicação exógena de fontes de Si em plantas de tomate geralmente são mais relacionadas com parâmetros de produção (Stamatakis et al. 2003), balanço hídrico e nutricional Wasti et al (2017), qualidade e firmeza dos frutos (Stamatakis et al., 2003), do que com o desenvolvimento de mecanismos de defesa contra insetos sugadores.

Apesar do restrito papel do SilK (de forma isolada) na proteção de plantas de tomate contra o ataque de *Frankliniella occidentalis*, nossos resultados ampliam as perspectivas de uso

desse elemento no Manejo Integrado de Pragas. No presente trabalho o SilK foi comprovado como um importante agente sinérgico capaz de potencializar o efeito do fungo Bb sob condições de campo. Tais resultados comprovaram nossa hipótese previamente formulada. Outros trabalhos também apontaram a compatibilidade entre fungos parasitas e compostos silicatados com o objetivo de controlar insetos e ácaros de importância econômica (Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015, Storm et al. 2016). O efeito de pós silicatados utilizados na proteção de grãos armazenados, e que são abrasivos à camada superficial lipídica dos insetos, permitindo uma melhor penetração fúngica, foram reportados para *Tribolium castaneum* (Akbar et al. 2004). Todavia, essa justificativa pode não ter sido atendida, de acordo com nossas condições experimentais, pelo fato de termos utilizado uma fonte solúvel (e não abrasiva) de Si. Gatarayiha et al. (2010) discutiram o potencial de sinergismo entre o fungo Bb e SilK no aumento da mortalidade do ácaro-rajado por meio da maior resistência induzida em plantas de pepino, berinjela, feijão e milho e, portanto, aumento da susceptibilidade às infecções fúngicas. Todavia, como sugerido anteriormente, as plantas de tomateiro não apresentam nítidas respostas defensivas, mediadas pelo silício, contra insetos sugadores. Por outro lado, compostos silicatados podem conferir maior termotolerância aos conídios fúngicos aumentando sua atividade biológica no campo. Bell & Hamalle (1974) reportaram que esporos dos fungos *B. bassiana*, *Metarrhizium anisopliae* e *Spicaria rileyi* mantiveram sua virulência em insetos após três anos armazenados a -20°C em tubos contendo cristais de sílica gel (um produto sintético, produzido pela reação de silicato de sódio e ácido sulfúrico) em comparação com aqueles sem sílica gel. Trabalhos mais recentes (Kim et al. 2014) também confirmaram maior termotolerância mediada por compostos silicatados, através da retenção de umidade, para o fungo parasita de insetos *Isaria fumosorosea*. A maior resistência ao fungo aplicado sob condições de campo pode ter potencializado o grau de sinergismo entre Bb+SilK observado no presente trabalho.

A eficiência da mistura Bb+SilK pode ter sido facilitada pelas condições de temperatura e umidade presentes nas duas áreas experimentais (Pires do Rio e Orizona). Recomenda-se a aplicação do fungo *B. bassiana* quando a umidade relativa do ar esteja acima de 50%, o que foi observado em ambas as áreas. Apesar da maior eficiência de controle de tripes transmissores de viroses ter sido observada na mistura Bb+SilK, deve-se salientar que mais estudos devem ser conduzidos, principalmente, sob condições ambientais adversas para aplicação desse agente microbiológico isolado ou sob efeito do agente sinérgico SilK. O uso de irrigação por pivô

central em ambas as áreas investigadas com turno de rega de 3 e 4 dias para as áreas de Pires do Rio e Orizona, respectivamente, pode ter mantido a umidade relativa do ar em limiares adequados para a atividade parasítica do fungo. Todavia, produtores de tomate industrial tem modificado o seu manejo de irrigação com vistas a ampliar seu turno de rega sem comprometer a produção e, inclusive, melhorar a qualidade dos frutos (Marouelli et al. 2004, Banjaw et al. 2017). Essa nova perspectiva de mudança no manejo de irrigação também tem sido preconizada para remediar a pressão exercida por doenças fúngicas e, principalmente, bacterianas (Marouelli et al. 2004). Portanto, nossos resultados devem ser extrapolados com cautela e com observância ao nível de estresse abiótico que determinado agente entomopatogênico pode se deparar em condições de campo.

As respostas aqui apresentadas acerca do efeito sinérgico do Silk quando em mistura com o fungo parasita *Beauveria bassiana* no controle de tripes em lavouras de tomate para processamento industrial podem ser suficientemente relevantes para serem comercialmente úteis. O uso do Silk e Bb em mistura foram complementares e com respostas superiores para a mortalidade do tripes, em comparação a um dos inseticidas recomendados para proteção de plantas de tomate. Além disso, as informações apresentadas podem fornecer uma base para a formulação de uma nova geração de mico-inseticidas mais eficientes, e conectados com a filosofia do Manejo Integrado de Pragas, em termos de proporcionar maior resistência no campo, bem como melhor eficiência de controle contra insetos sugadores transmissores de viroses em tomate, como o tripes.

## CONCLUSÕES

1. Os valores de EC% para *Frankliniella occidentalis* foram numericamente distintos nas duas áreas agrícolas avaliadas no presente trabalho (Pires do Rio e Orizona);
2. O presente trabalho aponta, com caráter inédito e certa urgência, a adoção de novos agentes de proteção de plantas para o manejo de tripses em lavouras comerciais de tomate industrial no Brasil;
3. A mistura entre Bb+SilK apresentou valores superiores de EC% e por mais tempo para o tripses em comparação ao inseticida Polytrin (comumente recomendado em lavouras de tomate do tipo industrial). A mudança de perspectiva no manejo fitossanitário do tomate preconizada no presente trabalho pode vir a ser uma estratégia importante para reduzir os casos de resistência de Thripidae a inseticidas sob condições de campo.
4. Apesar do restrito papel do SilK (de forma isolada) na proteção de plantas de tomate contra o ataque de *Frankliniella occidentalis*, nossos resultados ampliam as perspectivas de uso desse elemento no Manejo Integrado de Pragas em tomateiro. No presente trabalho, o SilK foi comprovado como um importante agente sinérgico capaz de potencializar o efeito do fungo Bb sob condições de campo.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao IF Goiano (Campus Urutaí) pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. A equipe de alunos do curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano (Campus Urutaí) que auxiliaram na execução das atividades de campo. À empresa Simbiose<sup>®</sup> Agrotecnologia Biológica pela concessão do produto BEAUVEControl<sup>®</sup>. A Eng. Agrônoma Fernanda de Souza Ferreira pela concessão do produto Polytrin<sup>®</sup>. À empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda pela concessão do Silicato de Potássio. Ao produtor rural Ricardo Santinoni e à empresa Conservas Oderich SA pela permissão de uso de áreas agrícolas para execução do projeto. Ao Alexandre Lutkemeyer (*In memoriam*) pelo apoio na execução do projeto.

## REFERÊNCIAS

ABIDIN, A. F.; EKOWATI, N.; RATNANINGTYAS, N. I. Insecticide compatibility to the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, *Scripta Biologica*, v. 4, n. 4, p. 273-279, 2017.

AKBAR, W.; LORD, J. C.; NECHOLS, J. R.; HOWARD, R. W. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal Of Economic Entomology*, v. 97, n. 2, p. 73-280, 2004.

ALI, S.; ZHANG, C.; WANG, Z.; WANG, X. M.; WU, J. H.; CUTHBERTSON, A. G. S.; SHAO, Z.; QIU, B. L. Toxicological and biochemical basis of synergism between the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* and the insecticide matrine against *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Scientific Reports*, v. 7, n. 46558, 2017.

ANJUM, N. A.; SHAKIR, H. U.; AHMED, Z. Potential use of the entomopathogenic fungus *Beauveria Bassiana* (Ascomycota: Hypocreales), in combination with Imidacloprid and potassium silicate, for the control of *Sogatella furcifera* horvath (Homoptera: Delphacidae), *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, v. 2, n. 1, p. 1-5, 2014.

ASSUNÇÃO, P. E. V.; SPINELLI E. M. A.; CARDOSO, J. S. Caracterização da produção de tomate-industrial no município de Morrinhos/GO: da utilização de defensivos à vantagem dos contratos, *Teoria e Evidência Econômica*, n. 40, p. 153-168, 2013.

AWAS, G.; ABDISA, T.; TOLOSA, K.; CHALI, A. Effect of inter-row spacing with double row arrangement on yield and yield component of tomato (*Lycopersicon esculuntum* Mill.) at Adami Tulu Agricultural Research Center (Central Rift Valley of Oromia, Ethiopia), *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 13, p. 2978-2981, 2010.

BACCI, L.; PIKANÇO, M. C.; MOURA, M. F.; SEMEÃO, A. A.; FERNANDES, F. L.; MORAIS, E. G. F. Sampling Plan for Thrips (Thysanoptera: Thripidae) on Cucumber,

Neotropical Entomology, v. 37, n. 5, p.582-590, 2008.

BANJAW, D. T.; MEGERSA, H. G.; LEMMA, D. T. Effect of Water Quality and Deficit Irrigation on Tomatoes Yield and Quality: A Review, *Advances in Crop Science and Technology*, v. 5, n.:4, 2017.

BELL, J. V.; HAMAL, R. J. Viability and pathogenicity of entomogenous fungi after prolonged storage on silica gel at - 20°C, *Canadian Journal of Microbiology*, v. 20, n. 5, 1974.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. A quick review of the production and commercialization of the main vegetables in Brazil and the world from 1970 to 2015, *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 160-166, 2017.

CHO, K.; ECKEL, C. S.; WALGENBACH, J. F.; KENNEDY, G. G. Spatial Distribution and Sampling Procedures for *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae) in Staked Tomato, *Journal Of Economic Entomology*, v. 88, n. 6, p. 1658-1665, 1995.

CURRIE, H. A.; PERRY, C. C. *Silica in Plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies*, Oxford University, v. 100, n. 7, p. 1383-1389, 2007.

FENG, C.; HONGYUE, W.; LU, N.; CHEN, T.; HE, H.; LU, Y.; TU, M. X. Log-transformation and its implications for data Analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*, v. 26, n. 2, p. 105-109, 2014.

FURLONG, M. J.; GRODEN, E. Evaluation of synergistic interactions between the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) pathogen *Beauveria bassiana* and the insecticides, imidacloprid, and cyromazine, *Journal Of Economic Entomology*, v. 94, n. 2, p. 344-56, 2001.

GAO, Y.; LEI, Z.; REITZ, S.R. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies, *Pest Management Science*, v. 68, n. 8, 2012.

GATARAYIHA, M. C.; LAING, M. D.; MILLER, R. M. Combining applications of potassium

silicate and *Beauveria bassiana* to four crops to control two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, *International Journal of Pest Management*, v.56, n. 4, p. 291-297, 2010.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Test with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*. V.43, n. 2, p. 157-61, 1995.

JAMES, R. R.; G.; ELZEN, W. Antagonism Between *Beauveria bassiana* and Imidacloprid When Combined for *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) Control, *Journal Of Economic Entomology*, v. 94, n. 2, p. 357-361, 2001.

JAVOID, M. K.; ASHIQ, M.; TAHIR, M. Potential of Biological Agents in Decontamination of Agricultural Soil, *Scientifica*, v. 2016, p. 9, 2016.

JUNIOR, J. I. R.; MELO A. L. P. Guia prático para utilização do SAEG. Viçosa, MG. Editora UFV. p. 288, 2008.

KIM, J. S.; LEE, S. J.; LEE, H. B. Enhancing the Thermotolerance of Entomopathogenic *Isaria fumosorosea* SFP-198 Conidial Powder by Controlling the Moisture Content Using Drying and Adjuvants, *Mycobiology*, v. 42, n. 1, p. 59-65, 2014.

LAING, M. D.; GATARAYIHA M. C.; ADANDONON, A. Silicon use for pest control in agriculture: a review, *Processing South African Sugar Technologists Association*, p. 278, 2006.

MARQUELLI, W. A.; LOPES, C. A.; SILVA, W. L.C. Incidência de murcha bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão, *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 2, p.320-323, 2005.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C.L. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing, *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 2, p.226-231, 2004.

MITANI, N.; MA, J. F. Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of*

Experimental Botany, Journal Experimental Botany, v. 56, n. 414, p. 1255-1261, 2005.

MOURA, A. P. DE.; MICHEREFF FILHO, M.; GUIMARÃES, J. A.; LIZ, R. S. DE. Manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2014. 24p (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica 129).

NATH, P.; KUMARI, B.; YADAV, P. R.; KATHPAL, T. S. Persistence and dissipation of ready mix formulations of insecticides in/on okra fruits, Environmental Monitoring and Assessment, v. 107, p. 173-179, 2005.

NOSKOV, YU. A.; CHERTKOVA, E. A.; POLENOGOVA, O. V.; YAROSLAVTSEVA, O. N. Synergistic effect of pyrethroid insecticide and entomopathogenic fungus on *Daphnia magna* Straus, Ukrainian Journal of Ecology, v.7, n. 4, p. 393-398, 2017.

PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R. DE.; PASTORI, P. L.; BUENO, R. C. O. DE F.; ZAGO, H. B. Incidência de mosca-minadora e insetos vetores em sistemas de manejo de pragas em tomateiro, Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 3, p. 607-614, 2015.

REED, G. F.; LYNN, F.; MEADE, B. D. Use of Coefficient of Variation in Assessing Variability of Quantitative Assays, Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology, v. 9, n. 6, p. 1235-1239, 2002.

REYNOLDS, O. L.; PADULA, M. P.; ZENG, R.; GURR, G. M. Silicon: Potential to Promote Direct and Indirect Effects on Plant Defense Against Arthropod Pests in Agriculture, Frontiers in Plant Science, v. 7, n. 744, 2016.

RILEY, D. G.; JOSEPH, S. V.; SRINIVASAN, R.; DIFFIE, S. Thrips Vectors of Tospoviruses, Journal Integrated Pest Management, v.1, n. 2, p. 1-10, 2011.

RODITAKIS, E.; COUZIN, I. D.; BALROW, K.; FRANKS, N. R.; CHARNLEY, A. K. Improving secondary pick up of insect fungal pathogen conidia by manipulating host behavior, Association of Applied Biologists, p. 329-335, 2000.

SHAKIR, H. U.; SAEED, M.; ANJUM, N. A.; FARID, A.; KHAN, I. A.; LIAQUAT, M.; BADSHAH, T. Combined effect of Entomopathogenic Fungus (*Beauveria bassiana*, Imidacloprid and Potassium Silicate against *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) in rice crop, *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 3, n. 4, p. 173-177, 2015.

STAMATAKIS, A.; PAPADANTONAKIS, N.; SAVVAS, D.; LYDAKIS-SIMANTIRIS, N.; KEFALAS, P. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. *Acta Horticulturae*, v. 609, p. 141-147, 2003.

STORM, C.; SCOATES, F.; NUNN, A.; POTIN, O.; DILLON, A. Improving Efficacy of *Beauveria bassiana* against Stored Grain Beetles with a Synergistic Co-Formulant, *Insects*, v. 7, n. 42, 2016.

WASTI, S.; MANAA, A.; MIMOUNI, H.; NSAIRI, A.; IBTISSEM, M.; GHARBI, E.; GAUTIER, H.; AHMED, H. B. Exogenous application of calcium silicate improves salt tolerance in two contrasting tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars, *Journal of Plant Nutrition*, v. 40, n. 5, p. 673-684, 2017.

WU, S.; GAO, Y.; ZHANG, Y.; WANG, E.; XU, X.; LEI, Z. An Entomopathogenic Strain of *Beauveria bassiana* against *Frankliniella occidentalis* with no Detrimental Effect on the Predatory Mite *Neoseiulus barkeri*: Evidence from Laboratory Bioassay and Scanning Electron Microscopic Observation, *PLOS ONE*, v. 9, n. 1, 2014.

YANG, L.; HAN, Y.; LI, P. Silicon amendment is involved in the induction of plant defense responses to a phloem feeder, *Scientific Reports*, v. 7, n. 4232, 2017.