

**ESTRATÉGIA DE MANEJO COM BIOINSUMOS PARA**  
*Dalbulus maidis*, **INCLUINDO EM PLANTAS NÃO**  
**HOSPEDEIRAS**

**Dalvan dos Santos**  
Biólogo

**DALVAN DOS SANTOS**

**ESTRATÉGIA DE MANEJO COM BIOINSUMOS PARA  
*Dalbulus maidis*, INCLUINDO EM PLANTAS NÃO  
HOSPEDEIRAS**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carmen Rosa da Silva Curvêlo

Có-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  
2023

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

dos Santos, Dalvan  
dD152e      ESTRATÉGIA DE MANEJO COM BIOINSUMOS PARA *Dalbulus*  
*maidis*, INCLUINDO EM PLANTAS NÃO HOSPEDEIRAS /  
Dalvan dos Santos; orientador Carmen Rosa da Silva  
Curvêlo; co-orientador Alexandre Igor Azevedo  
Pereira. -- Urutai, 2023.  
41 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação  
em Proteção de Plantas) -- Instituto Federal Goiano,  
Campus Urutai, 2023.

1. *Pisum sativum*. 2. *Zea mays*. 3. *Beauveria*. 4.  
*Metarhizium*. 5. *Isaria*. I. da Silva Curvêlo, Carmen  
Rosa, orient. II. Azevedo Pereira, Alexandre Igor,  
co-orient. III. 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, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, 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 (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <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 |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano:

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;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, 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;
- Que 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.

Local

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



## DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, minha família, minha orientadora Prof. Dra Carmen Rosa da Silva Curvelo, ao meu coorientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, a gestão e a coordenação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, aos meus amigos e parentes que de alguma forma ajudaram, direta ou indiretamente com minha formação.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, arquiteto de toda existência, por colocar em minha jornada pessoas tão dedicadas e prestativas para ajudar-me nesta jornada, pessoas sem as quais, eu nunca alcançaria meu objetivo, apesar de a jornada ser minha a direção é do Eterno. Gratidão a todos e que Deus recompense a cada um.

Agradeço aos meus pais Jose dos Santos e Conceição de Jesus Santos, que já se foram deste mundo, mas que sempre desejaram concretização da minha vida acadêmica.

Agradeço a minha esposa Heliana Ribeiro Neri dos Santos, minha filha Sofia Neri dos Santos e ao meu filho Davi Neri dos Santos, que sempre me ajudaram com motivação conhecimento e apoio, agradeço aos meus cinco irmãos, meus amigos e parentes que direta ou indiretamente ajudaram no desenvolvimento do projeto.

À minha orientadora Prof. Dra. Carmen Rosa da Silva Curvelo, pela paciência, consideração pelos ensinamentos, por ter me mostrado a direção para desenvolver este trabalho. Agradeço também ao meu coorientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, a quem sempre serei grato, por ter acreditado em mim, ter proporcionado meios para o desenvolvimento deste trabalho. A este casal e a todos quanto me ajudaram, mesmo sem me conhecer, não mediram esforços para que este trabalho se tornasse possível.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas que contribuíram, se dedicaram, mesmo em épocas tão difíceis da pandemia, se adaptaram com grandes e notáveis esforços, todos contribuíram com os meus aprendizados com a minha formação.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram com minha formação.

Agradeço a todos meus colegas de classe, mesmo não tendo muito contato pelas restrições da pandemia, conseguimos nos adaptarmos e ajudarmos mutuamente, sou grato a toda a ajuda que me deram durante esses dois anos.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS.....	20
DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÕES.....	33
AGRADECIMENTOS.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## ESTRATÉGIA DE MANEJO COM BIOINSUMOS PARA *Dalbulus maidis*, INCLUINDO EM PLANTAS NÃO HOSPEDEIRAS

### RESUMO

*Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) gera perdas em diversos tipos de milho produzidos no Brasil, pela transmissão de patógenos. Sua quantidade em plantios agrícolas sem seus hospedeiros preferenciais tem aumentado, como em Solanaceae e Fabaceae. Métodos químicos geram controle de até 90%, mas com carência de, apenas, sete dias via TS mais aplicações foliares. Essa baixa eficiência temporal pode ser útil para a integração dos métodos químicos e microbiológicos. Uma premissa do Manejo Integrado de Pragas (MIP). Portanto, avaliamos os fungos parasitas *Beauveria bassiana* (Bb), *Metarhizium anisopliae* (Ma) e *Isaria fumosorosea* (Isa) contra *Dalbulus maidis*, em plantas de ervilha (var. Gallant), sob condições de campo. Adicionalmente, avaliamos a performance desses fungos em mistura na pré-aplicação com o indutor de resistência silicato de potássio, incluindo na produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) daquela planta. Os tratamentos foram dispostos através de um fatorial (3x2)+2, com três níveis do fator Fungos (Bb, Ma ou Isa), dois níveis do fator SilK (sem e com silicato de potássio) mais a adição de duas testemunhas: absoluta (apenas água) e uma positiva com profenofós+lufenurum. As cigarrinhas foram amostradas por armadilhas adesivas amarelas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação dos tratamentos. A mistura entre o SilK e os fungos entomopatógenos aumentou a capacidade desses parasitas infectarem adultos de *Dalbulus maidis*. Porém, 85,63% das cigarrinhas-do-milho amostradas não apresentaram infecção fúngica, sugerindo que fatores inerentes à arquitetura da planta de ervilha e condições climáticas podem ter contribuído para essas baixas infecções, independente das espécies de fungos avaliadas. Uma maior quantidade de cigarrinhas-do-milho infectadas foram amostradas nas parcelas com *Isaria fumosorosea* (Isa), do que com *Beauveria bassiana* (Bb) ou *Metarhizium anisopliae* (Ma). O indutor de resistência SilK possui relevância na relação fungo-hospedeiro aqui investigada. Pois quando consideramos a significância do fator isolado SilK, a sua ausência foi determinante para maiores quantidades de cigarrinhas sem infecção amostradas. E sua presença aumentou o número de insetos infectados. Esse manejo com misturas binárias entre fungos e o SilK também incrementou a produtividade das plantas de ervilha.

**Palavras-chave:** *Pisum sativum*, *Zea mays*, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, silicato de potássio, produtividade.

## MANAGEMENT STRATEGY WITH BIOINPUTS FOR *Dalbulus maidis*, INCLUDING IN NON-HOST PLANTS

### ABSTRACT

*Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) generates losses in several types of corn produced in Brazil, due to the transmission of pathogens. Its quantity in agricultural plantations without its preferred hosts has increased, as in Solanaceae and Fabaceae. Chemical methods generate control of up to 90% but with a shortage of only seven days via seed treatment plus foliar applications. This low temporal efficiency can be useful for the integration of chemical and microbiological methods. A premise of Integrated Pest Management (IPM). Therefore, the parasitic fungi *Beauveria bassiana* (Bb), *Metarhizium anisopliae* (Ma) and *Isaria fumosorosea* (Isa) against *Dalbulus maidis* in pea plants (var. Gallant), under field conditions, was evaluated. Additionally, we investigated the performance of these fungi in mixture in the pre-application with the potassium silicate resistance inducer, including the productivity (kg ha<sup>-1</sup>) of that plant. The treatments were arranged through a factorial (3x2)+2, with three levels of Fungi factor (Bb, Ma or Isa), two levels of SilK factor (without and with potassium silicate) plus the addition of a control group: absolute one (water only) and a positive one with prophenophos+lufenunom. The leafhoppers were sampled by yellow adhesive traps at 0, 3, 6, 9 and 12 days after the treatment application. The mixture between SilK and entomopathogenic fungi increased the ability of these parasites to infect adults of *Dalbulus maidis*. But 85.63% of the corn leafhoppers sampled did not present fungal infection, suggesting that factors inherent to the architecture of the pea plant and climatic conditions may have contributed to these low infections, regardless of the fungal species evaluated. A greater number of infected maize leafhoppers were sampled in the plots with Isa than with Bb or Ma. The SilK resistance inducer has relevance in the fungus-host relationship investigated here. When we consider the significance of the isolated factor SilK, its absence was determinant for larger quantities of leafhoppers without infection sampled. And SilK presence increased the number of infected insects. This management with binary mixtures between fungi and SilK also increased pea plants yield.

**Key-words:** *Pisum sativum*, *Zea mays*, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria*, potassium silicate, yield.

## INTRODUÇÃO

*Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) tem gerando perdas de produção de 70%, 50% e 20% devido à transmissão dos patógenos fitoplasma, fitoplasma+espiroplasma e espiroplasma, respectivamente, em diversos tipos de milho produzidos no Brasil (Massola Junior et al. 1999). No caso do milho-doce (*Zea mays* var. *saccharata*) esses prejuízos são ainda maiores por sua alta suscetibilidade (Viana et al. 2002). Esse cicadélídeo é de difícil controle, com diferentes estratégias de sobrevivência em ambientes agrícolas na ausência dos seus três hospedeiros prediletos (milho, teosintos e *Tripsacum* spp., todas Poaceae) (Waquil et al. 1999). Tais como alimentação em plantas espontâneas em escala local, sejam mono (Pitre et al., 1966) ou dicotiledôneas (Markham et al., 1977). Redução do seu metabolismo sob fatores abióticos limitantes, como observado no México (Larsen et al. 1992) ou até mesmo migração a curtas, médias e longas distâncias (Taylor et al. 1993) para áreas com abundância alimentar.

A quantidade de cigarrinhas-do-milho amostradas em plantios agrícolas cujas plantas não são seus hospedeiros preferenciais tem despertado atenção nos últimos anos nas regiões Leste, Sudeste e Sul do estado de Goiás, Brasil. Onde boa parte das agroindústrias brasileiras estão instaladas (Vilela et al. 2012). Essas, através de contratos de compra e venda pré-estabelecidos, negociam a produção com agricultores parceiros, fornecem mão-de-obra técnica e adquirem a matéria-prima para posterior beneficiamento e agregação de valor em forma de produtos alimentícios comercializados no mercado interno e externo (CODEVASF 2021). A produção de batata (*Solanum tuberosum*, Solanaceae) pré-cozida ou em forma de chips, de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Solanaceae) para molhos, extratos e ketchup, milho-doce (*Zea mays* var. *saccharata*) para enlatamento ou congelamento e ervilha (*Pisum sativum*, Fabaceae) de grãos secos (para a indústria de reidratação) ou de grãos verdes (para enlatamento ou congelamento) originam matérias-primas vegetais com maiores volumes beneficiados pelas principais agroindústrias do Brasil, atualmente (Nascimento et al. 2016, Rosa et al. 2018).

Em plantas de tomateiro industrial (Solanaceae) (cv. Heinz 9553), no estado de Goiás, populações de *Dalbulus maidis* foram amostradas, com médias populacionais de 200 indivíduos, por armadilha adesiva amarela (Silva et al. 2018). Nessas áreas havia cultivos sucessivos de tomate e milho-doce, com dois a três meses de diferença entre o plantio na mesma escala local. Populações de *Dalbulus maidis* também foram reportadas em feijão (*Phaseolus vulgaris* var. Huetar) capturadas com armadilhas adesivas amarelas

na região do Vale Central, Costa Rica (Castro et al. 1992). E, mais recentemente, populações desse inseto tem sido observadas em plantios comerciais de ervilha no estado de Goiás.

A grande quantidade de nitrogênio recomendada para a produção de ervilhas, tomates, batatas e o próprio milho-doce pode ter relação com a manutenção de altas populações da cigarrinha-do-milho no campo, como sugerido por Power (1989). O acúmulo de nitrogênio e aminoácidos livres, inibindo a síntese de proteínas, é um reconhecido fator que auxilia na manutenção de altas populações para insetos sugadores e transmissores de patógenos, em campo (Chen et al. 2010). Apesar da ausência de sintomas visuais dos mollicutes que ocasionam enfezamento pálido (*corn stunt spiroplasma*) e enfezamento vermelho (maize bushy stunt phytoplasma) (Oliveira et al. 2003, Pérez-López et al. 2018), além do vírus da risca (*maize "rayado fino" virus*) (Oliveira et al. 2003) nesses hospedeiros incomuns (tomate, batata e ervilha), a manutenção de populações de *Dalbulus maidis*, mesmo que em menor quantidade do que no milho-doce, pode estar justificando a ré-infestação rápida e inicial nos primeiros estágios vegetativos naquela Poaceae. O que dificulta, reiteradamente, seu controle. E isso é afirmativo para *Dalbulus maidis* que pode manter altas quantidades de inóculos de fitopatógenos incubados nas glândulas salivares, mesmo após meses de pousio (Oliveira et al. 2002).

O percentual de controle desse inseto, em diferentes tipos de milho, por métodos químicos, atualmente, gira em torno de 90% com tiametoxam (neonicotinóide) via tratamento de sementes e com o tiametoxam + lambdacialotrina (piretróide) em aplicações foliares adicionais, mas com carência de, apenas, sete dias (Albuquerque et al. 2006). Essa curta janela temporal de eficiência, pode ser útil para a integração dos métodos químicos e microbiológicos, o que é uma premissa do Manejo Integrado de Pragas (MIP) gerando sustentabilidade ambiental, econômica e social no agronegócio do milho-doce no Brasil e evitando altas infestações em plantas hospedeiras incomuns.

Dessa forma, avaliamos métodos de controle para *Dalbulus maidis* com base nos fungos parasitas *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea* em plantas de ervilha (var. Gallant), sob condições de campo. Adicionalmente, avaliamos a performance desses fungos em mistura na pré-aplicação com o indutor de resistência silicato de potássio. Para avaliar a hipótese de uma possível interação sinérgica entre fungos entomopatógenos e compostos silicatados, como previamente referenciado na literatura (Akbar et al. 2004, Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local experimental e variedade da ervilha

O ensaio foi conduzido na Fazenda Morro do Peão (17° 17' 59" S latitude, 48° 16' 46" W longitude e 758 m de altitude) em Pires do Rio, sudeste do estado de Goiás, Brasil. A temperatura média durante o período experimental foi de  $19 \pm 4^\circ\text{C}$ , com umidade relativa do ar de  $55 \pm 10\%$ . A variedade da ervilha Gallant (Gallatin Valley Seed Company, Montana, USA) possui ciclo médio (69 dias), porte baixo (65 cm de altura média) e sementes lisas, de cor verde e tamanho da peneira de 3,5 mm. Com 8 a 9 bagas por vagem inflada de cor verde, flores com posição axilar e cor branca, com 14 a 15 nós, por planta, na primeira floração. Na var. Gallant as plantas são do tipo áfilas. Ou seja, com folhas inexistentes e folíolos terminais convertidos em gavinhas (Pires 1967). E com abundância de estípulas, em número de dois, presentes nas axilas do caule com função de proteger as gemas. As gavinhas enrolam-se umas às outras, auxiliando às plantas permanecerem com porte ereto, evitando o acamamento o que prejudica a colheita. Essa variedade possui, ainda, resistência aos fungos *Fusarium* spp. e *Erysiphe* sp. (oídio), mas nenhuma resistência contra viroses e insetos-praga.

### Preparo do solo, adubação, TS, plantio e tratamento fitossanitário

Uma subsolagem com posterior uso de grade pesada niveladora, antes do plantio, promoveu aeração e drenagem adequadas do solo. Adicionalmente, uma enxada rotativa foi utilizada para destruir torrões de solo o que é importante para a germinação das sementes. Uma fonte de calcário dolomítico foi incorporada ao solo através de um distribuidor de partículas sólidas, antes da gradagem, na dose de  $5000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A adubação de plantio foi  $103 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $108 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . E a adubação de cobertura, na fase vegetativa, realizada duas vezes por ciclo (a partir da emissão do 4° nó e após a emissão do 8° nó), representou  $270 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado NPK (5-37-00, respectivamente) além de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ . Adicionalmente, antes da floração, foi aplicado fosfato monoamônico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) purificado para estimular o crescimento e alongamento do 5° entrenó. Um indicativo de boa nutrição, desenvolvimento e produção em plantas de ervilha. Quando, pelo menos, 70% das vagens estiveram em pleno enchimento foi utilizado o nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) na dose de  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  via fertirrigação pelo pivô central. A lâmina de irrigação durante todo o ciclo da ervilha foi de 220 mm.

O tratamento de sementes (TS) da ervilha ocorreu com inoculante à base de

*Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae*, além de cobalto ( $15,60 \text{ g litro}^{-1}$ ) e molibdênio ( $273 \text{ g litro}^{-1}$ ) na dose de 200 ml para 100 kg de sementes. Ambos os micronutrientes tem efeito positivo na fixação biológica de nitrogênio. Bem como os fungicidas metalaxil-m (acilalaninato) e fludioxonil (fenilpirrol) e o inseticida tiametoxam (neonicotinoide), nas doses de 150 ml e 300 ml para 100 kg de sementes, respectivamente. No TS também foi utilizado um regulador de crescimento vegetal do grupo químico citocinina, com giberelina e ácido indolalcanóico para promover maior enraizamento após a germinação das plântulas, garantindo melhor emergência e vigor vegetal.

O plantio foi realizado com uma máquina para plantio de trigo, adaptando-a para as sementes de ervilha, com velocidade de plantio entre 5 a 6  $\text{km h}^{-1}$  e profundidade da semente de 4 cm, com aproximadamente 20 sementes por metro linear. A população estimada de plantas de ervilha por hectare foi de 100 mil. Imediatamente após o plantio foi aplicado o herbicida de pré-emergência s-metolacoloro (cloroacetanilida) na dose de 1  $\text{litro ha}^{-1}$ . Adicionalmente, duas aplicações de herbicidas pós-emergente foram realizadas. A primeira com bentazona sob 1,2  $\text{litros ha}^{-1}$  (benzotiadiazinona), contra plantas daninhas de folhas largas, quando a maioria das plantas da ervilha já haviam emitido o 4º nó. E a segunda aplicação com uma mistura de fábrica entre haloxifope-r-metilico (ácido ariloxifenoxipropiônico) e dietileno glicol monoetil éter (éteres de glicol), sob 500  $\text{ml ha}^{-1}$ , contra plantas daninhas de folha estreita, após a emissão do 6º nó.

### **Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e oito tratamentos. Cada parcela experimental teve 2000 plantas e comprimento de 6 m por 5 m de largura, totalizando  $30\text{m}^2$  por parcela. O espaçamento foi de 5 cm x 30 cm, com plantio em fileiras simples. A distância entre parcelas experimentais, bem como entre blocos, foi de 10 m de largura para evitar contaminações fúngicas entre tratamentos, durante o período experimental. Os tratamentos foram dispostos através de um fatorial  $(3 \times 2) + 2$ , com três níveis do fator Fungos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*), dois níveis do fator SilK (sem e com silicato de potássio, SilK) mais a adição de dois tratamentos: testemunha absoluta (apenas água) e uma testemunha positiva (padrão fazenda, PF). Nesse último tratamento, ocorreu uma aplicação do inseticida profenofós+lufenurom, seguindo o manejo convencional preconizado pela fazenda e com recomendação de controle contra tripses, ácaros, lagartas e, inclusive, a cigarrinha-do-milho. Dessa forma, os tratamentos foram: (T1) *Beauveria bassiana*, Bb (T2) *Metarhizium anisopliae*, Ma (T3) *Isaria fumosorosea*, Isa, (T4) Bb + silicato de

potássio, SilK, em mistura binária na pré-aplicação, (T5) Ma + SilK, em mistura binária na pré-aplicação, (T6) Isa + SilK, em mistura binária na pré-aplicação, (T7) apenas água (testemunha absoluta) e (T8) o inseticida profenofós+lufenurom (testemunha positiva).

Boveril<sup>®</sup> Evo (Koppert do Brasil Holding LTDA, Piracicaba, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 17520) com o isolado *Beauveria bassiana* PL 63 ( $2 \times 10^9$  conídios viáveis/g) (45 g/kg e 4,5% m/m) na formulação pó molhável (WP) foi a fonte de Bb utilizada. Classificação toxicológica 5 (pouco tóxico) e periculosidade ambiental classe 4 (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Bb utilizada foi de 1,2 kg p.c. ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Metarril<sup>®</sup> WP E9 (Koppert do Brasil Holding LTDA, Piracicaba, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 06605) com o isolado *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. cepa E9 ( $1,39 \times 10^8$  conídios viáveis/g) (50 g/kg e 5% m/m) foi a fonte de Ma. Na formulação pó molhável (WP) de classificação toxicológica categoria 5 (pouco tóxico) e periculosidade ambiental classe 4 (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Ma foi de 750 g ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>. Octane<sup>®</sup> (Koppert do Brasil Holding Ltda, Piracicaba, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 30917) com o isolado *Isaria fumosorosea* cepa ESALQ-1296 ( $2,5 \times 10^9$  conídios viáveis/mL) (85 g/L e 8,5% m/v) na formulação suspensão concentrada (SC) foi a fonte de Isa utilizada. Um produto sem classificação toxicológica e periculosidade ambiental classe 4 (pouco perigoso ao meio ambiente). A dose de Isa foi de 0,8 L p.c. ha<sup>-1</sup> com volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>.

O SilK foi o produto Silício Foliar comercializado pela empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda (São José do Rio Preto, SP, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 0944610000-9). O K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> utilizado possuía 12% de peso de silício (Si) e 15% de peso em potássio (K<sub>2</sub>O). A dose do SilK 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.

Um inseticida de contato, ingestão e fisiológico, sob mistura de fábrica entre o profenofós, 500 g/L (50% m/v) (organofosforado) e lufenurom 419,5 g/L (41,95% m/v) (benzoiluréia) foi utilizado para representar a testemunha positiva, também chamada de padrão fazenda (PF). É um inseticida do tipo concentrado emulsionável (EC) com registro MAPA nº 08100 e sob classificação toxicológica de categoria 4 (pouco tóxico) e periculosidade ambiental tipo 2 (muito perigoso ao meio ambiente). A dose utilizada do profenofós+lufenurom foi de 800 ml ha<sup>-1</sup> com volume de calda de 150 L ha<sup>-1</sup>. Possui classificação toxicológica IV (pouco tóxico) e periculosidade ambiental de nível II (muito perigoso ao meio ambiente).

Todos os tratamentos foram aplicados, via foliar, com pulverizador CO<sub>2</sub>

pressurizado (2 L), com barra lateral de 3 m com seis pontas de pulverização cônicas (M 054), pressão de trabalho 30 libras pol<sup>-2</sup>. O volume de calda para as misturas binárias entre fungos e o SilK seguiram as recomendações do fabricante para os fungos isolados. As pulverizações dirigidas ao terço superior das plantas de ervilha ocorreram ao final do dia, após as 17:00 horas, e foram realizadas uma única vez (aos 0 DAA). Os aplicadores utilizaram equipamentos de proteção individual (EPI), conforme legislação brasileira vigente. A aplicação dos tratamentos ocorreu no início da fase reprodutiva da ervilha, aos 40 dias após a germinação. Adicionalmente, fungicidas dos grupos cúpricos e alquilenobis (ditiocarbamato) foram utilizados de forma preventiva contra rizoctoniose e mofo-branco.

### **Amostragem das cigarrinhas**

Armadilhas adesivas amarelas (15 cm de largura e 10 cm de comprimento) (BioControle - Métodos de Controle de Pragas Ltda, Indaiatuba, SP, Brasil) foram utilizadas para amostragem das cigarrinhas. Essa armadilha é recomendada para monitoramento de *Dalbulus maidis* (Castro et al. 1992). 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 plantas da ervilha. A altura das armadilhas instaladas, em relação ao terço superior das plantas, foi periodicamente ajustada. A substituição das armadilhas em uso, por outras novas, ocorreu a cada três dias. Portanto, 160 amostras de armadilhas adesivas amarelas contendo insetos capturados foram coletadas, durante todo o ensaio. Insetos pertencentes aos nichos ecológicos herbívoros ou inimigos naturais e outros sem nicho definido também foram coletados pelas armadilhas. Porém, não contabilizados no presente estudo.

No mesmo instante das coletas periódicas das armadilhas adesivas em campo, essas foram registradas em função do dia após a aplicação (DAA), tratamento e bloco. A aplicação única dos tratamentos, via pulverização foliar, ocorreu aos 0 DAA. Porém, a troca de armadilhas, a cada três dias, ocorreu aos 0, 3, 6, 9 e 12 DAA. Para as armadilhas substituídas aos 0 DAA, essas foram instaladas previamente, três dias antes, da aplicação dos tratamentos.

### **Parâmetros quantificados e análise estatística**

Após a coleta das armadilhas, essas foram trazidas para laboratório onde permaneceram, individualmente, por 72 horas acondicionadas em recipientes plásticos (30 cm de comprimento, 20 cm de largura e 14 cm de altura), com tampa, e contendo

papel toalha constantemente umedecido. Esse procedimento foi útil para que as cigarrinhas previamente contaminadas por fungos no campo pudessem continuar seu processo infeccioso e, dessa forma, ocorrer a nítida visualização daqueles indivíduos com ou sem infecção por fungos. Para tanto, as cigarrinhas adesivadas pelas armadilhas foram contadas em microscópios do tipo estereoscópio com aumento de 100x. Por fim, quantificamos o número de cigarrinhas infectadas por fungos e sem infecção. Para diferenciar a estrutura dos conídios fúngicos a fim de confirmação da espécie (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* ou *Isaria fumosorosea*) e comprovar que não houve contaminação entre parcelas experimentais, amostras das cigarrinhas infectadas foram enviadas para o laboratório de Fitopatologia do IF Goiano (Urutaí, Goiás, Brasil) para fins de identificação das espécies de fungos em questão (Figura 1).



**Figura 1.** Cigarrinhas-do-milho, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), coletadas por armadilhas adesivas amarelas em ervilha (*Pisum sativum* var. Gallant) e com sintomas de infecção fúngica causada por *Beauveria bassiana* (esquerda), *Metarhizium anisopliae* (centro) e *Isaria fumosorosea* (direita).

A quantidade de cigarrinhas coletadas com ou sem infecção fúngica foi avaliada em função dos blocos, tratamentos e DAA. Os dados para a quantidade de cigarrinhas capturadas e infectadas (ou não) foram plotados em gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação. Adicionalmente, a normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SAEG<sup>®</sup> (Ribeiro Junior & Melo 2009). Apenas os dados para a quantidade de cigarrinhas nas duas testemunhas não seguiram distribuição normal, portanto foram transformadas para  $\sqrt{x}=1$ . Porém, tais dados foram apresentados em escala real e analisados com valores transformados.

O total de cigarrinhas coletadas em todo o ensaio em função da população de plantas de milho-doce e ervilha foi estimado em função da densidade dessas plantas em campo, 50 mil e 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As médias estimadas e apresentadas na Figura 1A foram oriundas dos blocos, independente dos tratamentos e considerando a média entre os DAA. Para tanto, uma ANOVA unidirecional foi realizada e suas médias comparadas pelo teste Tukey de médias a 5% de probabilidade (Figura 1A). Na Figura 1B as estimativas da quantidade de cigarrinhas por planta foram apresentadas em função dos DAA, tanto para milho-doce como para ervilha, apenas de forma descritiva.

Diversos modelos de regressão polinomial foram comparados entre si de forma visual através da plotagem dos dados biológicos reais (observados) e modelados (estimados) para excluir possíveis casos de *overfitting*. Esse termo descreve um modelo estatístico que se ajusta muito bem ao conjunto de dados anteriormente observado, mas se mostra ineficaz para prever os resultados biológicos encontrados (Hawkins 2004). É comum que a amostra apresente desvios causados por erros de medição ou fatores aleatórios. Ocorre o *overfitting* quando o modelo se ajusta a estes (Hawkins 2004). Para isso, através da técnica de validação cruzada (método *holdout*), testamos nossos modelos com melhores valores de R<sup>2</sup> em relação a outros para constatação, ou não, de *overfitting*, através do software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc). A quantidade total de cigarrinhas (sem ou com infecção fúngica) foi apresentada em função dos DAA, por equações de regressão (Figura 2A). Enquanto que os valores total, sem e com infecção somando-se todos os DAA foram apresentados na Figura 2B.

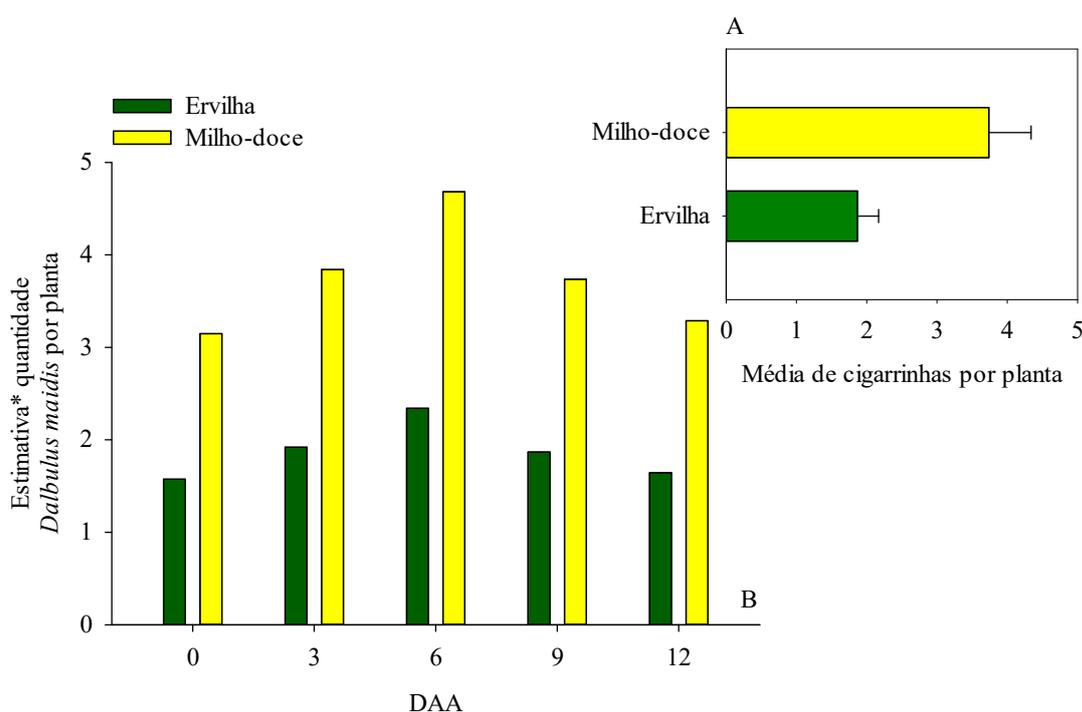
Adicionalmente, avaliamos a significância, através de uma ANOVA com arranjo fatorial e tratamentos adicionais (3x2+2) dos fatores isolados Fungos e Silk e sob interação, comparando-os com os tratamentos adicionais (testemunha absoluta e testemunha) tanto para a quantidade de cigarrinhas sem infecção (Tabela 1), como com infecção fúngica (Tabela 2). Todos os fatores (isolados ou sob interação) oriundos dessas ANOVAs tiveram seus desdobramentos significativos explorados, com suas médias comparadas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey de médias (Figuras 4, 5 e 6).

Por fim, a produtividade das plantas de ervilha, para cada parcela experimental foi estimada. Para tanto, uma baliza confeccionada por quatro hastes de madeira de 1m cada, em forma de quadrado (totalizando 1 m<sup>2</sup>) foi lançada na parte central da parcela para coleta de todas as plantas contidas no seu interior, ao final do ciclo das plantas de ervilha.

Esse material vegetal foi acondicionado em sacos plásticos de 20 litros e trazidos ao laboratório com etiquetas obedecendo a identificação dos blocos, bem como tratamentos. As vagens foram abertas e as sementes de ervilha fresca foram contadas e pesadas para cada parcela experimental. Com isso, estimou-se a produtividade convertida para  $\text{kg ha}^{-1}$ . A comparação da produtividade para cada tratamento foi realizada através de uma ANOVA e, logo em seguida, procedeu-se ao teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Figura 8). Todas as análises de regressão, ANOVA e testes de médias, além das figuras foram realizados no software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, EUA).

## RESULTADOS

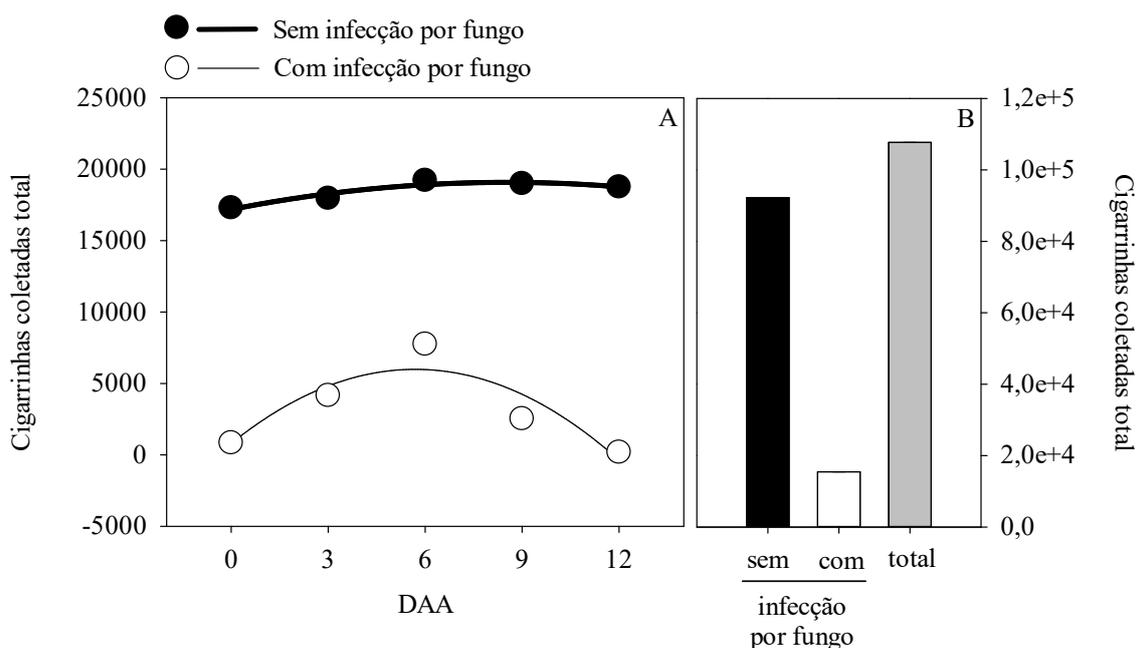
A quantidade média estimada de cigarrinhas por planta de milho-doce ( $3,78 \pm 0,60$ ) foi duas vezes superior em comparação àquelas estimadas em plantas de ervilha ( $1,89 \pm 0,30$ ) ( $F= 45,89$ ,  $P= 0,02$ ) (Figura 2A). A distribuição da quantidade estimada de cigarrinhas ao longo do tempo seguiu distribuição normal tanto para plantas de milho-doce, quanto para ervilha, com pico populacional, para ambos, aos 6 DAA e valores inferiores antes (0 e 3 DAA) e após o pico populacional (9 e 12 DAA) (Figura 2B).



**Figura 2.** Quantidade estimada (média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) de cigarrinhas, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), por planta de ervilha (100 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e milho-doce (50 mil plantas ha<sup>-1</sup>), considerando todos os tratamentos e intervalos de avaliação (0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação, DAA) (Figura 2A) e para o total de cigarrinhas por planta, considerando todos os tratamentos em função dos DAA (Figura 2B).

Modelos de regressão polinomial do tipo quadrático foram aqueles que melhor se ajustaram para a distribuição da quantidade de cigarrinhas amostradas em plantas de ervilha, ao longo do tempo de avaliação (Figura 3A). Porém, com distinção em função das cigarrinhas amostradas sem ( $y= 17182,0571 + 444,4286x - 26,0635x^2$ ,  $R^2= 0,83$ ,  $F= 10,84$ ,  $P= 0,04$ ) e com infecção por fungo ( $y= 800,0000 + 1821,7000x - 159,9444x^2$ ,  $R^2=$

0,90,  $F= 14,77$ ,  $P= 0,03$ ). Um pico populacional aos 6 DAA foi observado, para ambos os modelos com valores inferiores antes e após esse intervalo de tempo. Uma diferença média de 5,96 vezes a mais para a quantidade de cigarrinhas sem infecção foi coletada em comparação àquelas infectadas por fungo (Figura 3A). Considerando a soma de todos os intervalos de avaliação (do 0 DAA até o 12 DAA), bem como os oito tratamentos e quatro blocos, um total absoluto de 107.672 cigarrinhas foram coletadas, equivalendo a 85,63% delas sem infecção fúngica e 14,36% infectadas (Figura 3B).



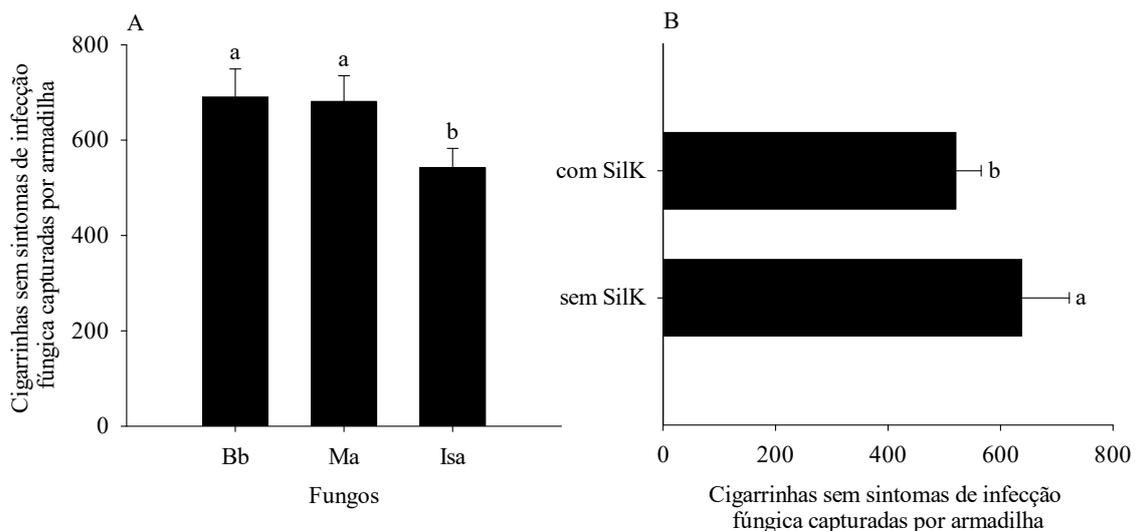
**Figura 3.** Análise de regressão para a flutuação populacional de cigarrinhas, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), sem (ou com) sintomas de infecção por fungos, coletadas em ervilha por armadilhas adesivas amarelas, durante o período experimental (0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação, DAA) (Figura 3A). Quantidade total de cigarrinhas (sem ou com infecção por fungo) e valor total de cigarrinhas (sem + com infecção por fungo) em todo o ensaio (Figura 3B).

Os fatores isolados Fungos e Silk apresentaram significância para a quantidade de cigarrinhas amostradas sem infecção fúngica, bem como diferença entre as testemunhas envolvidas (Tabela 1). A interação entre o arranjo fatorial e as testemunhas também foi significativa (Tabela 1). Porém, a interação entre os fungos e o Silk não foi significativa (Tabela 1). Os tratamentos Bb e Ma foram aqueles onde a maior quantidade de cigarrinhas sem infecção foram coletadas, em comparação ao tratamento Isa ( $F= 53,68$ ,  $P= 0,04$ ) (Figura 4A). Considerando, apenas, o fator Silk isolado, a maior quantidade de

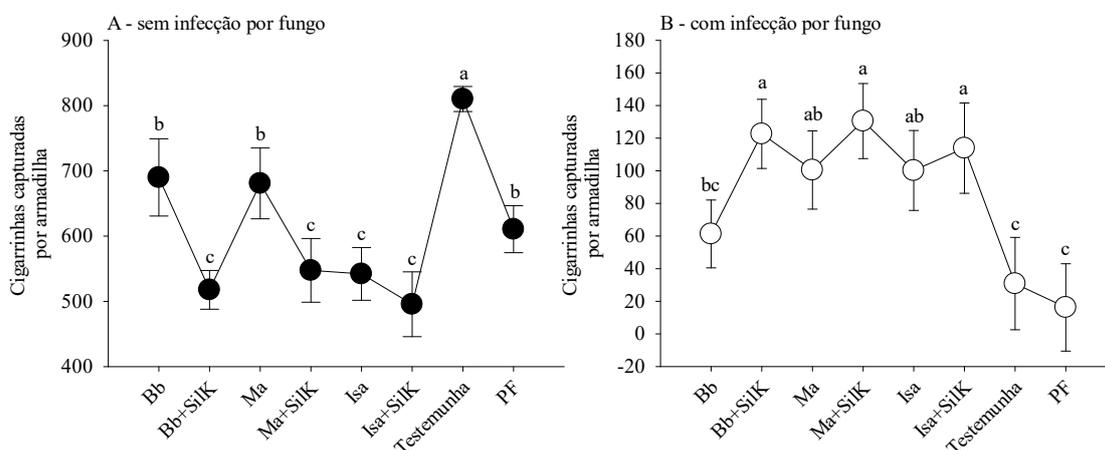
cigarrinhas sem sintomas de infecção fúngica foi amostrada quando não havia SilK na calda de pulverização ( $F= 78,66$ ,  $P= 0,04$ ) (Figura 4B). E considerando a interação do arranjo fatorial com a adição das testemunhas, as menores quantidades de cigarrinhas coletadas foram aquelas provenientes de aplicações com Bb+SilK, Ma+SilK, Isa (isolado) e Isa+SilK (Figura 5A). Os tratamentos Bb e Ma sem mistura com SilK resultaram em uma quantidade de cigarrinhas semelhante ao padrão fazenda (testemunha) (Figura 5A). Enquanto que na testemunha absoluta (água) a quantidade de cigarrinhas amostradas sem sintoma de infecção fúngica foi a maior entre os tratamentos avaliados (Figura 5A) ( $F= 112,31$ ,  $P= 0,02$ ).

**Tabela 1.** ANOVA do fatorial ( $3 \times 2 + 2$ ), com três níveis do fator Fungos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*), dois níveis do fator SilK (sem e com silicato de potássio, SilK) mais a adição de dois tratamentos: testemunha absoluta (água) e testemunha positiva (padrão fazenda, PF, com uma aplicação do inseticida profenofós+lufenurum) para a quantidade de cigarrinhas sem sintomas de infecção por fungos em ervilha

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	F <sub>tab</sub> (=0,05)
Blocos	3	4203,985	1401,328	0,696	
Tratamentos	(7)	(326333,8)	46619,11	23,170	
Fungos	2	48585,38	24292,69	11,768	0,00054
SilK	1	90452,72	90452,72	43,816	0,00000
Interação Fungos x SilK	2	10389,54	5194,771	2,516	0,10873
Testemunhas	1	79640,41	79640,41	95,353	0,00007
Fatorial vs Testemunhas	1	103674,6	103674,6	11,557	0,00193
Resíduo	21	42253,37	2012,065		
Total	31	278087,05			



**Figura 4.** Desdobramentos dos fatores Fungos (Figura 3A) e SiLK (Figura 3B) verificados como significativos, de forma isolada, e apresentados na Tabela 1 para a quantidade (média ± EP<sup>1</sup>) de cigarrinhas sem sintomas de infecção fúngica capturadas em ervilha em função dos fungos Bb (*Beauveria bassiana*), Ma (*Metarhizium anisopliae*) e Isa (*Isaria fumosorosea*) (Figura 4A). Quantidade (média ± EP<sup>1</sup>) de cigarrinhas sem sintomas de infecção por fungos capturadas em ervilha em função da presença ou ausência de SiLK (silicato de potássio) na calda de pulverização (Figura 4B). <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.



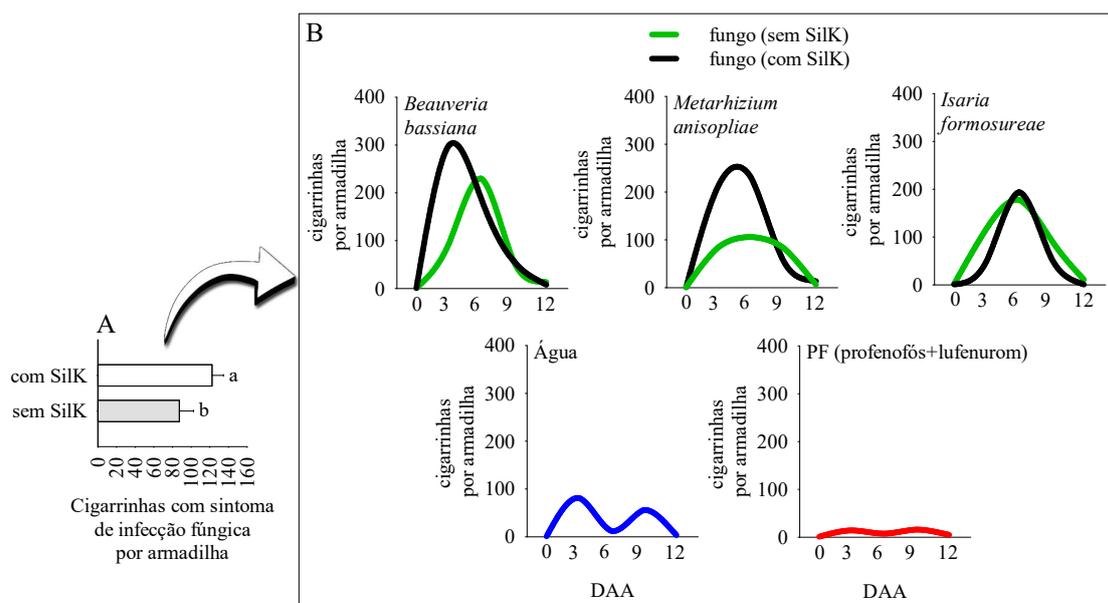
**Figura 5.** Desdobramento da fonte de variação Fatorial vs Tetemunhas verificada como significativa conforme Tabelas 1 e 2 para a quantidade (média ± EP<sup>1</sup>) de cigarrinhas, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), sem (Figura 5A) e com (Figura 5B), respectivamente, sintomas de infecção por fungo capturadas em ervilha durante todo o ensaio experimental (média da quantidade total amostrada aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação, DAA) em função dos tratamentos: Bb (*Beauveria bassiana*), Bb+SiLK (Bb +

silicato de potássio, SilK), Ma (*Metarhizium anisopliae*), Ma+SilK, Isa (*Isaria formosureae*), Isa+SilK, testemunha (apenas água) e PF (padrão fazenda, com uma aplicação de profenofós+lufenurom). <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Considerando as cigarrinhas com sintomas de infecção fúngica, amostradas através de armadilhas adesivas amarelas, os fatores Fungos e SilK, isolados, apresentaram significância (Tabela 2). A quantidade de cigarrinhas com infecção fúngica foi superior quando houve mistura em calda com o SilK em comparação à ausência de SilK na calda (Figura 6A). A interação entre os fungos e o SilK também apresentou significância, diferentemente da comparação entre as testemunhas (Tabela 2). A interação entre os tratamentos que compuseram o arranjo fatorial em interação com as testemunhas foi significativa (Tabela 2). Nesse caso, os tratamentos com maior quantidade de cigarrinhas capturadas foram Bb+SilK, Ma+SilK e Isa+SilK (Figura 5B). Valores intermediários foram observados para os fungos isolados (Bb, Ma e Isa) e com menores valores de captura em ambas as testemunhas que não diferiram entre si (Figura 5B). Além da relação do fator SilK isolado, bem como Fungo isolado (Figura 6A), encontra-se o resultado da interação significativa entre esses dois fatores comparados às testemunhas utilizadas (Figura 6B).

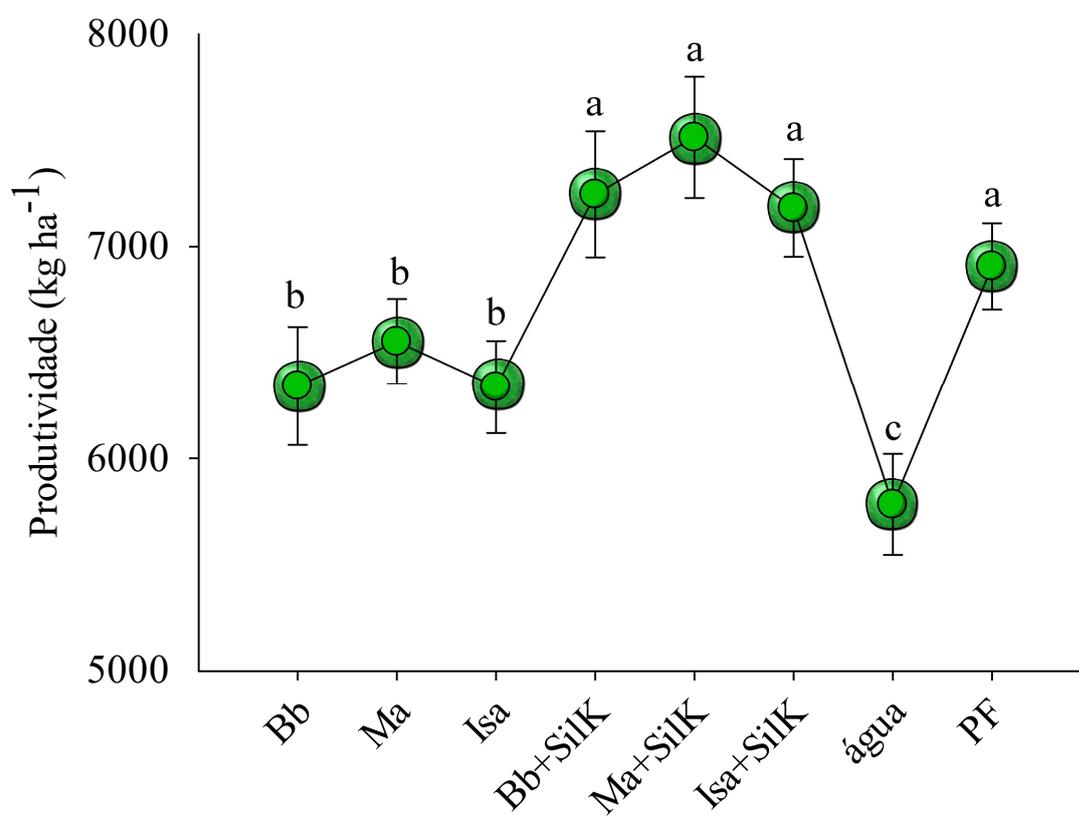
**Tabela 2.** ANOVA do fatorial (3x2+2), com três níveis do fator Fungos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria fumosorosea*), dois níveis do fator SilK (sem e com silicato de potássio, SilK) mais a adição de dois tratamentos: testemunha absoluta (água) e testemunha positiva (padrão fazenda, PF, com uma aplicação do inseticida profenofós+lufenurom) para a quantidade de cigarrinhas com sintomas de infecção por fungos em ervilha

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	F	F <sub>tab</sub> (=0,05)
Blocos	3	3797,124	1265,708	1,166	
Tratamentos	(7)	(52051,58)	7435,940	6,852	
Fungos	2	1912,946	956,4730	8,652	0,02358
SilK	1	5474,096	5474,096	7,730	0,03936
Interação Fungos x SilK	2	2963,213	1481,606	7,009	0,03415
Testemunhas	1	426,3200	426,3200	2,060	0,20119
Fatorial vs Testemunhas	1	39650,01	39650,01	30,509	0,00000
Resíduo	21	22789,69	1085,223		
Total	31	278087,05			



**Figura 6.** Desdobramento do fator SilK verificado como significativo conforme Tabela 2 para a quantidade (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) de cigarrinhas com sintomas de infecção por fungos capturadas em ervilha com ou sem SilK (silicato de potássio) na calda de pulverização (Figura 6A). Quantidade de cigarrinhas capturadas (Média) em função dos tratamentos e dias após a aplicação (DAA) (Figura 6B). <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A produtividade das plantas de ervilha, em função dos tratamentos, diferiu significativamente ( $F = 82,31$ ,  $P = 0,03$ ) (Figura 7). As maiores produtividades, acima de  $7000 \text{ kg ha}^{-1}$  foram aquelas oriundas dos tratamentos Bb+SilK, Ma+SilK, Isa+SilK e padrão fazenda (Figura 6). As produtividades intermediárias foram relativas aos três fungos isolados. Enquanto que a menor produtividade ( $5780 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi aquela oriunda do tratamento testemunha absoluta (apenas água).



**Figura 7.** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) (média ± EP<sup>1</sup>) para ervilha em função dos tratamentos Bb (*Beauveria bassiana*), Bb+SilK (Bb + silicato de potássio, SilK), Ma (*Metarhizium anisopliae*), Ma+SilK, Isa (*Isaria formosureae*), Isa+SilK, testemunha (apenas água) e PF (padrão fazenda, com uma aplicação de profenofós+lufenurom). <sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

## DISCUSSÃO

Nossos resultados demonstraram que a mistura na pré-aplicação entre o Silk e os fungos entomopatógenos aumentou a capacidade desses parasitas infectarem adultos de *Dalbulus maidis* em plantio de ervilha, sob condições de campo. Inclusive com baixas temperatura e umidade relativa do ar, o que desfavorece a atividade biológicas desses entomopatógenos (Bouamama et al. 2010) na pós-aplicação. Esses fatores abióticos inapropriados, atualmente, ainda são um grande gargalo para o uso de fungos parasitas de insetos, sob condições de campo (Vega 2018). Salientamos que a esporulação dos conídios (um sintoma visual nítido do parasitismo fúngico) nesse inseto hospedeiro foi baixa. Com apenas 14,36% dos 107.672 indivíduos amostrados durante todo o período experimental. Por outro lado, o percentual de controle desse inseto em milho por métodos químicos, atualmente, gira em torno de 90% com tiametoxam (neonicotinóide) via tratamento de sementes e com o tiametoxam + lambdacialotrina (piretróide) em aplicações foliares adicionais, mas com carência de, apenas, sete dias (Albuquerque et al. 2006). Essa curta janela temporal de eficiência do controle químico, pode ser útil para a integração com entomopatógenos, o que é uma premissa do Manejo Integrado de Pragas (MIP) gerando sustentabilidade ambiental, econômica e social no agronegócio do milho-doce no Brasil. Bem como servindo para redução desse inseto em hospedeiros incomuns, como na ervilha. Adicionalmente, nosso manejo microbiológico incrementou a produtividade das plantas de ervilha, outra descoberta inédita e de importância para o plantio dessa leguminosa no Brasil, que possui ainda pouca aderência com investigações científicas. A importância dos nossos resultados para o manejo de *Dalbulus maidis*, uma das principais pragas para vários tipos e usos de milho (verão, safrinha, uso para grão, como milho verde e milho-doce), nas Américas, e de importância para a economia brasileira, são discutidas a seguir.

Antes disso, o questionamento principal desse estudo relaciona-se com presença, em grandes quantidades, da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis*, em plantas de ervilha (Fabaceae) que não é seu hospedeiro preferencial. E com estimativas populacionais (para plantas de milho-doce) de 3,78 cigarrinhas por planta. Valores esses acima do NDE de acordo com recomendações técnicas da empresa que processa essa matéria-prima (Conservas Oderich SA, Orizona, Goiás). A grande quantidade de nitrogênio recomendada para a produção de ervilhas (ver metodologia) pode ter contribuído para a manutenção de altas populações da cigarrinha-do-milho, como sugerido por Power

(1989). O acúmulo de nitrogênio e aminoácidos livres, inibindo a síntese de proteínas, é um reconhecido fator que auxilia na manutenção de altas populações para insetos sugadores e transmissores de patógenos, em campo (Chen et al. 2010).

Além disso, a cigarrinha-do-milho possui diferentes estratégias de sobrevivência em ambientes agrícolas sem seus três hospedeiros prediletos (milho, teosintos e *Tripsacum* spp., todas Poaceae) (Waquil et al. 1999). Tais como alimentação em plantas espontâneas em escala local, sejam mono (Pitre et al., 1966) ou dicotiledôneas (Markham et al., 1977). Redução do seu metabolismo, como observado sob condições abióticas impróprias no México (Larsen et al. 1992) ou até mesmo migração a curtas, médias e longas distâncias (Taylor et al. 1993) para outras áreas com abundância alimentar. De maneira geral, a estratégia adotada pela cigarrinha-do-milho em plantas hospedeiras incomuns ainda não é bem compreendida. Mas, segundo nossos resultados, a grande quantidade de cigarrinhas na ervilha sugere que esse inseto seja capaz de manter minimamente seu ciclo biológico nessa leguminosa. Como exemplo, em plantas de tomateiro industrial (Solanaceae) (cv. Heinz 9553), populações de *Dalbulus maidis* também foram amostradas, mas com médias populacionais menores, de 200 indivíduos por armadilha adesiva amarela (Silva et al. 2018). Esse resultado foi oriundo de áreas sob cultivos sucessivos tomate - milho doce, comuns no Leste goiano e com dois a três meses de diferença entre plantio na mesma escala local. Populações menores de *Dalbulus maidis* também foram reportadas em feijão (*Phaseolus vulgaris* var. Huetar) capturadas com armadilhas adesivas amarelas na região do Vale Central, Costa Rica (Castro et al. 1992).

Nosso tratamento de sementes (TS) na ervilha, antes do plantio, utilizou o inseticida tiametoxam (neonicotinoide) que é recomendado para controle da cigarrinha-do-milho. Porém, esse TS tem eficiência de até 80% de controle dessa praga, quando em infestações iniciais, logo após a germinação do milho, e com carência de uma semana (Albuquerque et al. 2006). No caso da ervilha, o uso do tiametoxam contra lagartas destrutivas de plântulas recém-emergidas (p.ex. *Spodoptera frugiperda*) é recomendado. Isso também pode justificar as altas populações que encontramos na ervilha, pois nossas aplicações foram realizadas próximas ao período reprodutivo dessa planta (aos 40 DAG). Dessa forma, o TS utilizado no presente estudo pode ter sido irrelevante como forma de controle para *Dalbulus maidis*. Soluções que levem à redução da cigarrinha-do-milho nos agroecossistemas são requeridas, pois os patógenos por ela transmitidos são de natureza persistente propagativa (Nault 1980), gerando perdas de produção no milho de 70%, 50% e 20% com fitoplasma, fitoplasma+espiroplasma e espiroplasma, respectivamente

(Massola Junior et al. 1999). E com manutenção de altas quantidades de inóculos incubados nas glândulas salivares, mesmo após meses de pousio (Oliveira et al. 2002). Porém, salientamos que nenhum sintoma de fitoplasma ou espiroplasma, ou qualquer anomalia visualmente observável, foi encontrada nas plantas de ervilha no decorrer do nosso estudo.

O pico populacional da cigarrinha na ervilha observado aos 6 DAA, com nítida distribuição normal dos dados, foi uma contribuição das quantidades de cigarrinhas sem e com infecção fúngica. No primeiro caso, acreditamos que as ré-infestações naturais tenham ocorrido o que é comum para esse inseto quando o clima é favorável, gerando distribuições normais com picos populacionais como apresentadas em outros estudos (Ávila & Arce 2008, Oliveira et al. 2013). Para o segundo caso, acreditamos que o aumento da população de cigarrinhas coletadas com infecções fúngicas aos 6 DAA tenha sido reflexo do período demandado para infectividade fúngica e esporulação que permeia entre 5 a 10 dias, logo após a aplicação (Ibarra-Aparicio et al. 2005, Toledo et al. 2007).

A maior quantidade de cigarrinhas sem infecção fúngica amostradas no presente estudo (85,63% dos insetos capturados) implica que, possivelmente, fatores inerentes à arquitetura da planta de ervilha e condições climáticas (desfavoráveis aos fungos) podem ter contribuído para as baixas infecções, independente das espécies de entomopatógenos avaliadas. As plantas de ervilha possuem folhas modificadas, com folíolos terminais convertidos em gavinhas que tem largura bem menor e, dessa forma, menor área foliar para cobertura do solo. E isso pode ter facilitado na maior penetração de radiação UV, maior evaporação e, dessa forma, menor manutenção da umidade ao longo dos terços inferior, mediano e superior dessa planta. A conidiogênese fúngica é dependente da umidade relativa e decai com maior exposição à radiação UV (Veja et al. 2018), mas varia também em função do isolado do fungo, espécie e fase do hospedeiro, além do tempo (Sosa-Gómez & Alves 2000). Apesar dessa complexidade, podemos afirmar que as condições climáticas encontradas no nosso ensaio ( $19 \pm 4^\circ\text{C}$  e  $55 \pm 10\%$  de temperatura e UR, respectivamente) tenham sido mais favoráveis ao cultivo de ervilha (Nascimento et al. 2016) do que aos entomopatógenos, principalmente para aqueles pulverizados sem Silk. Salientamos também que a quantidade de cigarrinhas-do-milho consideradas como infectadas, devido ao pleno crescimento visual micelial nos cadáveres desses insetos, pode ter sido subestimada e terem até sido potencialmente maiores do que as relatadas aqui. Segundo Toledo et al. (2007) nem todos os indivíduos de *Peregrinus maidis* e *Delphacodes kuscheli* (Hemiptera: Delphacidae), além de *Dalbulus maidis* mortos pelos

fungos *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium muscarium*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria farinosa* e *Isaria fumosorosea*, sob condições laboratoriais, apresentaram crescimento micelial externo visível.

A significância do fator isolado Fungo comprovou que as espécies avaliadas diferiram com relação à sua eficiência sob condições de campo. Uma maior quantidade de cigarrinhas-do-milho amostradas nos tratamentos *Beauveria bassiana* (Bb) e *Metarhizium anisopliae* (Ma) do que em *Isaria fumosorosea* (Isa) apontou a maior capacidade de infectividade desse último. E isso confirma o fato de o Isa ser o único com registro de uso pelo MAPA do Brasil para esse inseto-alvo. Todavia, vários trabalhos sugerem perspectivas de controle para *Dalbulus maidis* considerando os fungos Bb (Toledo et al. 2007) e Ma (Moya-Raygoza et al. 2008). Essa comparação entre fungos é complexa e deve ser avaliada com cautela, pois outros fatores que podem modificar a eficiência fúngica em *Dalbulus maidis* não foram adequadamente avaliados no presente estudo. Um deles relaciona-se à capacidade protetora da cutícula desse inseto em termos de quantidade de bactérias antagonistas aos fungos como reportado por Toledo et al. (2011). Nesse estudo, 91 bactérias (de um total de 155) presentes na cutícula de *Dalbulus maidis*, tais como *Bacillus thuringiensis*, *B. mycooides*, *B. megaterium*, *B. pumilus*, *B. licheniformis* e *B. subtilis* apresentaram efeito inibitório contra *Beauveria bassiana*.

Comprovamos também que o indutor de resistência SilK possui relevância na relação fungo-hospedeiro aqui investigada. Pois quando consideramos a significância do fator isolado SilK, a sua ausência foi determinante para maiores quantidades de cigarrinhas sem infecção amostradas. Estudos têm comprovado a importância de produtos silicatados como indutor de resistência vegetal de forma física e isso é prevalente contra insetos sugadores e transmissores de viroses (Leroy et al. 2019). A significância entre o arranjo fatorial e as testemunhas demonstrou, de certa forma, que a aplicação de fungos entomopatógenos sob condições de campo contra *Dalbulus maidis* na ervilha apresentou eficiência superior ao inseticida profenofós+lufenurum utilizado como padrão fazenda (PF). Isso amplia as oportunidades para a adoção de um programa de Manejo Integrado de Pragas, tanto no milho-doce como na ervilha. A presença de interação significativa entre os fungos utilizados em mistura de calda com o SilK sugere que esse último possa estar servindo como indutor de resistência abiótica aos conídios, pois nossas condições ambientais foram desfavoráveis aos parasitas, como já discutido. O uso de compostos silicatados associados com fungos parasitas para controle de insetos e ácaros tem sido referenciada como eficiente (Akbar et al. 2004, Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014,

Shakir et al. 2015). 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* mantiveram sua virulência em insetos após três anos armazenados a  $-20^{\circ}\text{C}$  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. E Kim et al. (2014) também confirmaram maior termotolerância mediada por compostos silicatados, através da retenção de umidade, para *Isaria fumosorosea*. Apesar de não termos avaliado essa premissa experimentalmente, embora haja fortes evidências como aquelas acima reportadas, a maior resistência aos fungos aplicados sob condições de campo em mistura com SilK pode ter sido o motivo para o evidente sinergismo observado.

A variação nos valores de produtividade divulgados para ervilha no Brasil é justificada pelos variados tipos e usos dessa planta, com amplitude de  $3000\text{ kg ha}^{-1}$  a  $13.000\text{ kg ha}^{-1}$ , para ervilhas de grãos verdes (consumo *in natura*) e ervilhas tortas (onde as vagens também são comercializadas), respectivamente (Nascimento et al. 2016). A produtividade média brasileira para ervilhas de grãos verdes foi recentemente estimada em  $3.590\text{ kg ha}^{-1}$  (IBGE 2021). E isso comprova que a cv. Gallant (ervilha de grãos verdes) responde com mais que o dobro da produtividade média nacional quando investimentos em BFN, TS, produtos fitossanitários preventivos contra pragas e doenças, além da adubação (principalmente nitrogenada no plantio e coberturas) são praticados. Ao mesmo passo das maiores produtividades, esses investimentos podem dificultar o manejo de insetos-praga nessa leguminosa, devido à associação direta entre altos valores de adubação nitrogenada com a capacidade suporte da planta em hospedar insetos transmissores de viroses (Power 1989), sejam eles comuns ou incomuns à essa planta como anteriormente discutido.

As misturas em calda entre os fungos e o SilK resultaram nas maiores produtividades na ervilha, em comparação com aqueles tratamentos onde os fungos foram aplicados de forma isolada. *Beauveria bassiana* através de associação endofítica aumentou a altura de plantas, número de folhas e massa seca em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*, Fabaceae) (Pachoute et al. 2021). Ainda segundo esses autores, com maiores taxas líquidas de assimilação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), condutância estomática, taxas de evapotranspiração e teor de clorofila (a+b). *Metarrhizium anisopliae* (Clifton et al. 2018) e *Isaria fumosorosea* (Dash et al. 2018) também tem sido associados de forma

endofítica com Fabaceae, incrementando parâmetros de crescimento e produção vegetal. E, aliado a isso, regulando o ataque de insetos-praga (Clifton et al. 2018, Dash et al. 2018).

A regulação de hormônios de crescimento nas plantas como auxinas, giberelinas, citocininas e etileno, ou a melhor fixação de nutrientes do solo podem ser razões que auxiliam no entendimento desse aumento produtivo nas plantas de ervilha quando pulverizadas por fungos entomopatógenos, como sugerido por Berg (2009). Aliado à essas vantagens condicionadas pelos fungos entomopatógenos, a atuação do SilK também pode ter surtido efeito positivo para as plantas de ervilha. Segundo Ismail et al. (2022) a aplicação de SiO<sub>2</sub> (dióxido de silício) aumentou, significativamente, o crescimento vegetativo e o teor relativo de água, com incrementos significativos na altura da planta, peso fresco e seco, rendimento total e defesa antioxidante em plantas de ervilha. Com aumento no teor de K<sup>+</sup> nas raízes e parte aérea sob condições de estresse salino. Portanto, acreditamos que o efeito sinérgico dos fungos (através da regulação de hormônios vegetais) com o SilK (através do equilíbrio no teor relativo de água) podem ter contribuído para as maiores produtividades aqui observadas na ervilha naqueles tratamentos onde a mistura binária (fungos + SilK) foi explorada.

## CONCLUSÕES

A mistura na pré-aplicação entre o SilK e os fungos entomopatógenos aumentou a capacidade desses parasitas infectarem adultos de *Dalbulus maidis* em plantio de ervilha, sob condições de campo.

85,63% das cigarrinhas-do-milho amostradas em plantas de ervilha não apresentaram infecção fúngica, sugerindo que fatores inerentes à arquitetura da planta de ervilha e condições climáticas podem ter contribuído para essas baixas infecções, independente das espécies de entomopatógenos avaliadas.

Uma maior quantidade de cigarrinhas-do-milho infectadas foram amostradas nas parcelas com *Isaria fumosorosea* (Isa), do que com *Beauveria bassiana* (Bb) ou *Metarhizium anisopliae* (Ma)

O indutor de resistência SilK possui relevância na relação fungo-hospedeiro aqui investigada. Pois quando consideramos a significância do fator isolado SilK, a sua ausência foi determinante para maiores quantidades de cigarrinhas sem infecção amostradas.

Esse manejo com misturas binárias entre fungos e o SilK também incrementou a produtividade das plantas de ervilha.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq e ao IF Goiano (Campus Urutaí) pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. A equipe de alunos do curso Técnico em Agropecuária e Bacharelado em Agronomia do Campus Urutaí que auxiliaram na execução das atividades de campo. À empresa Koppert do Brasil Holding LTDA pela concessão dos produtos avaliados. À Mestre em Proteção de Plantas, Eng. Agrônoma Fernanda de Souza Ferreira, e ao Ricardo Santinoni pelo apoio e confiança para a execução desse projeto em sua área de produção. À empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda pela concessão do Silicato de Potássio. À empresa Conservas Oderich SA, em nome do Eng. Agrônomo Amim Cozac, pelo apoio técnico. Ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pelo incentivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbar W, Lord JC, Nechols JR & Howard RW. 2004. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*. 97: 273-280.
- Albuquerque FA, Borges LM, Iacono TO, Crubelati NCS, Singer AC. 2006. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e em pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 5: 15-25.
- Anjum NA, Shakir HU & Ahmed Z. 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.
- Ávila CJ & Arce CCM. 2008. Flutuação populacional da cigarrinha-do-milho em duas localidades do Mato Grosso do Sul. *Ciência Rural*. 38: 1129-1132.
- Bell JV & Hamal RJ. 1974. Viability and pathogenicity of entomogenous fungi after prolonged storage on silica gel at -20°C. *Canadian Journal of Microbiology*. 20: 639-642.
- Berg G. 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 84:11-18.
- Bouamama N, C Vidal, J Fargues. 2010. Effects of fluctuating moisture and temperature regimes on the persistence of quiescent conidia of *Isaria fumosorosea*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 105: 139-144.
- Castro V, Rivera C, Isard SA, Gamez R & Jacqueline F. 1992. The influence of weather and microclimate on *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) flight activity and the incidence of diseases within maize and bean monocultures and bicultures in

- tropical America. *Annals of Applied Biology*. 121: 469-482.
- Chen Y, Olson DM, Ruberson JR. 2010. Effects of nitrogen fertilization on tritrophic interactions. *Arthropod-Plant Interact*. <https://doi.org/10.1007/s11829-010-9092-5>
- Clifton EH, Jaronski ST, Coates BS, Hodgson EW & Gassman AJ. 2018. Effects of endophytic entomopathogenic fungi on soybean aphid and identification of *Metarhizium* isolates from agricultural fields. *PLoS One*. 13(3): e0194815.
- CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba). 2021. Caderno de Caracterização Estado de Goiás. Área de Gestão Estratégica. Brasília-DF. 60 p.
- Dash CK, Bamisile BS, Keppanan R, Qasim M, Lin Y, Islam SUI, Hussaina M & Wanga L. 2018. Endophytic entomopathogenic fungi enhance the growth of *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) and negatively affect the development and reproduction of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Microbial Pathogenesis*. 125: 385-392.
- Furquim MGD, Nascimento AR & Souza CB. 2020. Panorama geral da tomaticultura no Estado em Goiás: uma análise descritiva a partir de levantamento bibliográfico. *Research, Society and Development*. 9 (7). e955974310.
- Gatarayiha MC, Laing MD & Miller RM. 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.
- Hawkins DM. 2004. The problem of over fitting. *Journal of Chemical Information and Computer Science*. 44: 1-12.
- Ibarra-Aparicio G, Moya-Raygoza G & Berlanga-Padilla A. 2005. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* over the corn leafhopper (*Dalbulus maidis*) (Delong and Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae). *Folia Entomológica Mexicana*. 44: 1-6.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2021. Produção Agrícola – Lavoura Temporária. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/0>. Acesso em 02 de maio de 2023.
- Ismail LM, Soliman MI, El-Aziz MHA & Abdel-Aziz HMM. 2022. Impact of silica ions and nano silica on growth and productivity of pea plants under salinity stress. *Plants (Basel)*. 11 494.
- Kim JS, Lee SJ & Lee HB. 2014. Enhancing the thermotolerance of entomopathogenic *Isaria fumosorosea* SFP-198 conidial powder by controlling the moisture content using drying and adjuvants. *Mycobiology*. 42: 59-65.
- Leroy N, Tombeur F, Walgra Y, Cornélis JT, FJ Verheggen. 2019. Silicon and plant natural defenses against insect pests: impact on plant volatile organic compounds and cascade effects on multitrophic interactions. *Plants*. 8: 444. doi:10.3390/plants8110444
- Markham PG, Townsend R, Plaskitt K & Saglio P. 1977. Transmission of corn stunt to dicotyledonous plants. *Plant Disease Reporter*. 61: 342-345.
- Massola Júnior NS, Bedendo IP, Amorim L, Lopes J. 1999. Quantificação de danos causados pelo enfezamento vermelho e enfezamento pálido do milho em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira*. 24: 136-142.
- Moya-Raygoza G, Chacón-Torres NM, Palomera-Avalos V, Becerra-Chiron IM, Bernal JS. 2008. Effects of corn stunt spiroplasma on survival of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) parasitized or preyed upon by *Gonatopus bartletti* (Hymenoptera: Dryinidae) or infected by *Metarhizium anisopliae*. *Annals of the Entomological Society of America*. 101: 113–118.
- Nascimento WM, Silva PP, Freitas RA & Boiteux LS. 2016. Ervilha. 17-57p. In: Hortaliças Leguminosas. Nascimento WM (Editor Técnico). 2016. Embrapa Hortaliças. Brasília - DF. 232p.
- Nault LR. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: a comparison of disease symptoms,

pathogen host ranges, and vectors. *Phytopathology*. 70: 659-662.

Novaes RML, Tubiello FN, Garofalo DFT, Santis G, Pazianotto RAA & Folegatti-Matsuura MIS. 2022. Brazil's agricultural land, cropping frequency and second crop area: FAOSTAT statistics and new estimates. *Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. 93. 25p.

Oliveira CM, Lopes JRS & LR Nault. 2013. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 147: 141-153.

Oliveira CM, Molina RMS, Albres RS & Lopes JRS. 2002. Disseminação de mollicutes do milho a longas distâncias por *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). *Fitopatologia Brasileira*. 27: 091-095.

Oliveira E, Fernandes FT, Souza IRP, Oliveira CM, Cruz I. 2003. Enfezamentos, viroses e insetos vetores em milho: identificação e controle. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 26. 10p.

Pachoute J, Nascimento VL & Souza DJ. 2021. *Beauveria bassiana* enhances the growth of cowpea plants and increases the mortality of *Cerotoma arcuata*. *Current Microbiology*. 10: 3762-3769.

Pérez-López E, Wist T, Dumonceaux T, Luna-Rodríguez M, Nordin D, Castro-Luna A, Iglesias-Andreu L & Oliver C. 2018. Detection of maize bushy stunt phytoplasma in leafhoppers collected in native corn crop grown at high elevation in southeast Mexico. *Florida Entomologist*. 101: 12-19. 2018.

Pires MD (1997). *Botânica Elementar*. Covilhã: Edição do Autor. 126 p.

Pitre HN, Combs Jr. RL, & Douglas WA. 1966. Gammagrass, *Tripsacum dactyloides*: a new host of *Dalbulus maidis*, vector of corn stunt virus. *Plant Disease Reporter*. 50: 570-571.

Power AG. 1989. Influence of plant spacing and nitrogen fertilization in maize on

- Dalbulus maidis* (homoptera: cicadellidae), vector of corn stunt. Environmental Entomology. 18: 494-498.
- Ribeiro Junior JI & Melo ALP. 2009. Guia prático para utilização do SAEG. Viçosa, MG. Editora UFV, 288p.
- Rosa CILF, Moribe AM, Yamamoto LY & Sperandio D. 2018. Pós-colheita e comercialização. 489-526 p. *In*: Brandão Filho JUT., Freitas PSL Berian LOS & Goto R (Editores). 2018. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM.
- Shakir HU, Saeed M, Anjum NA, Farid A, Khan IA, Liaquat M & Badshah T. 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 AP, Santos BB, Netto AFA, Silva CM, Curvêlo CRS, Ferreira LL, Luz JMQ & Pereira AIA. 2018. Sweet corn, explored as a companion plant, mitigates sucking insects in industrial tomato plants, pre-flowering stage. Journal of Agricultural Science. 10: 451-460.
- Sosa-Gómez DR & Alves SB. 2000. Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliaceae). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. 29: 515-521.
- Taylor RAJ, Nault LR, & Styer WE. 1993. Experimental analysis of flight activity of three *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Auchenorrhyncha) in relation to migration. Annals of the Entomological Society of America. 86: 655-667.
- Toledo AV, Alippi AM & Lenicov AMMR. 2011. Growth inhibition of *Beauveria bassiana* by bacteria isolated from the cuticular surface of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* and the planthopper, *Delphacodes kuscheli*, two important vectors of maize pathogens. Journal of Insect Science. 11:29.
- Toledo AV, Lenicov AMMR & Lastra CCL. 2007. Pathogenicity of fungal isolates

(Ascomycota: Hypocreales) against *Peregrinus maidis*, *Delphacodes kuscheli* (Hemiptera: Delphacidae), and *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of corn diseases. *Mycopathologia*. 163: 225-232.

Vega FE. 2018. The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Mycologia*. 110: 4-30.

Viana PA, Cruz I & Waquil JM. 2002. Cultivo de milho: pragas iniciais. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo. (Comunicado Técnico 59). 13p.

Vilela NJ, Melo PCT, Boiteux LS & Clemente FMVT. 2012. Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil. 17-27p. *In*: Clemente FMVT & Boiteux LS (Editores Técnicos). Produção de tomate para processamento industrial. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF. 344p.

Waquil JM, Viana PA, Cruz I & Santos JP. 1999. Aspectos da Biologia da Cigarrinha-do-Milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 28: 413-420.