

**TRÊS ANOS DE MANEJO BIOLÓGICO INDICAM A  
MISTURA ENTRE *Beauveria bassiana* E SILICATO DE  
POTÁSSIO COMO PROMISSORA NO CONTROLE DE *Thrips  
tabaci* EM ALHO NOBRE**

**BRUNO PERES ROMEIRO**  
Eng. Agrícola

**BRUNO PERES ROMEIRO**

**TRÊS ANOS DE MANEJO BIOLÓGICO INDICAM A  
MISTURA ENTRE *Beauveria bassiana* E SILICATO DE  
POTÁSSIO COMO PROMISSORA NO CONTROLE DE *Thrips  
tabaci* EM ALHO NOBRE**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor 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  
2020

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

R763t Romeiro, Bruno Peres  
TRÊS ANOS DE MANEJO BIOLÓGICO INDICAM A MISTURA  
ENTRE Beauveria bassiana E SILICATO DE POTÁSSIO COMO  
PROMISSORA NO CONTROLE DE Thrips tabaci EM ALHO  
NOBRE / Bruno Peres Romeiro;orientador Alexandre  
Igor Azevedo Pereira. -- Urutaí, 2020.  
44 p.

Dissertação ( em Programa de Pós-Graduação  
Profissional em Proteção de Plantas) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Urutaí, 2020.

1. Fungo entomopatígeno. 2. K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. 3. mistura  
binária. 4. Thripidae. 5. controle. I. Azevedo  
Pereira, Alexandre Igor , orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES  
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Bruno Peres Romeiro

Matrícula: 2018101330540104

Título do Trabalho: TRÊS ANOS DE MANEJO BIOLÓGICO INDICAM A MISTURA ENTRE *Beauveria bassiana* E SILICATO DE POTÁSSIO COMO PROMISSORA NO CONTROLE DE *Thrips tabaci* EM ALHO NOBRE

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 03/04/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

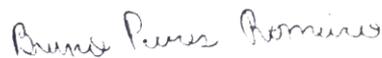
O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, estado de Goiás, 04/04/2020.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CÂMPUS URUTAÍ  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

## ATA DE DEFESA

DEFESA PÚBLICA N.º 52 – DISSERTAÇÃO DE MESTRADO – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS - MESTRADO PROFISSIONAL.

Área de Concentração: Fitossanidade

Linha de Pesquisa: Manejo de Pragas, Doenças e Plantas Daninhas

Aos 17 dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte, às 08:00 horas, estiveram presentes na Sala da Pós-Graduação do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí os Doutores(as) Alexandre Igor de Azevedo Pereira (Orientador), Jéssica Karina da Silva Pachú, José Bruno Malaquias e Luiz Leonardo Ferreira, constituindo a Banca Examinadora da dissertação intitulada “**Uso de estratégias integradas de controle do trips em alho nobre no Cerrado goiano**” de autoria de **Bruno Peres Romeiro**, candidato ao título de Mestre em Proteção de Plantas. Após leitura da dissertação e arguição pela Banca, concluiu-se que o candidato está () **APROVADO** sem correções, () **APROVADO** mediante correções na versão a ser depositada () **REPROVADO**. Nada mais havendo a ser tratado por esta Banca Examinadora, eu, **Alexandre Igor de Azevedo Pereira**, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Urutaí - GO, 17 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira  
 Orientador – IF Goiano – Campus Urutaí

Prof.ª Dra. Jéssica Karina da Silva Pachú  
 Universidade de São Paulo – Esalq

Prof. Dr. José Bruno Malaquias  
 Universidade de São Paulo – Esalq

Prof. Dr. Luiz Leonardo Ferreira  
 UNIFIMES

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, sem ele nada seria possível. A minha esposa, familiares e a minha equipe.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, e por me guiar perante todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Aos meus pais, irmão e esposa, que me incentivaram nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira pela dedicação, esforço, parceria e troca de conhecimentos ao longo dessa jornada.

Aos membros da banca examinadora pelas contribuições, bem como deslocamento para fins de participação da minha defesa de dissertação.

Aos professores, pelos ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

**SUMÁRIO**

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	4
RESULTADOS.....	11
DISCUSSÃO.....	26
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
AGRADECIMENTOS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

## RESUMO

Transmissores de viroses, como *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), impedem que plantas de alho obtenham altos rendimentos no Brasil e no mundo. Tecnologias sustentáveis e integradas de controle, como *Beauveria bassiana* e Silicato de Potássio ( $K_2SiO_3$ ), podem combater esse tipo de estresse biótico de forma sinérgica. Tais componentes ainda são subutilizados no manejo fitossanitário do alho cultivado no bioma Cerrado. O objetivo foi avaliar o efeito, de forma isolada ou combinada, dessas tecnologias para proteção de plantas de alho contra *Thrips tabaci* e em parâmetros fitotécnicos dessa planta, por três safras agrícolas consecutivas (2017, 2018 e 2019). Os tratamentos (T1) *Beauveria bassiana* - Bb, (T2) Silicato de Potássio - SilK, (T3) Clorfenapir - inseticida/acaricida, (T4) Bb+SilK (sob mistura binária em tanque) e (T5) controle absoluto (apenas água) foram dispostos em um DBC com quatro repetições por safra. As atividades experimentais foram executadas em uma área de produção comercial (Fazenda Paineiras, Lote 5) de alho nobre (cv. Ito) localizada no município de Campo Alegre de Goiás (sudeste do estado de Goiás, Brasil). As populações de tripes nas plantas de alho foram amostradas através de armadilhas adesivas amarelas, quinzenalmente, a partir do 25º dia após a germinação (DAG) do alho até o 100º DAG para cada safra. Parâmetros climáticos (temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) e de área plantada (em hectares) foram quantificados e correlacionados com a população total de tripes amostrados para cada safra agrícola. Adicionalmente o ângulo entre folhas centrais do alho foi amostrado ao longo do desenvolvimento das plantas. Parâmetros de produção em quantidade ( $kg\ ha^{-1}$ ) e qualidade (tamanhos comerciais dos bulbos) do alho também foram quantificados, para cada safra, em função dos tratamentos, ao final do ciclo produtivo. Correlações significativas foram observadas entre a população de tripes com os parâmetros climáticos, mas falta de correlação com o parâmetro área plantada. O número de tripes planta<sup>-1</sup> amostrados diferiram entre safras, tratamentos e com interação entre esses dois fatores significativa. A mistura binária entre Bb+SilK foi o único tratamento, após três anos consecutivos de uso, que conseguiu manter o nível populacional do *Thrips tabaci* próximo à metade do valor preconizado quanto ao seu nível de controle estabelecido para o alho sob condições de campo no Brasil (20 tripes planta<sup>-1</sup>). Esse tratamento também promoveu angulação foliar adequada para redução da capacidade suporte das plantas de alho contra a colonização de tripes, aumento na produção em quantidade ( $ton\ ha^{-1}$ ) do alho e, por fim, aumento na produção em qualidade (calibres mais rentáveis) das plantas de alho. Bb associado a produtos com potencial sinérgico, como o SilK possuem grande perspectiva de vir a se tornar parte da rotina fitossanitária e de manejo cultural para produtores de alho no Cerrado goiano.

**Palavras-chave:** Fungo entomopatígeno,  $K_2SiO_3$ , mistura binária, Thripidae, controle, produtividade, *Allium sativum*.

## ABSTRACT

Viruses transmitters, such as *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), prevent garlic plants from obtaining high yields in Brazil and worldwide. Sustainable and integrated control technologies, such as *Beauveria bassiana* and Potassium Silicate ( $K_2SiO_3$ ), can combat this type of biotic stress synergistically. Such components are still underutilized in the phytosanitary management of garlic grown in Cerrado biome. The objective was to evaluate the effect, alone or in combination, of these technologies for the protection of garlic plants against *Thrips tabaci* and in phytotechnical parameters of this plant, for three consecutive agricultural crops (2017, 2018 and 2019). The treatments (T1) *Beauveria bassiana* - Bb, (T2) Potassium silicate - SilK, (T3) Clorfenapir - insecticide/acaricide, (T4) Bb + SilK (under binary mixture in tank) and (T5) absolute control (without spraying) were arranged in a DBC with four repetitions per crop. The experimental activities were carried out in a commercial production area (Fazenda Paineiras) of noble garlic (cv. Ito) located in the municipality of Campo Alegre de Goiás (southeastern Goiás state, Brazil). Thrips populations in garlic plants were sampled through yellow adhesive traps, biweekly, from the 25<sup>th</sup> day after the germination (DAG) of garlic until 100<sup>th</sup> DAG for each crop. Climatic parameters (temperature, relative humidity and wind speed) and planted area (hectares) were quantified and correlated with the total population of thrips sampled for each agricultural crop. Additionally, the angle between garlic central leaves was sampled during the development of the plants. Production parameters in quantity ( $kg\ ha^{-1}$ ) and quality (commercial bulb sizes) were also quantified, for each crop, depending on the treatments, at the end of the production cycle. Significant correlations were observed between the population of thrips with the climatic parameters, but lack of correlation with the planted area. The number of thrips  $plant^{-1}$  sampled differed between crops, treatments and with significant interaction between these two factors. The binary mixture between Bb+SilK was the only treatment, after three consecutive years of use, which managed to keep the population level of *Thrips tabaci* close to half of the value recommended for its control level established for garlic under field conditions in Brazil ( $20\ thrips\ plant^{-1}$ ). This treatment also promoted adequate leaf angulation to reduce the support capacity of garlic plants against colonization of thrips, increase in production in quantity ( $ton\ ha^{-1}$ ) of garlic and, finally, increase in production in quality of garlic plants. Bb associated with products with synergistic potential (SilK) have great prospect of becoming part of the phytosanitary and cultural management routine for garlic producers in the Cerrado of Goiás.

**Key words:** Entomopathogenic fungus,  $K_2SiO_3$ , binary mix, Thripidae, control, yield, *Allium sativum*.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do alho nobre no estado de Goiás gera milhares de empregos diretos e indiretos nas épocas de plantio e colheita que são mescladas por atividades mecanizadas e, principalmente, manuais (Resende et al. 2013). A região sudeste de Goiás é conectada a grandes centrais de distribuição interestaduais como Brasília (DF), Uberlândia (MG), Campinas (SP), Irecê (BA), Belém (PA) e Curitiba (SC) o que a torna uma importante fornecedora de alho para todo o Brasil. Todavia, várias fontes de estresse biótico, como insetos transmissores de viroses, contribuem para redução da produtividade, qualidade das sementes produzidas, valor de mercado e, por fim, aumento dos custos de produção (Moura et al. 2013).

*Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) é um entrave na produção de alho nobre, semi-nobre ou comum em todo o território brasileiro (Leite et al. 2004). Um dos motivos é que esse inseto permanece na sua fase imatura entre as bainhas das folhas centrais do alho, pois são mais tenras e apresentam menor ângulo entre folhas, configurando-se como um abrigo (Mo et al. 2008). A estratégia mais utilizada para proteção das plantas contra essa praga, através de inseticidas químicos sintéticos, tem se tornado economicamente insustentável a cada ano, tanto pela falta de eficiência como pelo aumento do preço na aquisição que é regulado pelas variações cambiais da moeda norte-americana. Além disso, os inseticidas recomendados para supressão de transmissores de fitovírus influenciam negativamente no controle biológico natural no agroecossistema do alho, que é tido como diverso em termos de presença de inimigos naturais (Silva et al. 2012), além de influenciarem na resistência induzida de insetos às moléculas químicas (Gao et al. 2012). Diante disso, métodos de controle mais seletivos e, portanto, conectados ao Manejo Integrado de Pragas (MIP) devem ser investigados para dirimir a dependência, bem como o problema da falta de eficiência dos inseticidas na cultura do alho.

O controle biológico dos tripses através do fungo *Beauveria bassiana* tem sido relatado como uma alternativa importante (Wu et al. 2013). No Brasil, esse fungo ainda é subutilizado na cultura do alho, incluindo naqueles cultivos que utilizam irrigação, onde a umidade relativa do ar acima de 50% é fundamental para sua virulência (Mishra et al. 2015). A arquitetura foliar das plantas, aliada ao uso da irrigação através de pivô central, comumente utilizada no município de Campo Alegre de Goiás bem como no Cerrado goiano, podem facilitar a dispersão de fungos entomopatogênicos que colonizam insetos-praga devido, dentre outros fatores, à própria manutenção da umidade (Shah & Pell 2003) e por essa colonização fúngica ocorrer de

forma horizontal no campo entre insetos vivos ou já infectados por meio de cadáveres, perpetuando-se (Klinger et al. 2006).

O silicato de potássio ( $K_2SiO_3$ ) é uma das fontes de Si mais utilizadas atualmente na agricultura brasileira (Rodrigues et al. 2010). O Silício (Si) tem sido relatado como indutor físico de resistência contra o estresse biótico em hortaliças (Kaushik & Saini 2019). Isso ocorre devido à formação de uma dupla camada de sílica, o que dificulta na utilização dos tecidos vegetais por insetos sugadores e mastigadores, devido ao acúmulo desse elemento na epiderme foliar tornando-a mais rígida (Reynolds et al. 2016). Dessa forma, já se reconhece o papel de fontes exógenas de Si no aumento da capacidade de defesa e resistência vegetal contra o estresse biótico, causado por insetos sugadores.

Porém, o efeito benéfico do Si como promotor de resistência a fungos entomopatógenos aplicados via pulverização foliar ainda é pouco explorado em termos práticos. Diversos trabalhos tem demonstrado que aplicações isoladas de fungos que utilizam insetos e ácaros herbívoros como hospedeiros são menos eficientes do que aquelas onde algum componente sinérgico - ao agente microbiológico - é explorado, como produtos silicatados (Akbar et al. 2004, Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015). E isso muito se deve à falta de proteção contra a radiação UV da qual os fungos são expostos, após pulverizações foliares no campo, o que resulta em perda de viabilidade biológica (Kaiser et al. 2019).

## OBJETIVOS

O presente trabalho se propôs em avaliar, sob condições de campo por três safras consecutivas, potenciais componentes (*Beauveria bassiana* - Bb, Silicato de Potássio - SilK e a mistura binária entre Bb+SilK) para proteção de plantas de alho nobre (cv. Ito) contra *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), comparando-os com o inseticida Clorfenapir (registrado para a cultura do alho pelo MAPA do Brasil) bem como com um controle absoluto (aplicações foliares com água) em termos de:

- Redução na quantidade de tripes planta<sup>-1</sup> amostrados
- Resposta na flutuação populacional de *Thrips tabaci* ao longo do ciclo do alho
- Resposta na quantidade de *Thrips tabaci* por intervalo amostral

Além disso, para avaliar a adaptabilidade das plantas de alho nobre frente à essas estratégias de manejo propostas, adicionalmente verificamos o efeito dos tratamentos nos seguintes parâmetros fitotécnicos:

- Ângulo formado entre as folhas centrais do alho
- Produtividade quantitativa (kg ha<sup>-1</sup>) das plantas de alho nobre
- Produtividade qualitativa (calibres comerciais) dos bulbos de alho nobre

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local de execução da pesquisa e materiais vegetais utilizados**

O projeto foi conduzido sob condições de campo, na Fazenda Paineiras, Lote 5, localizada no município de Campo Alegre de Goiás, Sudeste do estado de Goiás, Brasil. A cultivar Ito de alho (bulbilhos-semente adquiridos de viveiristas certificados do município de Curitiba, estado de Santa Catarina, Brasil) foi utilizada. Os bulbilhos-semente foram armazenados em câmara fria a uma temperatura entre 2 e 4°C e umidade relativa de 50 a 60% por um período de 55 dias, através de vernalização. Esse processo é necessário para os bulbilhos-semente atingirem IVD (Índice de Velocidade de Germinação) acima de 70% e, com isso, germinação adequada (Macêdo et al. 2009). O alho nobre é cultivado no bioma Cerrado do Brasil como uma cultura anual. Dessa forma, três safras agrícolas (2017, 2018 e 2019) foram exploradas com delineamento experimental e procedimentos metodológicos, para aquisição de dados, idênticos entre uma safra e outra.

### **Delineamento experimental**

O delineamento foi em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, onde cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas duplas com plantas cultivadas com espaçamento de 30 cm entre as linhas duplas, 10 cm entre fileiras simples e 10 cm entre plantas (30 cm x 10 cm x 10 cm) em canteiros com dimensão unitária de 5 m de comprimento e 2 m de largura. Para cada unidade experimental, dentro de cada bloco, foi utilizada bordadura de 2 m de comprimento com o intuito de manter a integridade dos tratamentos entre parcelas adjacentes. Cada bloco experimental foi espaçado um do outro por 3 m de largura, para delimitar a bordadura entre blocos.

### **Tratamentos e aplicações**

As aplicações dos tratamentos (T1) Bb (*Beauveria bassiana*), (T2) SilK (Silicato de Potássio), (T3) Clorfenapir (Inseticida) e (T4) Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) foram realizadas com pulverizador costal (capacidade de 20 L) sobre as folhas de alho nas parcelas. Por fim, um tratamento correspondendo a um (T5) controle absoluto (aplicação de água) também foi explorado. Todos os aplicadores envolvidos utilizaram os equipamentos apropriados para proteção individual (EPI) seguindo as normas da legislação brasileira vigente.

A fonte de Bb utilizada foi proveniente do produto comercial BeauveControl®

(Simbiose<sup>®</sup>, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 3816) com o isolado IBCB 66 ( $2 \times 10^9$  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<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) possui 12% de peso de Silício (Si) e 15% de peso em Potássio (K<sub>2</sub>O). A dose do Silk utilizada foi de 0,4 L de K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 100 L<sup>-1</sup> de água de acordo com recomendação do fabricante. O inseticida-acaricida do grupo análogo de pirazol (BASF SE, São Paulo, Brasil) possui em sua composição 240 g L<sup>-1</sup> de Clorfenapir na formulação Suspensão Concentrada (SC) e registro no MAPA do Brasil nº 5898 para controle de Thrips tabaci na cultura do alho. Possui classificação toxicológica IV (pouco tóxico) e periculosidade ambiental de nível II (muito perigoso ao meio ambiente). A dose do inseticida Clorfenapir utilizada foi de 80 ml 100 ml<sup>-1</sup> de água (calda de 1000 L ha<sup>-1</sup>).

A partir do 25º dia após a germinação (DAG), aplicações quinzenais de forma isolada (ou em mistura, para o caso do T4) foram dirigidas às folhas das plantas de alho presentes em toda unidade experimental, respeitando a aleatorização dos tratamentos. O ponto de escoamento de cada produto nas folhas foi utilizado para interromper as aplicações foliares para cada parcela. As plantas de alho mantidas nas bordaduras entre parcelas experimentais, dentro de cada bloco, e entre os blocos, não foram pulverizadas servindo, apenas, para isolar os tratamentos.

### **Amostragem dos tripes**

Armadilhas adesivas amarelas de 15 cm (comprimento) e 10 cm (largura) foram utilizadas para amostragem dos tripes. Essa armadilha é recomendada para monitoramento da população desses insetos e foi útil por ser um método passivo de coleta, com capacidade de coletar indivíduos em janelas temporais mais amplas e com menor mão-de-obra (Thongjua et al. 2015). Cada unidade experimental teve uma armadilha adesiva mantida imediatamente acima do terço superior das folhas de alho. A altura das armadilhas instaladas, em relação ao terço superior das folhas do alho, foi periodicamente ajustada. A substituição das armadilhas em uso, por outras novas, ocorreu a cada 15 dias de acordo com recomendação do fabricante (Promip<sup>®</sup>, Limeira, SP, Brasil). Portanto, 224 amostras de armadilhas adesivas amarelas

contendo insetos capturados foram coletadas, durante cada safra agrícola avaliada, em função dos tratamentos. Insetos pertencentes a outros nichos ecológicos, como herbívoros, inimigos naturais e outros sem nicho definido também foram coletados pelas armadilhas, mas não contabilizados no presente trabalho.

Armadilhas adesivas azuis são reconhecidas como atrativas para tripes (Trdan et al. 2005). Todavia, armadilhas amarelas também demonstram eficiência para atração de tripes (Broughton & Harrison 2012) bem como para organismos não-alvo (Rodriguez-Saona et al. 2012), aumentando a amplitude de amostragem. Além disso, armadilhas adesivas amarelas refletem, quantitativamente, mais luz nos comprimentos RGB quando expostas à ação dos raios ultra-violeta (Natwick et al. 2007) ocasionando menor deterioração de pigmentos por fotodegradação do que aquelas com pigmentos azuis. Ou seja, as armadilhas amarelas persistem mais tempo no campo auxiliando na periodicidade das amostragens.

### **Identificação dos insetos amostrados**

As armadilhas adesivas amarelas coletadas no campo, após seu uso, foram encaminhadas para o laboratório. Os indivíduos de tripes grudados nas armadilhas foram destacados individualmente e identificados ao nível de espécie, bem como pareamento por morfoespécies. A seguir foram acondicionados em potes plásticos de 10 ml para preservação em álcool 70%. Para fins de confirmação da espécie, amostras montadas em lâminas (ou fotos) foram enviadas para os taxonomistas especialistas em tripes Dr. Laurence A. Mound (*Australian National Insect Collection*, CSIRO, Austrália) e Dr. Élisson F.B. Lima (Universidade Federal do Piauí, Teresina, Brasil). Ambos os especialistas fizeram parte da equipe de execução do projeto.

### **Variáveis quantificadas**

O número de insetos da espécie *Thrips tabaci* foi quantificado em termos absolutos por safra. Com o número de tripes amostrados por armadilhas presente em cada unidade experimental, estimamos o número de tripes planta<sup>-1</sup>, contabilizando o número de plantas por parcela em função dos espaçamentos adotados. Esse tipo de estimativa facilitou as comparações entre outros trabalhos relacionados à amostragem de tripes. O número de insetos quantificado por tempo (cada um dos oito intervalos quinzenais de amostragem) serviu para confecção das figuras referentes à flutuação populacional. O ângulo entre as folhas centrais do alho foi medido

através de um transferidor de ângulos com régua fixa (150 mm) (modelo C19, Starrett®).

No intervalo entre os 110 a 120 DAG (dependendo da evolução dos sintomas de colheita) todas as plantas de alho contidas nas parcelas foram manualmente colhidas e submetidas ao processo de pré-cura, no campo, por um período de 10 dias com as folhas por sobre os bulbos para evitar desidratação intensa desses pelos raios solares. Após esse período, os bulbos foram colhidos e limpos com pano úmido. Após a secagem no campo, a massa individual dos bulbos (mg) por tratamento foi registrada com balança digital. A partir desse parâmetro, estimou-se a produtividade comercial ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) por tratamento. Por fim, o diâmetro dos bulbos (cm) foi categorizado com auxílio de uma máquina de classificação de alho (modelo BM 1200MM, Brasil Máquinas Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas, São Gotardo, Minas Gerais, Brasil) em função dos calibres comerciais (classes) preconizados pela CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo). Tais variáveis foram quantificadas, portanto, na ocasião da colheita desprezando-se, dessa forma, o fator tempo como variável independente.

### **Análises estatísticas**

Primeiramente, uma análise exploratória preliminar de todos os dados discretos foi realizada em obediência a cada repetição, bloco, tratamento e safra avaliados. Adicionalmente foram confeccionados gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação dos mesmos (Esty & Banfield 2003). Todas as análises estatísticas no presente trabalho foram elaboradas com auxílio do software SAEG®. As tabelas foram elaboradas pelo programa Microsoft® Office Word (versão Windows 10 Home) e as figuras pelo programa SigmaPlot® versão 11 (Systat Software Inc.) devido à sua versatilidade.

O número total de tripes amostrados, somando-se todos os tratamentos explorados por repetição para cada safra agrícola foi avaliado, através da correlação simples de Pearson (Kozak et al. 2012), com os parâmetros climáticos temperatura, umidade e velocidade do vento, bem como a área total cultivada com alho nobre na Fazenda Paineiras, Lote 5, por interpretarmos que esses fatores poderiam influenciar tanto da incidência de populações de tripes em campo (Morsello et al. 2008), como no desempenho do fungo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Kim et al. 2019). Os dados foram apresentados no Esquema 1 (que incluiu a Figura 1 e Tabelas 1 e 2).

Logo após, executamos uma ANOVA do tipo bidirecional considerando com atenção os

fatores safras e tratamentos para avaliar se a população de tripes planta<sup>-1</sup> oscilaria em função das três safras avaliadas, bem como em função dos tratamentos. Esse tipo de ANOVA examina a influência de duas variáveis independentes categóricas diferentes em uma variável dependente contínua (Vargas et al. 2015). A ANOVA bidirecional não apenas visa avaliar o efeito principal de cada variável independente, mas também se existe alguma interação entre elas o que, no nosso caso, foi comprovado. Essa análise foi apresentada na Tabela 3.

Após a diagnose da existência de significância entre os fatores isolados e independentes (safras e tratamentos), de acordo com a análise anteriormente descrita, procedemos com o teste de amplitudes múltiplas de Duncan. Esse tipo de teste de médias foi escolhido pelo caráter inerente em procurar, primeiramente, a significância do conjunto de médias amostrais com maior amplitude e, sequencialmente, a significância dos conjuntos de menor amplitude (Hamada 2018). Além disso, esse teste de médias foi preferido para análises por acreditarmos na possível existência de amplitudes entre as populações de tripes planta<sup>-1</sup> amostradas não apenas entre tratamentos, mas bem como entre safras. Apesar da existência de interação entre as variáveis independentes avaliadas (safras e tratamentos) preferimos apresentar os resultados dos testes de médias para cada safra entre tratamentos, apenas, para facilitar na interpretação dos dados pelo leitor, bem como para reforçar a perda de eficiência no controle da população de tripes planta<sup>-1</sup> do tratamento T3, Inseticida (Clorfenapir), ao longo das safras avaliadas. Tais resultados foram apresentados na Figura 2.

Diversos modelos de regressão foram avaliados com previsão daqueles com mais refinados ajustes (em termos de significância) para explicar o comportamento observado da flutuação populacional dos tripes planta<sup>-1</sup> ao longo do desenvolvimento das plantas de alho nobre no tempo, em função dos tratamentos. Apesar da flutuação populacional de tripes em alho, bem como em cebola, não ser necessariamente avaliada em termos de modelos de regressão, como em alguns trabalhos (Gonçalves 1997, Natwick et al. 2007, El-Sheikh 2017), acreditamos previamente que as respostas biológicas apresentadas poderiam ser descritas através de modelos matemáticos para facilitar a interpretação, bem como a comparação entre os tratamentos avaliados. Na Tabela 4 apresentamos tais modelos descrevendo-os, bem como a equação de regressão gerada, os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), além dos valores de significância (F valor) e probabilidade ( $P$  valor).

Na Figura 3 apresentamos não apenas os resultados encontrados para a flutuação populacional (análises de regressão) dos tripes planta<sup>-1</sup> para cada safra agrícola e tratamento

avaliados, mas também adicionamos os valores encontrados para os testes de médias entre tratamentos para cada um dos seis intervalos de tempo (apresentados em forma de Dias Após a Germinação-DAG) para cada safra agrícola em questão. Na Tabela 5, na sequência, apresentamos os resultados dessas comparações (através de ANOVA unidirecional) para cada intervalo de tempo de amostragem, por safra, quanto ao número de tripes planta<sup>-1</sup>.

Para o ângulo das folhas centrais do alho nobre procedemos, inicialmente, com uma análise preliminar de médias entre as três safras avaliadas. Todavia, pela falta de significância (através de ANOVA unidirecional) entre as safras para esse parâmetro previamente observada ( $F= 3,56$ ;  $P= 0,08$ ) (dados não apresentados em detalhes, nem discutidos) preferimos apresentar (vide Figura 4) os dados de ângulo entre as folhas centrais do alho nobre através de análises de regressão para cada tratamento, em função dos dias de avaliação correspondendo aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 DAG por intermédio da média desse parâmetro entre os valores mensurados nas safras de 2017, 2018 e 2019. Salientamos que a falta de significância entre o fator safras de alho sob o ângulo entre as folhas centrais pode ter ocorrido por questões de potencial genético da planta de alho nobre (cv. Ito).

Preferimos proceder com uma análise de ANOVA unidirecional para diagnose de diferenças significativas entre tratamentos para o parâmetro produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das plantas de alho nobre, dentro de cada safra, por previamente termos observado que os valores dessa variável dependente terem sido muito próximos entre determinados tratamentos entre as safras agrícolas avaliadas. Portanto, apresentamos na Figura 5 os resultados dos testes de médias dentro de cada uma das três safras, o que não interferiu no destaque que queríamos enfatizar para o melhor tratamento avaliado (Bb+SilK).

Nas Tabelas 6 e 7 apresentamos um resumo informativo sobre o tipo de modelo matemático empregado, equações de regressão e dos valores de  $R^2$ , significância ( $F$  valor) e probabilidade ( $P$  valor) para as categorias (calibres) de classificação comercial oriundos de plantas de alho nobre (cv. Ito) submetidas aos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e controle absoluto (água), bem como o resumo da ANOVA unidirecional para as categorias (calibres) de classificação comercial submetidos aos tratamentos avaliados, respectivamente. Na Figura 6 descrevemos a análise de regressão, todas elas polinomiais do tipo quadrática, para a quantidade de alho produzido ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função dos tratamentos para seis calibres de comercialização de acordo com o diâmetro transversal do bulbo. Por fim, de

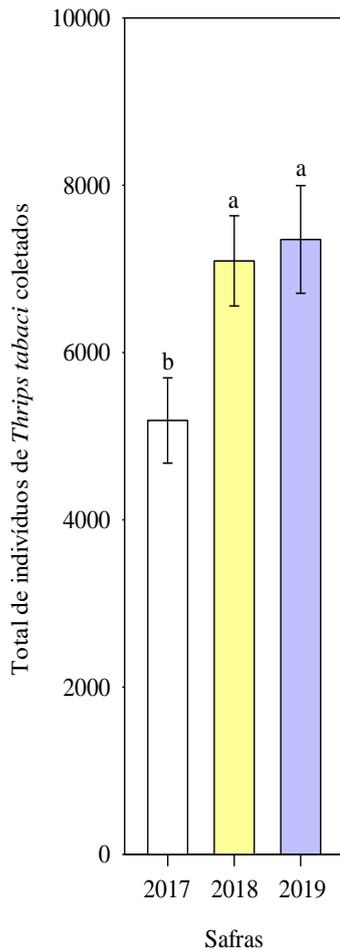
forma didática e para fins de facilitar na interpretação dos resultados, todas as figuras, independente do parâmetro quantificado, seguiram um padrão quanto à escolha do plano de fundo, configurando-se como fundo branco (para a safra 2017), fundo amarelo para a safra 2018 e, por fim, fundo azul para a safra 2019.

## RESULTADOS

### **Correlações entre o número de *Thrips tabaci* totais amostrados com variáveis de clima e área plantada entre as safras 2017, 2018 e 2019**

As informações sobre determinadas variáveis climáticas quantificadas ao longo das três safras experimentais, como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, bem como área plantada de alho nobre em toda a Fazenda Paineiras encontram-se no Esquema 1 (Tabela 1). Observou-se aumento na temperatura média entre as safras 2017, 2018 a 2019, bem como aumento da Umidade relativa do ar e velocidade do vento (Tabela 1). Todavia, quanto a área plantada com alho nobre em toda a Fazenda Paineiras (Lote 5) ocorreu redução entre as safras de 2017 e 2018 e posterior aumento entre as safras de 2018 e 2019 (Tabela 1). Houveram correlações do tipo simples de Pearson, significativas, entre a população de tripes total amostrada no experimento, apenas, com os parâmetros climáticos (temperatura, umidade e velocidade do vento), mas falta de correlação com o parâmetro área plantada (Esquema 1, Tabela 2).

O número de indivíduos de *Thrips tabaci* coletados através das armadilhas adesivas amarelas, ao longo das três safras agrícolas, diferiu significativamente ( $F= 861,03$  e  $P= 0,00$ ). Na safra de 2017 foram coletados o menor número de insetos ( $5149,00 \pm 510,02$  tripes), em comparação com as safras de 2018 ( $7077,50 \pm 540,36$  tripes) e 2019 ( $7272,75 \pm 640,69$  tripes) (Esquema 1, Figura 1). Nessas duas últimas safras agrícolas, não houve diferença significativa para o número de tripes quantificados (Esquema 1, Figura 1).



**Tabela 1.** Variáveis climáticas (médias) e área plantada (valor absoluto) de alho nobre para as safras 2017, 2018 e 2019 no campo experimental. Fazenda Paineiras, Lote 5, município de Campo Alegre de Goiás, Brasil

	Temp (°C)	UR (%)	VV (m s <sup>-1</sup> )	Área (ha)
Safra 2017	18,5	56,5	2,5	120
Safra 2018	20,5	61,5	3,8	110
Safra 2019	22	63,5	4,9	150

**Tabela 2.** Correlações simples (Pearson) entre as variáveis climáticas e área plantada de alho nobre (cv Ito) com a população de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae)

	Temp (°C)	UR (%)	VV (m s <sup>-1</sup> )	Área (ha)	Tripes
Temp (°C)	1				
UR (%)	0,987*	1			
VV (m s <sup>-1</sup> )	0,999*	0,981*	1		
Área (ha)	0,661*	0,533*	0,686*	1	
Tripes	0,933*	0,977*	0,920*	0,355 <sup>ns</sup>	1

\*Significativo (ou não = <sup>ns</sup>) a 5% de probabilidade

**Esquema 1.** União entre as Figura 1, Tabela 1 e Tabela 2 para demonstrar a quantidade total de indivíduos de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) coletados em todos os tratamentos para as três safras agrícolas avaliadas, os valores (médios) coletados das variáveis de clima e área plantada de alho nobre (por safra), bem como os resultados das correlações simples entre essas variáveis e a população de tripes amostrada. Temp (Temperatura média ao longo da safra), UR (Umidade relativa do ar média ao longo da safra), VV (Velocidade do vento média ao longo da safra), Área (Valor absoluto da área plantada de alho nobre). **Figura 1.** (esquerda) Total (soma de todos os tratamentos) de indivíduos (Média ± EP<sup>1</sup>) de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) coletados em alho nobre (cv. Ito) para cada uma das três safras agrícolas. <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Duncan de médias. Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil.

### Número de *Thrips tabaci* em função das safras e tratamentos

O número de tripes planta<sup>-1</sup> amostrados diferiram entre safras, tratamentos e com interação entre esses dois fatores significativa (Tabela 3). Na safra 2017 os menores números de tripes planta<sup>-1</sup> no alho foram observados nos tratamentos com Clorfenapir e a mistura binária (Bb+SilK) (Figura 1A). Essa resposta repetiu-se na safra 2018 (Figura 2B). Todavia, na safra 2019 apenas o tratamento Bb+SilK foi aquele onde o menor número de tripes planta<sup>-1</sup> foi amostrado (Figura 2C). A mistura binária presente no tratamento Bb+SilK foi o único tratamento, após três anos consecutivos de uso, que conseguiu manter o nível populacional do *Thrips tabaci* próximo à metade do valor preconizado quanto ao seu nível de controle estabelecido para o alho sob condições de campo no Brasil (20 tripes planta<sup>-1</sup>) (Figura 2).

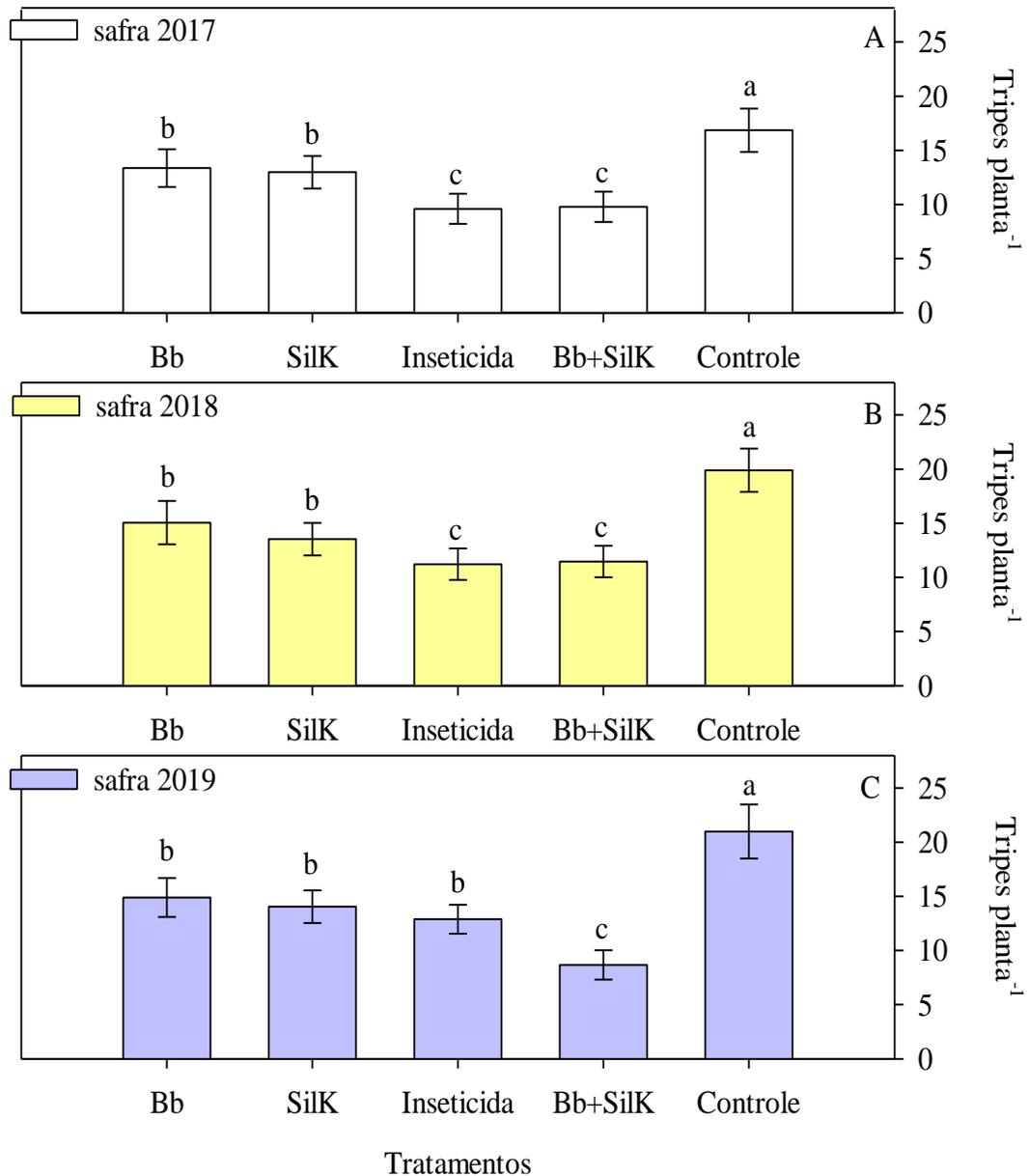
Os tratamentos Bb e SilK, considerados de forma isolada, resultaram em um número de tripes planta<sup>-1</sup> intermediário para as três safras agrícolas quando comparados aos tratamentos com respostas extremas (Clorfenapir e Bb+SilK) e controle absoluto, respectivamente (Figuras 2A, B e C). A partir da segunda safra agrícola (2018) o número de tripes amostrados atingiu valores próximos ao nível de controle, apenas, para o tratamento controle absoluto (Figura 2B). Na safra de 2019 as amostragens indicaram maiores números de insetos para o tratamento controle absoluto ( $20,99 \pm 2,50$  tripes planta<sup>-1</sup>) (Figura 2C). Todavia, em todos os tratamentos onde ocorreu pulverização foliar dos produtos avaliados no presente trabalho (considerados isolados ou sob mistura binária) o número de tripes planta<sup>-1</sup> permaneceu abaixo do nível de controle, independente da safra agrícola considerada (Figuras 2A, B e C).

**Tabela 3.** Detalhe da ANOVA bidirecional para o número de tripes planta<sup>-1</sup> em alho nobre (cv. Ito) em função das safras 2017, 2018 e 2019 e tratamentos (T1-Bb, T2-SilK, T3-Clorfenapir, T4-Bb+SilK e T5-Controle absoluto)

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F	P
Bloco	3	2,274035	0,7580116	2,227	0,10799
Safras	1	33,07197	33,07197	97,146	0,00000*
Tratamentos	4	356,1216	89,03041	261,519	0,00000*
Safras x Tratamentos	4	9,128728	2,282182	6,704	0,00070*
Resíduo	27	9,191771	0,3404360		

CV = 4,36

\*Significativo a 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de Variação. Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio) e Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK). Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil.



**Figura 2.** Número de tripses planta<sup>-1</sup> (Média ± EP<sup>1</sup>) coletados nas safras agrícolas de 2017, 2018 e 2019 em plantas de alho nobre (cv. Ito) (Figuras 2A, 2B e 2C, respectivamente) em função dos tratamentos: Bb (*Beauveria bassiana*), Si (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e Controle absoluto (água). <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Duncan de médias. Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil.

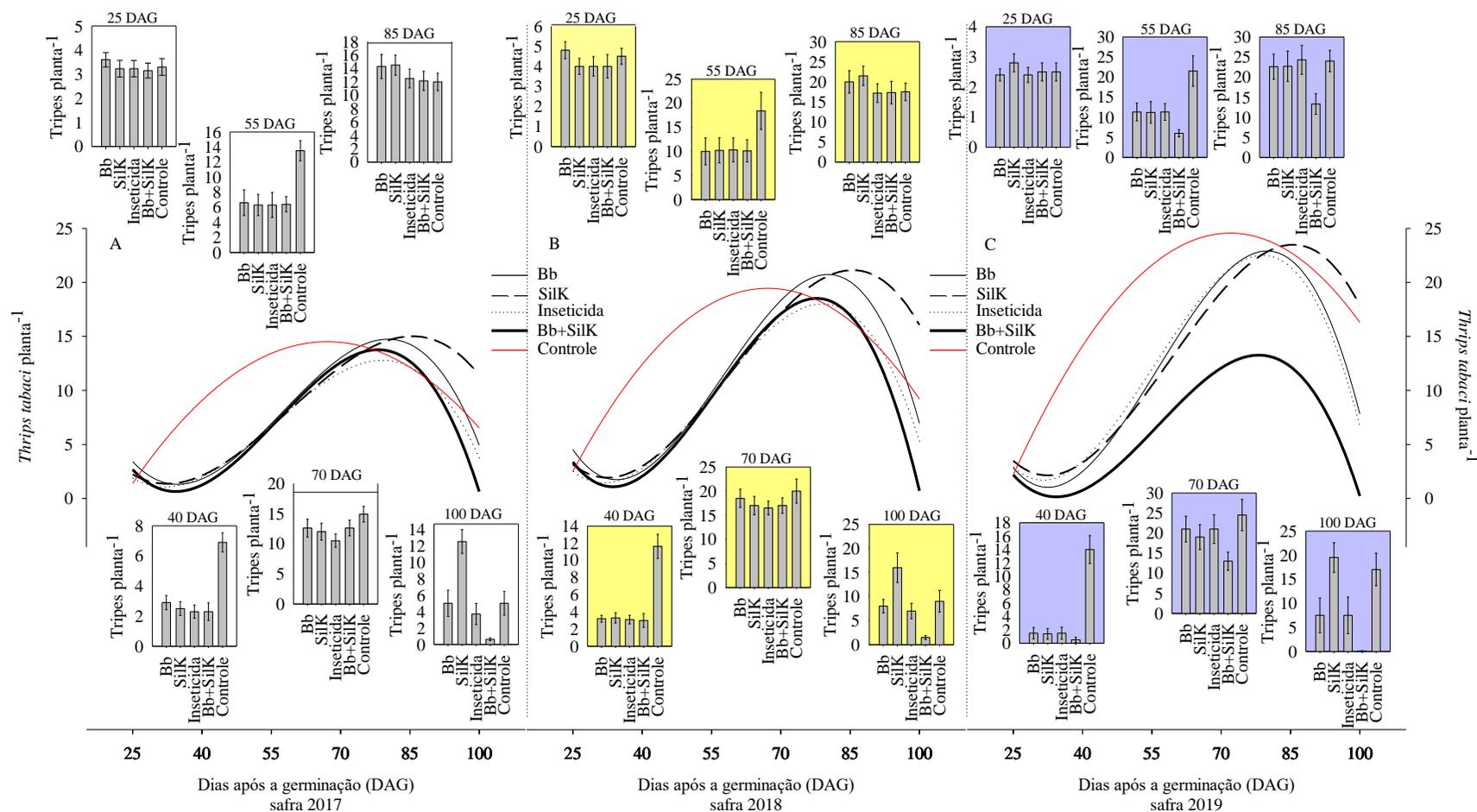
### Flutuação populacional de *Thrips tabaci* em função das safras e tratamentos

Modelos matemáticos de regressão polinomial foram significativamente ajustados para monitorar a flutuação populacional do *Thrips tabaci* ao longo do tempo de desenvolvimento das plantas de alho nobre, para as três safras agrícolas avaliadas. Na Tabela 4 encontram-se as principais informações dos modelos utilizados. Independente da safra agrícola, os tratamentos compreendidos por Bb, SilK, Clorfenapir e Bb+SilK resultaram em flutuações populacionais dos tripes ajustadas a modelos polinomiais de regressão do tipo cúbica (Tabela 4). Nesses casos, como via de regra, percebeu-se um sutil declínio da quantidade de tripes planta<sup>-1</sup> a partir do 40° DAG das plantas de alho nobre, seguido de acentuado aumento a partir do 55° DAG. O pico populacional do *Thrips tabaci* ocorreu entre os 70° e 85° DAG, para todos os tratamentos acima mencionados, com posterior e acentuado decréscimo populacional entre os 85° e 100° DAG, ou seja, ao final do período experimental devido aos processos de tombamento mecanizado e eleiramento manual das plantas de alho, para posterior cura sob condições de campo (Figuras 3A, B e C). Aos 100 DAG o número de tripes planta<sup>-1</sup> atingiu valores próximos à zero, repetidamente na safra 2017 ( $0,62 \pm 0,17$  tripes planta<sup>-1</sup>), safra 2018 ( $0,88 \pm 0,24$  tripes planta<sup>-1</sup>) e safra 2019 ( $0,22 \pm 0,05$  tripes planta<sup>-1</sup>), apenas, quando houve pulverização com a mistura binária Bb+SilK (Figuras 3A, B e C).

Por outro lado, no tratamento controle absoluto, a flutuação dos tripes seguiu modelos de regressão quadrática, independente da safra avaliada (Tabela 4). Para esses casos, a população dos tripes aumentou vertiginosamente entre os 25° e 55° DAG, com pico populacional observado aos 70 DAG, independente da safra agrícola (Figuras 3A, B e C). Entre os 85° e 100° DAG ocorreu decréscimo populacional acentuado, independente da safra agrícola em questão. Além disso, o número de tripes ao final do período experimental (100° DAG), sob efeito do tratamento controle absoluto, foi aumentando ao passar das safras agrícolas avaliadas, com valores populacionais finais médios de  $8,64 \pm 1,43$  tripes planta<sup>-1</sup> (safra 2017),  $12,16 \pm 2,02$  tripes planta<sup>-1</sup> (safra 2018) e, por fim,  $20,28 \pm 3,37$  tripes planta<sup>-1</sup> (safra 2019) (Figura 3A, B e C).

**Tabela 4.** Resumo informativo sobre o tipo de modelo matemático empregado, equações de regressão e dos valores de  $R^2$ , significância (F valor) e probabilidade ( $P$  valor) para a flutuação populacional de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) (dada em número de tripes planta<sup>-1</sup>) em plantas de alho nobre (cv. Ito) ao longo de diferentes intervalos de amostragem em função dos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), Si (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e controle absoluto (água). Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil

Safrá 2017					
Tratamentos	Modelo	Equação	$R^2$	F valor	$P$ valor
Bb	Cúbico	$0,22-0,15x+0,32x^2-0,18x^3$	80,27	12,63	0,01
SilK	Cúbico	$0,36-0,23x+0,49x^2-0,28x^3$	74,54	12,13	0,01
Inseticida	Cúbico	$0,24-0,16x+0,37x^2-0,22x^3$	78,71	9,48	0,04
Bb+SilK	Cúbico	$0,37-0,25x+0,52x^2-0,31x^3$	95,92	40,68	0,00
Controle	Quadrático	$-0,21+0,10x-0,78x^2$	77,66	12,34	0,40
Safrá 2018					
Tratamentos	Modelo	Equação	$R^2$	F valor	$P$ valor
Bb	Cúbico	$0,32-0,21x+0,45x^2-0,25x^3$	75,40	12,60	0,01
SilK	Cúbico	$0,50-0,32x+0,68x^2-0,39x^3$	74,72	12,23	0,01
Inseticida	Cúbico	$0,33-0,22x+0,51x^2-0,31x^3$	78,95	9,57	0,04
Bb+SilK	Cúbico	$0,47-0,32x+0,68x^2-0,40x^3$	96,15	41,47	0,00
Controle	Quadrático	$-0,29+0,14x-0,10x^2$	83,39	8,30	0,05
Safrá 2019					
Tratamentos	Modelo	Equação	$R^2$	F valor	$P$ valor
Bb	Cúbico	$0,47-0,32x+0,68x^2-0,40x^3$	86,15	41,47	0,00
SilK	Cúbico	$0,45-0,31x+0,69x^2-0,41x^3$	77,58	13,90	0,00
Inseticida	Cúbico	$0,40-0,28x+0,64x^2-0,38x^3$	79,29	9,81	0,04
Bb+SilK	Cúbico	$0,36-0,25x+0,52x^2-0,31x^3$	85,85	40,44	0,00
Controle	Quadrático	$-0,28+0,14x-0,10x^2$	80,69	17,20	0,04



**Figura 3.** Dinâmica populacional de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) aos 25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a germinação de plantas de alho (cv. Ito) em função dos tratamentos: Bb (*Beauveria bassiana*), Si (Silicato de Potássio), Inseticida (Clorfenapir), Bb+Si (mistura binária em tanque entre Bb e SiLK) e Controle absoluto (água) para as safras agrícolas de 2017, 2018 e 2019 (Figs. 3A, 3B e 3C, respectivamente) e número de trips coletados (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>), por tratamento, para cada um dos intervalos de tempo por safra agrícola. <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, por tratamento, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Duncan de médias. Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil.

### **Quantidade de *Thrips tabaci* para cada intervalo de amostragem entre tratamentos dentro de cada safra**

A análise de existência significativa (ou não) quanto às diferenças entre tratamentos, dentro de cada um dos seis intervalos de amostragem compreendendo o ciclo fenológico das plantas de alho nobre no campo, representou de forma adequada as respostas biológicas determinadas por cada produto pulverizado quinzenalmente, bem como o efeito da ausência de aplicações (controle absoluto) sob a quantidade de tripes planta<sup>-1</sup> quantificada. Em síntese, observou-se diferença significativa na quantidade de insetos amostrados em cada um dos seis intervalos de tempo, nas três safras agrícolas, entre os tratamentos avaliados com ANOVA sumarizada e apresentada na Tabela 5. Todavia, com exceção do intervalo inicial de 25 DAG onde não houve diferença entre tratamentos para o número de insetos coletados nas três safras agrícolas (Tabela 5).

Aos 25 DAG do alho nobre, as populações de tripes não ultrapassaram valores médios de 5 tripes planta<sup>-1</sup>, com valores semelhantes entre os tratamentos ao longo das safras agrícolas avaliadas (Figura 3). Aos 40 DAG, por outro lado, houveram diferenças significativas entre tratamentos com destaque para o controle absoluto onde as maiores quantidades de tripes foram amostradas em comparação aos demais tratamentos (Figura 3). Aos 55 DAG as quantidades de tripes aumentaram em comparação aos períodos de 25 DAG e 40 DAG nos tratamentos onde ocorreu pulverização foliar. Todavia, no tratamento controle absoluto o número de tripes planta<sup>-1</sup> foi o dobro nas safras 2017, 2018 e 2019, com valores médios de  $13,51 \pm 1,34$  tripes planta<sup>-1</sup>,  $18,40 \pm 3,86$  tripes planta<sup>-1</sup> e  $21,50 \pm 3,80$  tripes planta<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3). Aos 70 DAG ocorreu aumento na quantidade de tripes para todos os tratamentos em comparação com o intervalo anterior, independente da safra avaliada com valores entre tratamentos muito próximos. Todavia, na safra 2019, o tratamento Bb+SilK foi o único que manteve a população de tripes sob menores valores em comparação aos demais tratamentos (Figura 3). E essa resposta biológica apresentada no tratamento Bb+SilK também foi observada aos 85 DAG (Figura 3). Ao final do período experimental, compreendendo o período de avaliação de 100 DAG, observou-se que o tratamento SilK aplicado de forma isolada foi aquele que propiciou maior quantidade de tripes planta<sup>-1</sup> em comparação aos demais tratamentos (Figura 3), independente da safra agrícola em questão, com populações acima de 12 tripes planta<sup>-1</sup>. Ao passo em que o tratamento Bb+SilK foi aquele onde a menor população de tripes foi observada no alho nobre para as safras de 2017, 2018 e 2019 (Figura 3).

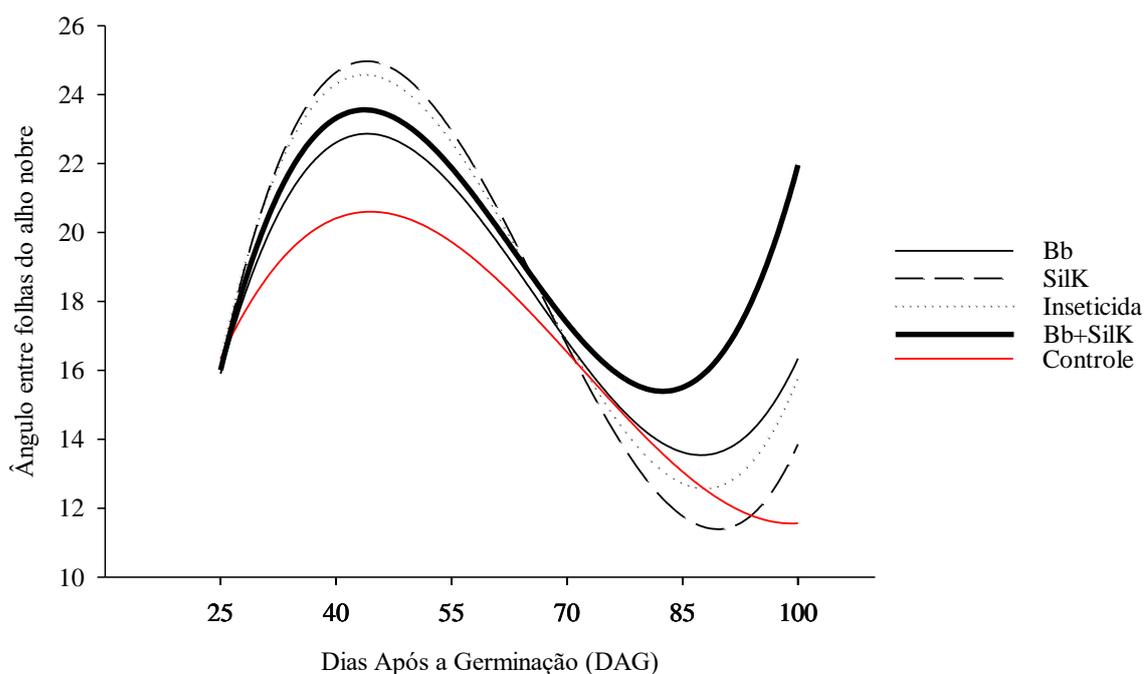
**Tabela 5.** Resumo da ANOVA unidirecional para o número de tripes planta<sup>-1</sup> em alho nobre (cv. Ito) para cada dia de amostragem quinzenal (25, 40, 55, 70, 85 e 100 dias após a germinação, DAG), para cada uma das safras avaliadas (2017, 2018 e 2019) entre os tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), Si (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e controle absoluto (água). Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil

Safr 2017					
25 DAG			40 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	11,631	0,07	Bloco	0,841	>0,05
Tratamentos	10,598	0,06	Tratamentos	48,571	0,00*
CV = 6,35			CV = 14,04		
55 DAG			70 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,764	>0,05	Bloco	3,015	0,071
Tratamentos	127,891	0,00*	Tratamentos	214,945	0,00*
CV = 8,17			CV = 5,24		
85 DAG			100 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	12,096	0,06	Bloco	2,715	0,09
Tratamentos	939,782	0,00*	Tratamentos	222,966	0,00*
CV = 3,30			CV = 8,76		
Safr 2018					
25 DAG			40 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	2,794	0,08	Bloco	2,049	0,16
Tratamentos	11,786	0,08	Tratamentos	47,003	0,00*
CV = 11,90			CV = 14,41		
55 DAG			70 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	3,211	0,06	Bloco	0,886	>0,05
Tratamentos	216,264	0,00*	Tratamentos	148,716	0,00*
CV = 5,75			CV = 5,74		
85 DAG			100 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	11,789	0,09	Bloco	0,915	>0,05
Tratamentos	974,474	0,00*	Tratamentos	93,062	0,00*
CV = 3,40			CV = 12,61		
Safr 2019					
25 DAG			40 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	9,678	0,09	Bloco	1,558	0,25
Tratamentos	18,990	0,07	Tratamentos	89,706	0,00*
CV = 9,25			CV = 17,08		
55 DAG			70 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	5,167	0,06	Bloco	0,523	>0,05
Tratamentos	410,173	0,00*	Tratamentos	187,743	0,00*
CV = 5,06			CV = 7,13		
85 DAG			100 DAG		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	18,603	0,08	Bloco	9,649	0,06
Tratamentos	1232,632	0,00*	Tratamentos	794,457	0,00*
CV = 2,85			CV = 5,06		

CV = Coeficiente de variação. \*Significativo a 5% de probabilidade.

### Ângulo das folhas centrais do alho nobre em função dos tratamentos

As medições médias das safras 2017, 2018 e 2019 para o parâmetro ângulo das folhas centrais das plantas de alho nobre ajustaram-se a modelos matemáticos de regressão polinomial do tipo cúbica para todos os tratamentos avaliados. De modo geral, independente do tratamento avaliado, o ângulo entre as folhas de alho apresentou máximos valores entre o 40° e 55° DAG para os tratamentos SilK, Inseticida, Bb+SilK, Bb e controle em ordem decrescente, respectivamente (Figura 4).



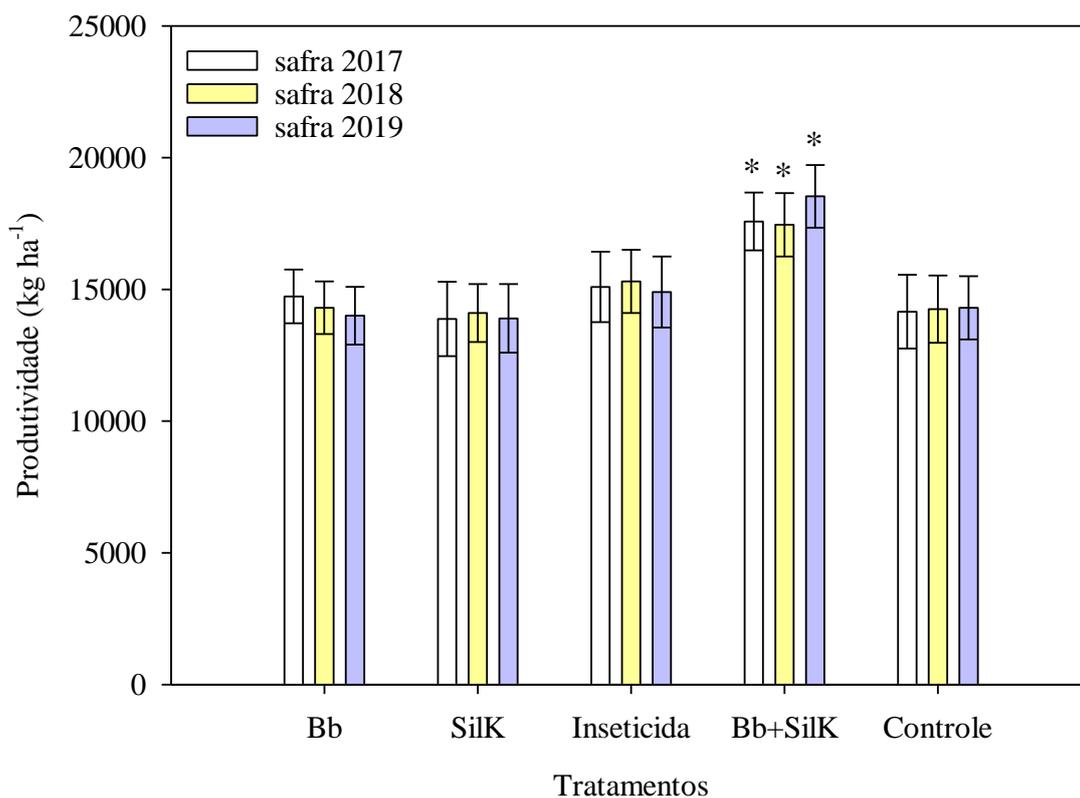
**Figura 4.** Análises de regressão cúbica para o ângulo entre folhas centrais em plantas de alho nobre (cv Ito), ao longo de seis intervalos de tempo após a germinação das plantas, submetidas a pulverizações foliares de acordo com os tratamentos: Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio), Inseticida (Clorfenapir), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e Controle absoluto (água). Os valores apresentados correspondem às médias para as três safras avaliadas (2017, 2018 e 2019). Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil.

A partir 70° DAG ocorreu mudança no ângulo das folhas de alho com decréscimo acentuado dos valores observados (Figura 4). Apenas o tratamento Bb+SilK manteve os valores de ângulo das folhas de alho acima do limite de 16 graus entre o 85° e o 100° DAG. Nos demais tratamentos, observou-se menores valores para o ângulo das folhas do alho, com valores

mínimos extremos entre o 85° e 100° DAG para os tratamentos SilK (aplicado isolado), bem como para o tratamento controle absoluto (Figura 4). As equações de regressão, bem como seus valores respectivos do teste F, significância e coeficiente de determinação (respectivamente), para cada tratamentos, são apresentados a seguir: Bb ( $y = -0,25 + 0,26x - 0,40x^2 + 0,22x^3$ ,  $R^2 = 85,07$ ,  $F = 20,07$ ,  $P = 0,00$ ), SilK ( $y = -0,37 + 0,33x - 0,57x^2 + 0,28x^3$ ,  $R^2 = 77,72$ ,  $F = 9,10$ ,  $P = 0,00$ ), Inseticida ( $y = -0,33 + 0,32x - 0,547x^2 + 0,27x^3$ ,  $R^2 = 83,55$ ,  $F = 18,54$ ,  $P = 0,00$ ), Bb+SilK ( $y = -0,31 + 0,30x - 0,53x^2 + 0,28x^3$ ,  $R^2 = 80,83$ ,  $F = 8,09$ ,  $P = 0,00$ ) e controle absoluto ( $y = -0,92 + 0,16x - 0,28x^2 + 0,13x^3$ ,  $R^2 = 83,67$ ,  $F = 15,17$ ,  $P = 0,00$ ).

### **Produtividade quantitativa (ton ha<sup>-1</sup>) do alho nobre em função das safras e tratamentos**

A produtividade das plantas de alho nobre foi significativamente diferente entre tratamentos para as safras 2017 ( $F = 12,294$ ,  $P = 0,00$ ), 2018 ( $F = 9,323$ ,  $P = 0,04$ ) e 2019 ( $F = 65,149$ ,  $P = 0,00$ ). A produtividade do alho dentro de cada tratamento entre safras foi numericamente muito próxima e, por isso, sem necessidade de se proceder com análise de variância. Na safra 2017, as pulverizações foliares nas plantas de alho nobre com o Bb+SilK foram aquelas que originaram maiores valores produtivos para essa planta, com média de  $17576 \pm 1100$  kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5). As médias para os demais tratamentos foram de  $14732 \pm 1022$  kg ha<sup>-1</sup> (Bb),  $13875 \pm 1413$  kg ha<sup>-1</sup> (SilK),  $15093 \pm 1340$  kg ha<sup>-1</sup> (Clorfenapir) e  $14152 \pm 1400$  kg ha<sup>-1</sup> (Controle absoluto) (Figura 5). Nas safras 2018 e 2019 as maiores produtividades do alho nobre também foram observadas no tratamento Bb+SilK com médias de  $17450 \pm 1200$  kg ha<sup>-1</sup> e  $18530 \pm 1190$  kg ha<sup>-1</sup> (respectivamente) sobrepondo significativamente aquela quantificadas dos demais tratamentos (Figura 5).



**Figura 5.** Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) do alho nobre (cv. Ito) em função dos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio), Inseticida (Clorfenapir), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e Controle absoluto (água) ao longo de três safras agrícolas (2017, 2018 e 2019). \*Diferença significativa observada entre tratamentos, para cada safra agrícola, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Duncan de médias. Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil.

### Produtividade qualitativa (calibres) dos bulbos em função das safras e tratamentos

Em termos qualitativos, os bulbos do alho nobre produzidos em função dos tratamentos foram categorizados em função de calibres comerciais gerando significância com modelos matemáticos de regressão do tipo polinomiais quadráticas. As informações relativas ao ajuste desses modelos para cada tratamento em função das três safras agrícolas avaliadas estão descritas na Tabela 6. Não houveram diferenças significativas para a quantidade de bulbos de alho produzidos nos calibres com menores (classe 1 e 2) e maiores (classe 7) diâmetros entre tratamentos tanto na safra de 2017, como 2018 e 2019 (Tabela 7). Todavia, a partir do calibre 3 até o 6, na sequência, as diferenças entre tratamentos foram significativamente pronunciadas.

Independentemente da safra em questão, os materiais de alho nobre cv Ito explorados no presente trabalho originaram cerca de 88% dos bulbos nos calibres mais valorosos ao mercado, compreendendo entre as classes 4, 5 e 6 (Figura 6). O tratamento Bb+SilK foi aquele que originou maiores quantidades de bulbos de alho nobre nos calibres mais valiosos comercialmente nas três safras avaliadas, embora os tratamentos SilK (pulverizado de forma isolada), bem como o controle absoluto, foram aqueles onde as menores quantidades de bulbos mais valorosos comercialmente foram produzidas (Figura 6).

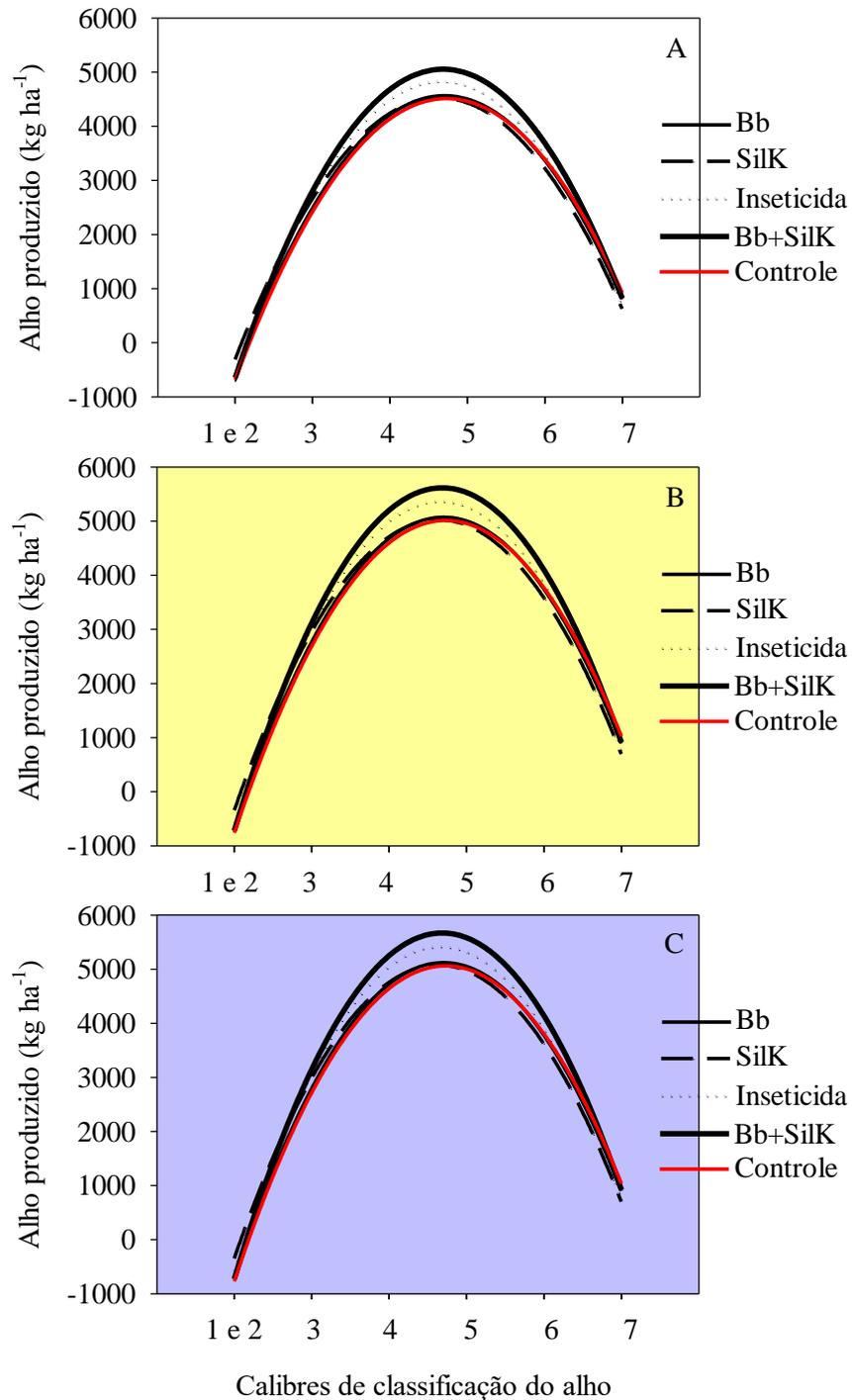
**Tabela 6.** Resumo informativo sobre o tipo de modelo matemático empregado, equações de regressão e dos valores de  $R^2$ , significância (F valor) e probabilidade (P valor) para as categorias (calibres) de classificação comercial do alho nobre (cv. Ito) oriundos de plantas de alho nobre (cv. Ito) submetidas aos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e controle absoluto (água). Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil

Safra 2017					
Tratamentos	Modelo	Equação	$R^2$	F valor	P valor
Bb	Quadrático	$-0,50+0,51x-0,70x^2$	79,22	23,61	0,00
SilK	Quadrático	$-0,37+0,41x-0,52x^2$	69,84	15,65	0,01
Inseticida	Quadrático	$-0,47+0,50x-0,66x^2$	79,07	23,44	0,00
Bb+SilK	Quadrático	$-0,56+0,57x-0,78x^2$	70,71	25,35	0,00
Controle	Quadrático	$-0,39+0,40x-0,48x^2$	74,25	18,87	0,00
Safra 2018					
Tratamentos	Modelo	Equação	$R^2$	F valor	P valor
Bb	Quadrático	$-0,56+0,57x-0,78x^2$	79,56	23,99	0,00
SilK	Quadrático	$-0,49+0,53x-0,73x^2$	70,97	25,67	0,00
Inseticida	Quadrático	$-0,58+0,61x-0,83x^2$	77,50	36,17	0,00
Bb+SilK	Quadrático	$-0,62+0,63x-0,86x^2$	70,62	25,24	0,00
Controle	Quadrático	$-0,55+0,53x-0,72x^2$	75,37	32,13	0,00
Safra 2019					
Tratamentos	Modelo	Equação	$R^2$	F valor	P valor
Bb	Quadrático	$-0,55+0,57x-0,76x^2$	78,80	23,15	0,00
SilK	Quadrático	$-0,45+0,50x-0,65x^2$	73,72	18,44	0,00
Inseticida	Quadrático	$-0,59+0,61x-0,84x^2$	77,50	36,17	0,00
Bb+SilK	Quadrático	$-0,62+0,64x-0,87x^2$	70,62	25,24	0,00
Controle	Quadrático	$-0,50+0,50x-0,63x^2$	76,59	21,08	0,00

**Tabela 7.** Resumo da ANOVA unidirecional para as categorias (calibres) de classificação comercial do alho nobre (cv. Ito) submetidos aos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e controle absoluto (água) para as safras agrícolas de 2017, 2018 e 2019. Fazenda Paineiras, Lote 5, Campo Alegre de Goiás, estado de Goiás, Brasil

Safr 2017					
Classe 1 e 2			Classe 3		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	1,364	0,30	Bloco	1,458	0,27
Calibres	2,805	0,07	Calibres	4,218	0,02*
CV = 22,61			CV = 17,84		
Classe 4			Classe 5		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,556	>0,05	Bloco	1,972	>0,05
Calibres	9,072	0,002*	Calibres	8,36	0,00*
CV = 16,81			CV = 13,31		
Classe 6			Classe 7		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,987	>0,05	Bloco	0,861	>0,05
Calibres	7,768	0,03*	Calibres	1,775	0,08
CV = 11,19			CV = 12,39		
Safr 2018					
Classe 1 e 2			Classe 3		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	1,364	0,30	Bloco	1,458	0,27
Calibres	2,805	0,07	Calibres	4,218	0,02*
CV = 12,96			CV = 17,84		
Classe 4			Classe 5		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,556	>0,05	Bloco	0,536	>0,05
Calibres	9,072	0,00*	Calibres	8,973	0,03*
CV = 16,81			CV = 23,31		
Classe 6			Classe 7		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,987	>0,05	Bloco	0,777	>0,05
Calibres	7,768	0,003*	Calibres	0,981	0,08
CV = 21,19			CV = 12,39		
Safr 2019					
Classe 1 e 2			Classe 3		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	1,364	0,30	Bloco	1,458	0,27
Calibres	2,805	0,07	Calibres	4,218	0,02*
CV = 12,69			CV = 17,84		
Classe 4			Classe 5		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,556	>0,05	Bloco	0,544	>0,05
Calibres	9,072	0,002*	Calibres	7,98	0,04*
CV = 16,81			CV = 23,31		
Classe 6			Classe 7		
Fontes de variação	F	P	Fontes de variação	F	P
Bloco	0,987	>0,05	Bloco	0,938	>0,05
Calibres	7,768	0,003*	Calibres	3,598	0,10
CV = 21,19			CV = 12,39		

CV = Coeficiente de variação. \*Significativo a 5% de probabilidade. Classe 1 e 2 (abaixo de 32 mm de diâmetro do bulbo), Classe 3 (mais de 32 até 37 mm de diâmetro do bulbo), Classe 4 (mais de 37 até 42 mm de diâmetro do bulbo), Classe 5 (mais de 42 até 47 mm de diâmetro do bulbo), Classe 6 (mais de 47 até 56 mm de diâmetro do bulbo) e Classe 7 (mais de 56 mm de diâmetro do bulbo).



**Figura 6.** Análise de regressão quadrática para a quantidade de alho nobre (cv. Ito) produzido (kg ha<sup>-1</sup>) em função dos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), SilK (Silicato de Potássio), Clorfenapir (Inseticida), Bb+SilK (mistura binária em tanque entre Bb e SilK) e controle absoluto (água) para seis calibres de comercialização de acordo com o diâmetro transversal do bulbo. Classe 1 e 2 (abaixo de 32 mm), Classe 3 (mais de 32 até 37 mm), Classe 4 (mais de 37 até 42 mm), Classe 5 (mais de 42 até 47 mm), Classe 6 (mais de 47 até 56 mm) e Classe 7 (mais de 56 mm).

## DISCUSSÃO

### Comentário geral

O presente trabalho traz à luz do conhecimento técnico-científico uma importante nova forma de manejo para proteção de plantas em lavouras comerciais de alho nobre no Cerrado goiano, contra insetos transmissores de viroses, como os tripses. E possui robustez experimental comprovada através do acompanhamento de três safras agrícolas consecutivas. Esse tipo de trabalho é inédito no Brasil e, por isso, a primeira grande pergunta seria se nossos resultados podem ser extrapolados para outras regiões produtoras de alho nobre ou comum (tipo crioulo), pelo fato do *Thrips tabaci* ser praga-chave no alho em todo o país (Resende et al. 2013).

O novo manejo contra tripses acima referenciado, ou seja, o uso de pulverizações foliares através de misturas binárias entre o fungo *Beauveria bassiana* (Bb) e o produto Silicato de Potássio (SilK), demonstrando eficiência no sentido de (i) reduzir a quantidade de tripses planta<sup>-1</sup> no tempo e no espaço, bem como (ii) promover angulação foliar adequada para redução da capacidade suporte das plantas de alho contra a colonização desses insetos, além de aumentar a produção em (iii) quantidade (ton ha<sup>-1</sup>) e (vi) qualidade (calibres mais rentáveis) das plantas de alho supõe que componentes microbiológicos (Bb) associados a produtos com potencial sinérgico (SilK) possuem grande potencial de vir a se tornar parte da rotina fitossanitária e de manejo cultural para produtores de alho no Cerrado goiano. Essa, uma das regiões de maior produção de alho nobre no Brasil (Camargo Filho & Camargo 2017).

Nossos resultados devem ser extrapolados para outras regiões produtoras de alho com cautela, pelo fato das peculiaridades inerentes às condições experimentais de campo deparadas nesse estudo. O município de Campo Alegre de Goiás possui altitude acima dos 800 m, além disso e talvez até mais importante, as condições climáticas em termos de umidade relativa do ar certamente favoreceram a proliferação e/ou talvez manutenção do fungo Bb em termos de desempenho biológico. A relação existente entre a umidade relativa do ar e a eficiência de fungos entomopatógenos no processo de colonização do hospedeiro é fundamental (Wang & Wang 2017). Como regra geral, recomenda-se utilizar aplicações foliares desse fungo, apenas, sob condições de umidade relativa acima de 50% o que foi respeitado no presente trabalho. Além disso, o nosso calendário de aplicações iniciou-se com o desenvolvimento das plantas de alho nobre no campo (a partir do 25º DAG) e seguiram um manejo sequencial, ou seja, aplicações repetidas no tempo e não únicas, até próximo ao final do ciclo vegetativo da planta (100 DAG) o que pode ter contribuído para maior eficiência do fungo contra os tripses, através

da sua abundância no agroecossistema em questão, como sugerido por Wraight & Ramos (2015). Por fim, mas não menos importante, a lâmina de água requerida para a produção de alho nobre no Cerrado goiano é de, aproximadamente, 600 mm por ciclo e o nosso trabalho foi conduzido sob irrigação por pivô central. Isso significa que a quantidade de água requerida pela lavoura, associada com um método de irrigação que facilita o aumento da umidade média no agroecossistema certamente foram fatores que favoreceram a proliferação e colonização do fungo entomopatígeno. Alguns sistemas de produção de alho e cebola vem aderindo ao uso de irrigação por gotejamento, principalmente em regiões com limitada disponibilidade de água (Marouelli & Lucini 2014). Dessa forma, sugerimos que devido às peculiaridades acima abordadas ensaios de mesma natureza devam ser conduzidos em outras regiões produtoras de alho do território brasileiro, incluindo a observação nas respostas para outras cultivares, tanto de alho nobre como crioulo, para averiguação (ou não) das mesmas repostas biológicas aqui encontradas. O uso de misturas binárias entre Bb e Silk, aplicadas via pulverização foliar, para outros vegetais de importância econômica que também hospedam os tripses, como cebola, tomate e batata, por exemplo, não deve ser recomendado sem ensaios de campo previamente realizados.

### **Correlações entre o número de *Thrips tabaci* totais amostrados com variáveis de clima e área plantada entre as safras 2017, 2018 e 2019**

As condições climáticas influenciaram no aumento populacional de *Thrips tabaci* em plantas de alho nobre, ao longo das safras, o que é comumente relatado na literatura tanto para espécies do gênero *Thrips* como *Frankliniella*, as duas infestantes principais em vegetais de importância econômica no Brasil (Morsello et al. 2008). De maneira geral, os tripses que ocorrem em área tropicais possuem preferência por temperaturas ambientais entre 20 a 25°C o que pode explicar o aumento encontrado de aproximadamente 30% a mais de tripses nas safras de 2018 (20,5°C) e 2019 (22°C), em comparação com a safra 2017 (18,5°C). A umidade relativa também desempenha papel importante na dinâmica populacional dos insetos, incluindo *Thrips tabaci* (Waiganjo et al. 2008, Smith et al. 2016), bem como a velocidade do vento que facilita na sua dispersão em escala local (Smith et al. 2016). Dispersão essa que geralmente ocorre das bordas para o centro das lavouras em alho. O aumento da área plantada não necessariamente significou aumento da população de tripses, indicando que outros fatores como a densidade de plantas e ângulo entre folhas centrais podem ser mais determinantes para maiores infestações

em escala local (Almeida et al. 2016). E essa é uma questão importante para os produtores de alho que delimitam suas áreas de plantio muito devido aos prévios acordos comerciais de compra e venda, bem como cotações futuras de preços na época da colheita nas safras anteriores.

### **Número de *Thrips tabaci* em função das safras e tratamentos**

A redução populacional de tripes planta<sup>-1</sup> no tratamento Bb+SilK ao longo das safras de alho avaliadas - de forma comparativa - foi nitidamente observada, ao passo que na última safra (2019) o inseticida Clofenapir já não resultou em um mesmo impacto em termos de controle de tripes como observado nas safras anteriores (2017 e 2018). A espécie *Thrips tabaci* possui alto potencial genético em adquirir resistência a moléculas químicas de inseticidas (Martin et al. 2003). Além disso o inseticida/acaricida Clorfenapir tem sido referenciado como indutor de resistência tanto para tripes (Gao et al. 2012) como para ácaros (Attia et al. 2015). Apesar da provável evidência apontada, novos futuros trabalhos deverão esclarecer se a perda de eficiência do inseticida avaliado, na safra 2019, se trata de um caso de resistência-induzida ou não.

Por outro lado, a eficiência da mistura Bb+SilK ao longo do tempo no sentido de suprimir a população dos tripes a níveis bem abaixo do recomendado para controle comprova que o uso de produtos biológicos pode ter papel determinante na mudança de paradigmas para controle de insetos-praga, no bioma Cerrado brasileiro, como no caso do sistema tripes-alho. O uso de Bb associado com compostos silicatados para controle de insetos e ácaros pragas em outros sistemas agrícolas não é uma ideia nova e tem sido referenciada na literatura (Akbar et al. 2004, Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015) mas, na prática da lavoura, esse tipo de manejo ainda possui seus benefícios totalmente desconhecidos. A prática de fertilização do solo com pó de rocha (que possui Si em sua constituição) tem sido adotada há pouco mais de uma década na agricultura com filosofia e práticas orgânicas e familiares no Brasil (Theodoro & Leonardos 2006). Nas lavouras extensivas cultivadas no bioma Cerrado, essa prática - apenas atualmente - tem despertado atenção dos agricultores por ser mais barata que os fertilizantes atualmente comercializados, além de ecologicamente adequada (Brito et al. 2019). Os tratamentos compostos por Bb e SilK (ambos aplicados de forma isolada) apresentaram reduções, apenas, intermediárias na população de *Thrips tabaci*. Todavia, quando associados em mistura, potencializaram seu efeito o que sugere um caso de sinergismo.

Portanto, nossos resultados, ampliam as perspectivas de uso do Si na cultura do alho, não apenas como componente de fertilização do solo (prática recentemente adotada por alguns agricultores através do uso do pó de rocha) mas também como importante ferramenta para o Manejo Integrado de Pragas como componente com uso através de misturas solúveis, associadas a fungos entomopatogênicos.

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 pelo ácaro. Além disso, 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* (todos fungos entomopatogênicos) 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. 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*. Portanto, apesar de não termos avaliado experimentalmente, embora haja fortes evidências como aquelas acima reportadas, a maior resistência ao fungo aplicado sob condições de campo em mistura com SilK pode ter sido o motivo para o evidente sinergismo observado, indicando o tratamento Bb+SilK como aquele mais promissor.

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 químicos secundários de proteção a plantas de importância econômica (Reynolds et al. 2016). 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 alho (família Liliaceae) 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 alho 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 alho seja não-responsivo à adubação silicatada. Determinadas vantagens da aplicação exógena de fontes de silício, em plantas de alho, geralmente são mais relacionadas com parâmetros de produção (Mohamed et al. 2019) e desenvolvimento foliar, em termos de altura de plantas, número de folhas planta<sup>-1</sup> e peso seco das folhas (Zyada & Bardisi 2018). Contudo, com a promoção do crescimento foliar, o ângulo entre as folhas centrais certamente pode ser alterado. No alho, a arquitetura foliar tem sido referenciada como importante ferramenta de manejo contra tripses, devido ao hábito tigmotático apresentado por esses insetos (Hossain et al. 2014). No nosso trabalho, isso pode ter resultado em uma população de tripses planta<sup>-1</sup> menor quando o SilK foi aplicado isolado, em comparação ao tratamento controle absoluto pelo efeito indireto na mudança de arquitetura foliar que, mais adiante, será discutida.

### **Flutuação populacional de *Thrips tabaci* em função das safras e tratamentos**

A flutuação populacional de *Thrips tabaci*, sob condições de campo, geralmente é relatada com um leve aumento (nos estágios iniciais da planta) a até um pico máximo populacional e, posteriormente, brusca redução como observado no presente trabalho e também relatado por Gonçalves (1997) para *T. tabaci* nas variedades de cebola Baia, Jubileu, Crioula e Norte 14 em Ituporanga (SC) no Brasil e por El-Sheikh (2017) para *T. tabaci* em cebola (cultivar não relatada pelo autor) no Egito. As respostas biológicas na população do *Thrips tabaci* modeladas significativamente através de regressões polinomiais cúbicas, observadas em todos os tratamentos pulverizados ao longo do tempo e safras, comprovaram que o agroecossistema do alho possui capacidade suporte, em termos de eficiência de controle do tripses, para a utilização dos produtos Bb, SilK, o inseticida Clorfenapir, bem como a mistura binária entre aqueles dois primeiros. Picos tardios na população do inseto foram observados quando os produtos foram pulverizados, enquanto que picos precoces na população dos tripses, gerando modelos significativos de regressão quadrática, foram observados no controle absoluto. A ocorrência de picos precoces de transmissores de viroses em alho pode se tornar um grande desafio para redução populacional desses insetos devido à sua capacidade de reprodução e

comportamento tigmotático (Diaz-Montano et al. 2011). Áreas com infestações altas e precoces de tripes são geralmente mais difíceis de se executar métodos de controle (Bergant et al. 2006). Além disso, por se tratar de uma hortaliça onde as sementes das próximas safras são obtidas do próprio campo de produção, materiais infectados por vírus podem reduzir, inevitavelmente, o vigor dos bulbos que originarão sementes na próxima safra, o que causa comprometimento do seu potencial produtivo (Mishra et al. 2014).

Na fase de diferenciação do alho nobre (cv. Ito), onde a maior discrepância no ciclo populacional do inseto foi observada, compreendida entre os 40 a 55 DAG, os produtos pulverizados (isolados ou sob mistura), independente da sua natureza química ou biológica, originaram menores populações de tripes com redução de cerca de 51% (safra 2017), 50% (safra 2018) e 59% (safra 2019) em comparação ao tratamento controle absoluto. Isso não apenas comprova que métodos de controle de tripes devem ser utilizados concomitante às primeiras dezenas de dias de desenvolvimento das plantas de alho (no nosso caso, a partir do 25º DAG), mas também que *Thrips tabaci* possui alta capacidade reprodutiva e, portanto, de aumento populacional exatamente a partir da fase de diferenciação do alho. Nesse contexto, o tratamento Bb+SilK não apenas modificou através da redução quantitativa o número de tripes planta<sup>-1</sup> presentes no campo, como também ao longo das três safras teve papel determinante em reduzir drasticamente essa população mantendo-a sob baixos limiares. O papel das condições climáticas, como a temperatura, na manutenção da viabilidade conidial em *Beauveria bassiana* tem sido discutido sob condições de armazenamento (estocagem) e campo. A temperatura não apenas auxilia na manutenção da viabilidade biológica em fungos entomopatógenos, mas também na sua proliferação natural. Temperaturas moderadas, 25 a 30°C auxiliaram na manutenção de esporos viáveis em *B. bassiana* (>85%) por até 18 meses (Kim et al. 2019). Além disso, o uso de *B. bassiana* aplicado de forma foliar contra insetos sugadores, mas sem adição de algum componente sinérgico ao fungo, não diferiu da eficiência de controle comparada ao uso do inseticida Imidacloprid, como reportado por Michereff Filho et al. (2011) contra o pulgão *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) em repolho. Sugerimos, portanto, que a união entre as condições ambientais adequadas, bem como o efeito sinérgico proporcionado pelo SilK, ao fungo, tenha resultado em um maior controle a médio prazo (três anos) de uso ininterrupto. Essa certamente é a grande contribuição informativa do presente trabalho no contexto de controle de tripes em plantas de alho nobre.

### **Ângulo das folhas centrais do alho nobre em função dos tratamentos**

O ângulo formado entre as folhas centrais do alho e cebola é um importante marcador fenotípico de resistência dessa planta contra a incidência de tripes (Hanafy et al. 2016). Pelo fato que plantas com menores ângulos entre folhas geram maior capacidade de abrigo a ninfas e adultos de tripes, além de ser nas folhas centrais onde se encontram tecidos mais tenros que são preferidos por esses insetos para sucção de seiva. Até o 70º DAG o tratamento controle absoluto foi aquele que originou menores ângulos entre folhas centrais do alho em comparação com os demais tratamentos e isso pode explicar a discrepância comparativa, nesse intervalo de tempo, entre o quantitativo de tripes amostrados nas três safras avaliadas; bem como a significância de diferentes modelos matemáticos encontrados entre os tratamentos para a flutuação do inseto-praga.

Se supormos que no controle absoluto as plantas de alho tenham externado seu comportamento real quanto à dinâmica de crescimento, abertura e fechamento das folhas centrais no alho, dessa forma podemos concluir que até os 70 DAG, ou seja, mais da metade do ciclo do alho, os tratamentos Bb, SilK, Clorfenapir e Bb+SilK podem desempenhar um controle na população de tripes satisfatório não apenas tendo os tripes como alvo biológico, mas também atuando como catalisador na mudança espacial das folhas do alho o que, como reação, aumenta sua resistência fenotípica contra a incidência desse tipo de inseto. O fato do tratamento Bb+SilK ter sido aquele onde ocorreu maior angulação entre as folhas do alho após os 70 DAG ainda não está bem claro em termos de justificativas. Apesar do SilK ter sido referenciado como componente importante na mudança espacial de folhas em várias espécies vegetais que o acumulam (ou não) em seus tecidos, a questão seria responder como o fungo entomopatogênico poderia estar interagindo com o vegetal para que respostas na angulação, como as observadas no presente trabalho, tenham ocorrido. E isso é válido especialmente pelo fato de que o tratamento Bb aplicado de forma isolada ter apresentado maior angulação foliar no alho antes dos 70 DAG e menor angulação após os 70 DAG.

### **Produtividade quantitativa (ton ha<sup>-1</sup>) e qualitativa (calibres) do alho nobre em função das safras e tratamentos**

A média de produtividade do alho no Brasil (cerca de 10 ton ha<sup>-1</sup>) (Camargo Filho & Camargo 2017) diz respeito às médias do alho nobre, semi-nobre e comum produzidos em território nacional e que, portanto, posicionam-se bem abaixo dos valores por hora encontrados

no presente trabalho. O alho nobre cultivado no bioma Cerrado rivaliza em quantidade produzida e qualidade com o alho da Argentina, um dos maiores exportadores dessa hortaliça para o Brasil (Schwartzman 2015). A população de tripses incidente no alho nobre não aparentou significar em perdas diretas na produtividade dessa planta, como acontece com outras fontes de estresse biótico, pois mesmo os tratamentos com baixas populações iniciais de tripses (p.ex. Bb, SilK e Clorfenapir) não demonstraram maiores produtividades em comparação ao tratamento controle absoluto, independente das safras avaliadas. *Thrips tabaci* pode, por outro lado, promover perdas em qualidade das sementes geradas, uma vez que infecções por vírus são diagnosticadas (Fayad-André et al. 2011). Outro fator que pode justificar as produtividades semelhantes entre os tratamentos Bb, SilK, Clorfenapir e controle absoluto ao longo das safras 2017, 2018 e 2019 foi o fato de que as plantas de alho foram tombadas, enleiradas e, por fim, submetidas ao processo de cura da mesma forma entre tratamentos o que pode ter facilitado na homogeneização daqueles bulbos fora do padrão em termos de massa.

O tratamento Bb+SilK foi aquele onde as maiores produtividades foram observadas ao longo das safras avaliadas, com médias de 17,57 ton ha<sup>-1</sup>, 17,45 ton ha<sup>-1</sup> e 18,53 ton ha<sup>-1</sup>, nas safras 2017, 2018 e 2019, respectivamente. Nos intriga o fato do sinergismo observado entre esses dois componentes também ter refletido na massa dos bulbos (o componente principal da produtividade) daquelas plantas previamente submetidas a pulverizações foliares periódicas. Pulverizações com o fungo *Beauveria bassiana* no agroecossistema do alho são ainda pouco praticadas no Brasil, em despeito do que ocorre em outros vegetais de importância econômica (Li et al. 2010). Nos dias atuais, o uso de fungos entomopatogênicos tem sido descrito com papel bem definido em termos de controle de insetos herbívoros (Sandhu et al. 2012). Todavia, pesquisas recentes têm apontado que o fungo *B. bassiana*, pela sua própria natureza endofítica, possa ter uma relação simbiótica com vegetais - antes pouco explorada - levando à produção de metabólitos secundários e induzindo a produção de hormônios vegetais (Liao et al. 2017) importantes às plantas tanto em termos de qualidade fitoquímica, como reportado por Espinoza et al. (2019) para *Allium schoenoprasum* L. (Amaryllidaceae), como atuantes na produção quantitativa como em plantas de milho (Russo et al. 2019a) e soja (Russo et al. 2019b).

O fato da grande maioria dos bulbos de alho, independente dos tratamentos e safras agrícolas avaliadas, terem sido apresentados com maior valor comercial muito se deve ao uso da cv. Ito, atualmente, uma das cultivares de alho nobre mais exploradas no bioma Cerrado devido ao seu relativo fácil manejo no campo, produtividade, qualidade dos bulbos e, acima de

tudo, boas margens de preço comercial nas vendas (Resende et al. 2013). O fato do tratamento Bb+SilK ter originado mais bulbos com maior calibre, em comparação aos demais tratamentos, pode estar relacionado, de maneira direta, por esse tratamento ter sido aquele que originou a maior produtividade em comunhão com a qualidade produtiva da cv. Ito explorada no presente trabalho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de pulverizações foliares com misturas binárias entre o fungo *Beauveria bassiana* (Bb) e o produto Silicato de Potássio (SilK) significou mudanças positivas para as plantas de alho nobre cultivadas no bioma Cerrado, com esse manejo praticado por 3 safras agrícolas consecutivas, tais como: (i) redução na quantidade de tripes planta<sup>-1</sup> no tempo e no espaço; (ii) promoção de angulação foliar adequada para redução da capacidade suporte das plantas de alho contra a colonização desses insetos; (iii) aumento na produção em quantidade (ton ha<sup>-1</sup>) e, por fim, (iv) aumento na produção em qualidade (calibres mais rentáveis) nos bulbos de alho. Sugerimos, por fim, que agentes biológicos (Bb) associados a produtos com potencial sinérgico (SilK) possuem grande perspectiva em se tornar parte da rotina fitossanitária e de manejo cultural para produtores de alho nobre no Cerrado goiano.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, IF Goiano (Campus Urutaí) e Fazenda Paineiras, Lote 5, pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo aos alunos envolvidos no presente trabalho durante os três anos de experimentos. A equipe de alunos dos cursos Técnico em Agropecuária e Bacharelado em Agronomia do IF Goiano (Campus Urutaí) que auxiliaram na execução das atividades em ambas as etapas de campo e laboratório. À Fazenda Paineiras, Lote 5, município de Campo Alegre de Goiás, em nome dos senhores João Romeiro e Yukio Ishi pelo suporte e apoio para condição dos experimentos. À empresa Simbiose<sup>®</sup> Agrotecnologia Biológica pelo apoio na concessão do produto Bb avaliado. À empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda pela concessão do produto SilK. Aos professores Dr. Élisson Fabrício Bezerra Lima (UFPI) e Dr. Laurence A. Mound (CSIRO, Austrália) pelo auxílio na identificação dos tripes amostrados. E, por fim, ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Campus Urutaí pelo estímulo ao desenvolvimento desse trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida ACS, L Nogueira, MS Netto, AIA Pereira & FG Jesus. 2016. Relationship on the incidence of *Thrips tabacci* and spacing of garlic plantation. African Journal of Agricultural Research. 11: 755-759.

Anjum NA, HU Shakir & Z Ahmed. 2014. 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. 2: 1-5.

Akbar W, JC Lord, JR Nechols & RW Howard. 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. Journal of Economic Entomology. 97: 273-280.

Attia S, KG Lebdi, S Heuskin, G Lognay & T Hance. 2015. An analysis of potential resistance of the phytophagous mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to four botanical pesticides. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment. 19: 232-238.

Brito RS, JF Batista, JGV Moreira, KNO Moraes & SO da Silva. 2019. Rochagem na agricultura: Importância e vantagens para adubação suplementar. South American Journal of Basic Education, Technical and Technological. 6: 528-540.

Broughton S & J Harrison. 2012. Evaluation of monitoring methods for thrips and the effect of trap colour and semiochemicals on sticky trap capture of thrips (Thysanoptera) and beneficial insects (Syrphidae, Hemerobiidae) in deciduous fruit trees in Western Australia. Crop Protection. 42: 156-163.

Berganta K, LK Bogataj & S Trdan. 2006. Uncertainties in modelling of climate change impact in future: An example of onion thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) in Slovenia. Ecological Modelling. 194: 244-255.

Camargo Filho WP & FP Camargo. 2017. A quick review of the production and

commercialization of the main vegetables in Brazil and the world from 1970 to 2015. *Horticultura Brasileira*. 35: 160-166.

El-Sheikh MF. 2017. Effectiveness of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as biological control agents of the onion thrips, *Thrips tabaci* Lind. *Journal of Plant Protection and Pathology*. 8: 319-323.

Espinoza F, S Vidal, F Rautenbach, F Lewu & F Nchu. 2019. Effects of *Beauveria bassiana* (Hypocreales) on plant growth and secondary metabolites of extracts of hydroponically cultivated chive (*Allium schoenoprasum* L. [Amaryllidaceae]). *Heliyon*. 5: e03038.

Esty WW & JD Banfield. 2003. The box-percentile plot. *Journal of Statistical Software*. 8: 1-14.

Fayad-André MS, AN Dusi & RO Resende. 2011. Spread of viruses in garlic fields cultivated under different agricultural production systems in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 36: 341-349.

Gatarayiha MC, MD Laing & RM Miller. 2010. 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*. 56: 291-297.

Gao Y, Z Lei & SR Reitz. 2012. Western flower thrips resistance to insecticides: detection, mechanisms and management strategies. *Pest Management Science*. 68: 1111-1121.

Gonçalves PAS. 1997. Flutuação populacional de tripes, *Thrips tabaci* Lind., em cebola em Ituporanga, Santa Catarina. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 26: 365-369.

Hamada C. 2018. Statistical analysis for toxicity studies. *Journal of Toxicologic Pathology*. 31: 15-22.

Hanafy ARI, TR Abd-Elzaher, EE Nowar & SM Hasan. 2016. Effect of anatomical and

phytochemical diversity of two onion cultivars on the infestation with onion thrips (Thysanoptera: Thripidae). Middle East Journal of Applied Sciences. 06: 941-948.

Hossain MM, KM Khalequzzaman, MA Wadud, MB Sarker & RN Ahmed. 2014. Evaluation of garlic genotypes against thrips. International Journal of Experimental Agriculture. 4: 1-4.

Kaiser D, S Bacher, L Mène-Saffrané & G Grabenweger. 2019. Efficiency of natural substances to protect *Beauveria bassiana* conidia from UV radiation. Pest Management Science. 75: 556-563.

Kaushik P & DK Saini. 2019. Silicon as a vegetable crops modulator – a review. Plants. 8: 148.

Khalifa MMA, NAH Fetyan, MSA Magid & NI El-Sheery. 2017. Effectiveness of potassium silicate in suppression white rot disease and enhancement physiological resistance of onion plants, and its role on the soil microbial community. Middle East Journal of Agriculture Research. 06: 376-394.

Kim JC, MR Lee, S Kim, SJ Lee, SE Park, S Baek, L Gasmi, TY Shin, JS Kim. 2019. Long-term storage stability of *Beauveria bassiana* ERL836 granules as fungal biopesticide. Journal of Asia-Pacific Entomology. 22: 537-542.

Klinger E, E Groden & F Drummond. 2006. *Beauveria bassiana* horizontal infection between cadavers and adults of the colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Environmental Entomology. 35: 992-1000.

Kozak M, W Krzanowski & M Tartanus. 2012. Use of the correlation coefficient in agricultural sciences: problems, pitfalls and how to deal with them. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 84: 1147-1156.

Leite GLD, MC dos Santos, SL Rocha, CA da Costa, E Maia & CI Almeida. 2004. Intensidade de ataque de tripes, de alternaria e da queima-das-pontas em cultivares de cebola. Horticultura Brasileira. 22: 151-153.

Li Z, SB Alves, DW Roberts, M Fan, I Delalibera Jr, J Tang, RB Lopes, M Faria & DEN Rangel. 2010. Biological control of insects in Brazil and China: history, current programs and reasons for their successes using entomopathogenic fungi. *Biocontrol Science and Technology*. 20: 117-136.

Liao X, B Lovett, W Fang & RJ St Leger. 2017. *Metarhizium robertsii* produces indole-3-acetic acid, which promotes root growth in *Arabidopsis* and enhances virulence to insects. *Microbiology*. 163: 980-991.

Macêdo FS, RJ Souza, JG Carvalho, BR Santos & LVR Leite. 2009. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. *Bragantia*. 68: 657-663.

Marouelli WA & MA Lucini. 2014. Manejo de irrigação na cultura do alho. *Revista Agropecuária Catarinense*. 26: 46-49.

Martin NA, PJ Workman & RC Butler. 2003. Insecticide resistance in onion thrips (*Thrips tabaci*) (Thysanoptera: Thripidae). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 31: 99-106.

Michereff Filho M, SOD Oliveira, RS De Liz & M Faria. 2011. Cage and field assessments of *Beauveria bassiana*-based mycoinsecticides for *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) control in cabbage. *Neotropical Entomology*. 40: 470-476.

Mishra S, P Kumar & A Malik. 2015. Effect of temperature and humidity on pathogenicity of native *Beauveria bassiana* isolate against *Musca domestica* L. *Journal of Parasitic Diseases*. 39: 697-704.

Mo J, S Munro, A Boulton & M Stevens. 2008. Within-plant distribution of onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) in onions. *Journal of Economic Entomology*. 101: 1331-1336.

Mohamed YAE, EA El-Ghamriny, A Bardisi & DAS Nawar. 2019. Effect of planting date and foliar spray with potassium silicate on growth and yield of some garlic cultivars. *Zagazig*

Journal of Agricultural Research. 46: 295-308.

Morsello SC, RL Groves, BA Nault & GG Kennedy. 2008. Temperature and precipitation affect seasonal patterns of dispersing tobacco thrips, *Frankliniella fusca*, and onion thrips, *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) caught on sticky traps. *Environmental Entomology*. 37: 79-86.

Moura AP, JA Guimarães, FR Fernandes & M Michereff Filho. 2013. Recomendações técnicas para o manejo integrado de pragas da cultura do alho. Circular Técnica no 118, Embrapa Hortaliças, Brasília (DF), Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasil. 13p.

Natwick ET, JA Byers, CC Chu, M Lopez & TJ Henneberry. 2007. Early detection and mass trapping of *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* in vegetable crops. *Southwestern Entomologist*. 32: 229-238.

Raslan M, S AbouZid, M Abdallah & M Hifnawy. 2015. Studies on garlic production in Egypt using conventional and organic agricultural conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 10: 1631-1635.

Resende JTV, RGF Morales, DS Zanin, FV Resende, JT de Paula, DM Dias, AG Galvão. 2013. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. *Horticultura Brasileira*. 31: 157-162.

Reynolds OL, MP Padula, R Zeng & GM Gurr. 2016. Silicon: Potential to promote direct and indirect effects on plant defense against arthropod pests in agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 7: 744.

Rodrigues FÁ, HSS Duarte, DC Rezende, JÁ Wordell Filho, GH Korndörfer & L Zambolim. 2010. Foliar spray of potassium silicate on the control of angular leaf spot on beans. *Journal of Plant Nutrition*. 33: 2082-2093.

Rodriguez-Saona CS, JA Byers & D Schiffhauer. 2012. Effect of trap color and height on

capture of blunt-nosed and sharp-nosed leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) and non-targeted arthropods in cranberry bogs. *Crop Protection*. 40: 132-144.

Russo ML, AC Scorsetti, MF Vianna, M Cabello, N Ferreri & S Pelizza. 2019a. Endophytic effects of *Beauveria bassiana* on Corn (*Zea mays*) and its herbivore, *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*. 10: 1-9.

Russo ML, SA Pelizza, MF Vianna, N Allegrucci, MN Cabello, AV Toledo, C Mourellos & AC Scorsetti. 2019b. Effect of endophytic entomopathogenic fungi on soybean *Glycine max* (L.) Merr. growth and yield. *Journal of King Saud University – Science*. 31: 728-736.

Sandhu SS, AK Sharma, V Beniwal, G Goel, P Batra, A Kumar, S Jaglan, AK Sharma & S Malhotra. 2012. Myco-Biocontrol of insect pests: factors involved, mechanism, and regulation. *Journal of Pathogens*. Article ID 126819.

Sato ME, MZ Da Silva, KG Cangani & A Raga. 2007. Seleções para resistência e suscetibilidade, detecção e monitoramento da resistência de *Tetranychus urticae* ao acaricida Clorfenapir. *Bragantia*. 66: 89-95.

Schwartzman KC. 2015. Will China's development lead to Mexico's underdevelopment. *Journal of World-Systems Research*. 21: 106-123.

Shah PA & JK Pell. 2003. Entomopathogenic fungi as biocontrol agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 61: 413-423.

Shakir HU, M Saeed, NA Anjum, A Farid, IA Khan, M Liaquat & T Badshah. 2015. 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*. 3: 173-177.

Silva AWB, MM Haro & LCP Silveira. 2012. Diversity of the arthropod fauna in organically grown garlic intercropped with fodder radish. *Revista Brasileira de Agroecologia*. 7: 1-11.

Smith EA, EJ Shields & BA Nault. 2016. Impact of abiotic factors on onion thrips (Thysanoptera: Thripidae) aerial dispersal in an onion ecosystem. *Environmental Entomology*. 45: 1115-1122.

Theodoro SH & OH Leonardos. 2006. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 78: 721-730.

Thongjua T, J Thongjua, J Sriwareen & J Khumpairun. 2015. Attraction effect of thrips (Thysanoptera: Thripidae) to sticky trap color on orchid greenhouse condition. *Journal of Agricultural Technology*. 11: 2451-2455.

Trdan S, N Valic, I Zezlina, K Bergant & D Znidarcic. 2005. Light blue sticky boards for mass trapping of onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), in onion crops: fact or fantasy? *Journal of Plant Diseases and Protection*. 112: 173-180.

Vargas M, B Glaz, G Alvarado, J Pietragalla, A Morgounov, Y Zelenskiy & J Crossa. 2015. Analysis and Interpretation of Interactions in Agricultural Research. *Agronomy Journal*. 107: 748-762.

Waiganjo MM, LM Gitonga & JM Mueke. 2008. Effects of weather on thrips population dynamics and its implications on the thrips pest management. *African Journal of Horticultural Science*. 1: 82-90.

Wang C & S Wang. 2017. Insect Pathogenic Fungi: Genomics, Molecular Interactions, and Genetic Improvements. *Annual Review of Entomology*. 62: 73-90.

Wright SP & ME Ramos. 2015. Delayed efficacy of *Beauveria bassiana* foliar spray applications against colorado potato beetle: Impacts of number and timing of applications on larval and next-generation adult populations. *Biological Control*. 83: 51-67.

Wu S, Y Gao, X Xu, Y Zhang, J Wang, Z Lei & G Smagghe. 2013. Laboratory and greenhouse evaluation of a new entomopathogenic strain of *Beauveria bassiana* for control of the onion

thrips *Thrips tabaci*. *Biocontrol Science and Technology*. 23: 794-802.

Zyada HG & EA Bardisi. 2018. Effect of potassium application methods on garlic plants grown under sandy soil conditions. *Zagazig Journal of Agricultural Research*. 45: 1941-1951.