

**Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos  
entomopatógenos, associados com o indutor de resistência  $K_2SiO_3$ , em  
plantas de *Zea mays* (var. *saccharata*) sob condições de campo**

**JULIANO MILHOMEM RIBEIRO**  
Eng. Agrônomo

**JULIANO MILHOMEM RIBEIRO**

**Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos entomopatógenos, associados com o indutor de resistência  $K_2SiO_3$ , em plantas de *Zea mays* (var. *saccharata*) sob condições de campo**

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

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

URUTAÍ – GOIÁS  
2018

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

R484e RIBEIRO, JULIANO MILHOMEM  
Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos entomopatógenos, associados com o indutor de resistência K2SiO3, em plantas de Zea mays (var. saccharata) sob condições de campo / JULIANO MILHOMEM RIBEIRO;orientadora Dr<sup>a</sup>. Carmen Rosa Curvêlo. -- Urutaí, 2019.  
31 p.

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

1. Milho-doce. 2. Dalbulus maidis. 3. Beauveria bassiana. 4. Metarhizium anisopliae. 5. Silicato de Potássio. I. Curvêlo, Dr<sup>a</sup>. Carmen Rosa, orient. II. Título.


## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Eficiência de controle da cigarrinha-do-milho por dois fungos entomopatógenos, associados com o indutor de resistência  $K_2SiO_3$ , em plantas de *Zea mays* (var. *saccharata*) sob condições de campo.


**AUTOR:** Juliano Milhomem Ribeiro

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

**Banca Examinadora:**

  
Prof.<sup>ª</sup> Dra. Carmen Rosa Silva Curvêlo (orientadora)  
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

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

  
Dra. Erika Carla da Silveira  
Universidade Federal de Goiás

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

Urutaí, 25 de fevereiro de 2019



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha querida esposa Fernanda pela paciência e apoio que sempre foi depositado a mim na busca pela realização dos meus sonhos. Aos meus lindos e abençoados filhos, Miguel e Samuel, que são minha inspiração para continuar lutando a cada dia. Aos meus pais, Nêmia e Luciano, que sempre foram um porto seguro em meio à tempestade. Aos meus irmãos, Luciano e Raiza, que sempre se alegraram comigo nas minhas conquistas. Aos sobrinhos queridos que tanto alegram meu dia-a-dia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a cima de tudo ao bom Deus, criador dos céus e da terra, por que todas as vezes que embarquei para trilhar este caminho e pensava em voltar atrás, Ele me deu a força de que precisava para não olhar para trás e seguir adiante, me dando a certeza de que não me abandonaria em nenhum momento da minha vida.

À minha querida esposa (Fernanda) e filhos amados (Miguel e Samuel) pelo carinho, amor e por tornarem a minha vida mais feliz.

Aos meus pais (Nêmia e Luciano), meus irmãos (Luciano e Raiza), meus sobrinhos (Arthur, Alice e Davi), e toda minha família, pois sempre torceram por mim.

À minha orientadora, Carmen Rosa da Silva Curvêlo, pelo apoio, ensinamentos, correções, compreensão nos momentos de dificuldade, pelos valores da ética profissional transmitidos a mim, pela amizade, por ter acreditado em mim e pela confiança em todas as etapas do curso.

Ao querido professor e co-orientador, Alexandre Igor de Azevedo Pereira, uma pessoa da qual faltam as palavras para expressar toda minha gratidão, por sempre acreditar no sucesso deste trabalho, por não desistir de mim, por ser um exemplo para minha vida, pela confiança, por toda atenção, ensinamentos e pela amizade adquirida.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, por todo ensinamento transmitido, pelo auxílio, paciência e incentivos.

As empresas envolvidas na concessão dos produtos avaliados no presente trabalho.

A banca examinadora da presente dissertação.

À nossa secretária do curso, Lúcia, pela paciência e presteza.

Aos nobres colegas da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins, pelo incentivo e apoio ao longo do curso.

Ao grupo de pesquisa que colaborou para implantação e execução deste experimento.

A todos os meus colegas do mestrado, que juntos estivemos nesta jornada e formamos uma família.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVO .....	4
MATERIAL E MÉTODOS .....	5
RESULTADOS .....	10
DISCUSSÃO .....	13
CONCLUSÕES .....	17
AGRADECIMENTOS .....	18
REFERÊNCIAS .....	19

## RESUMO

O cultivo de *Zea mays* (var. *saccharata*) (Poaceae) no Centro-Oeste brasileiro possui reais perspectivas de expansão. Todavia, plantas de milho-doce são suscetíveis a doenças viróticas, bem como por mollicutes transmitidos pela cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). Estratégias recomendadas de controle envolvem inseticidas sintéticos, controle cultural e uso de variedades de milho resistentes. Por inúmeros motivos, tais estratégias não têm demonstrado sucesso, bem como aceitação pelos agricultores no Brasil. Fungos parasitas podem contribuir para proteção de plantas contra *D. maidis*, devido a eficiência comparável com inseticidas sintéticos. O sinergismo entre compostos silicatados e fungos entomopatógenos tem sido descoberto. Isso pode tanto gerar resultados promissores no controle de pragas, bem como auxiliar na performance de micoinseticidas sob condições de campo. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de controle (EC%) da cigarrinha-do-milho através da pulverização foliar dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, bem como do indutor de resistência Silicato de Potássio ( $K_2SiO_3$ ), de forma isolada (ou em misturas binárias) sob condições de campo em Orizona, estado de Goiás, Brasil. Os tratamentos isolados (1) *Beauveria bassiana* (Bb), (2) *Metarhizium anisopliae* (Ma), (3) Silicato de Potássio (SilK), bem como as misturas binárias (4) Bb+SilK, (5) Ma+SilK e, por fim, o inseticida (testemunha) (6) Tiametoxam+Lambdacialotrina foram aplicados via pulverização foliar em plantas de milho-doce (híbrido Tropical Plus<sup>®</sup>). Amostragens de cigarrinhas adultas ocorreram aos 0, 1, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação (daa) para cálculo da EC% entre tratamentos. O fungo Bb apresentou menores valores de EC% ao longo do tempo, seguido pelos tratamentos Bb+SilK e SilK. A mistura Ma+SilK obteve valores intermediários para EC%. A partir do 6<sup>o</sup> daa até o 12<sup>o</sup> daa as respostas apresentadas foram mais discrepantes entre os tratamentos. Ma e o inseticida foram superiores em termos de EC%, ao final do período experimental. As razões para a baixa EC% do fungo Bb são discutidas, bem como o potencial sinérgico dos fungos quando em mistura binária com o indutor de resistência SilK. O presente estudo também enfatiza o potencial do fungo *Metarhizium anisopliae* para controle de *D. maidis* em plantas de milho-doce.

**Palavras-chave:** Milho-doce, *Dalbulus maidis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Silicato de Potássio.



## ABSTRACT

The cultivation of *Zea mays* (var. *Saccharata*) (Poaceae) in the Brazilian Midwest has real prospects for expansion. However, sweet corn plants are susceptible to viral diseases, as well as mollicutes transmitted by the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). Recommended control strategies involve synthetic insecticides, cultural control and use of resistant corn varieties. For a number of reasons, such strategies have not shown success as well as acceptance by farmers in Brazil. Parasite fungi may contribute to plant protection against *D. maidis* due to comparable efficiency with synthetic insecticides. The synergism between silicate compounds and entomopathogenic fungi has been discovered. This can both generate promising results in pest control as well as assist in the performance of mycoinsecticides, under field conditions. The objective of this work was to evaluate the control efficiency (CE%) of the corn leafhopper by foliar spraying of the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, as well as the resistance inducer Potassium Silicate ( $K_2SiO_3$ ) isolated (or under binary mixtures) under field conditions in Orizona, state of Goiás, Brazil. The isolated treatments (1) *Beauveria bassiana* (Bb), (2) *Metarhizium anisopliae* (Ma), (3) Potassium Silicate (SilK) as well as the binary mixtures (4) Bb+SilK, (5) Ma+SilK and (6) Thiamethoxam+Lambda-cyhalothrin were applied via leaf spraying in corn-sweet plants (Tropical Plus<sup>®</sup> hybrid). Samples of adult corn leafhoppers occurred at 0, 1, 3, 6, 9 and 12 days after application (daa) to calculate CE% between treatments. The Bb fungus showed lower CE% values over time, followed by Bb+SilK and SilK treatments. The Ma+SilK mixture obtained intermediate values for CE%. From the 6<sup>th</sup> day to the 12<sup>th</sup> day, the answers presented were more discrepant among the treatments. Ma and the insecticide were higher in terms of CE%, at the end of the experimental period. The reasons for the low CE% of the fungus Bb are discussed, as well as the synergistic potential of the fungi when in binary mixture with the resistance inducer SilK. The present study also emphasizes the potential of the *Metarhizium anisopliae* fungus for control of *D. maidis* in sweet corn plants.

**Key words:** Sweet corn, *Dalbulus maidis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, Potassium Silicate.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do milho-doce (*Zea mays var. saccharata*) (Poaceae) tem despertado grande interesse comercial no Brasil (Santos et al. 2014). Essa planta é bastante associada com agroindústrias que processam a matéria-prima para comercialização (Kwiatkowski & Clemente 2007). Isso tem gerado incremento na renda de agricultores no campo e aumentado a geração de empregos nas agroindústrias em escala regional. O sistema de cultivo do milho-doce no Centro-Oeste brasileiro tem apresentado reais perspectivas de expansão, devido a praticidade de cultivo, pois essa região já é uma das lideranças no cultivo do milho comum (para geração de grãos) no cenário nacional e mundial (Okumura et al. 2013).

A planta de milho-doce possui reconhecida susceptibilidade a doenças viróticas, bem como provocadas por mollicutes (grupo de bactérias com ausência de parede celular) (Toffanelli & Bedendo 2002). Esses patógenos podem ser transmitidos por pulgões, besouros e, principalmente, cigarrinhas (Massola Junior 2001) com surtos populacionais constantes observados no estado de Goiás, nas últimas safras. A cigarrinha *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) está distribuída desde o sul dos EUA até a Argentina (Oliveira et al. 2004). Esse inseto é descrito como vetor de dois mollicutes: (1) enfezamento pálido (*corn stunt spiropisma*) e (2) enfezamento vermelho (*maize bushy stunt phytoplasma*) (Oliveira et al. 2003, Pérez-López et al. 2018). *D. maidis* também pode transmitir o vírus da risca (*maize "rayado fino" virus*) (Oliveira et al. 2003).

As estratégias de controle recomendadas contra *D. maidis* têm sido associadas a inseticidas químicos sintéticos, controle cultural, bem como o uso de variedades de milho resistentes. Resultados presentes na literatura têm divulgado eficiência de controle acima de 80% para determinados inseticidas, com destaque para neonicotinóides e piretróides via tratamento de sementes (Martins et al. 2008), bem como sua aplicação adicional via pulverização foliar (Albuquerque et al. 2006). Todavia, devido ao alto custo de aquisição, capacidade migratória e de ré-infestação dessa praga (o que gera maior número de aplicações) e, principalmente, risco de evolução genética de resistência aos inseticidas, o controle químico não tem sido verificado, em certos casos, como a melhor solução (Perfecto 1990, Toffanelli & Bedendo 2002, Oliveira et al. 2007).

A prática de rotação de culturas tem trazido resultados insatisfatórios, pois diversas espécies de plantas da mesma família do milho (como as plantas voluntárias ou gramíneas), ou

de outras famílias botânicas, possuem a capacidade de hospedar esse inseto, mesmo sem casos comprovados de transmissão de patógenos para vegetais não-hospedeiros (Carloni et al. 2013, Marquardt et al. 2013, Oliveira et al. 2013). Medidas culturais extremas sugerem a desistência do plantio de milho em áreas com histórico de altas ocorrências de enfezamentos (Viana et al. 2002). Mas essa situação não tem sido seguida por agricultores brasileiros devido aos (1) reconhecidos índices produtivos dos híbridos de milho comercializados atualmente, (2) importância que o milho (como *commodity*) significa para o mercado brasileiro, bem como (3) adoção do sistema de cultivo de milho conhecido como “safrinha”, que é praticado em grande escala na região Centro-Oeste do Brasil (Massola Junior 2001). A safrinha do milho-doce, por exemplo, na maioria dos casos é explorada nas estações mais frias e secas do ano, que são aquelas onde as maiores densidades populacionais de *D. maidis* são observadas (Meneses et al. 2016). Por fim, sabe-se que *D. maidis* possui preferência pelo milho pipoca e, principalmente, o milho-doce, bem como alta susceptibilidade aos patógenos transmitidos por esse inseto (Viana et al. 2002). Todavia, contratos de promessa de compra e venda oferecidos pelas agroindústrias (garantido segurança aos agricultores na venda da matéria-prima) e os satisfatórios valores pagos no mercado são fatores que impulsionam a expansão das lavouras mantidas com milho-doce, seja na safra ou, principalmente, na safrinha.

Portanto, diante do cenário acima apresentado, formas de controle de *D. maidis* que tenham determinado efeito em populações desse inseto presentes em plantas já estabelecidas em campo aparentam ser a solução direcionada pelo atual panorama do mercado agrícola do milho-doce no Brasil. Fungos entomopatógenos podem conquistar espaço no portfólio de produtos para proteção de plantas de milho contra *D. maidis*, devido aos valores de eficiência semelhantes aos de inseticidas sintéticos (Toledo et al. 2007, Silva et al. 2009, Sandhu et al. 2012). Além disso, técnicas que priorizem a persistência e aumento de eficiência desses agentes microbiológicos devem ser testadas para contribuir com a utilização de mico-inseticidas mais adaptados a fontes de estresse abiótico, sob condições de campo.

O presente trabalho além de explorar o uso de dois importantes fungos entomopatógenos contra *D. maidis*, também investiga misturas desses com o Silicato de Potássio, um importante indutor de resistência em plantas da família Poaceae (Reynolds et al. 2009). O sinergismo entre produtos de origem silicatada e fungos parasitas de insetos tem sido descoberto através de uma amplitude de interações, como a quebra de barreiras lipídicas na cutícula dos insetos, facilitando a penetração e colonização dos fungos (Storm et al. 2016). O sinergismo entre o fungo

*Beauveria bassiana* e o Silicato de Potássio ( $K_2SiO_3$ ) aumentou a susceptibilidade a infecções fúngicas e, portanto, mortalidade do ácaro-rajado por meio da maior resistência induzida em plantas monocotiledôneas, como o milho (Gatarayiha et al. 2010). Compostos silicatados também possuem potencial de conferir maior termotolerância a esporos de fungos parasitas de insetos, inclusive, aumentando sua virulência e patogenicidade (Kim et al. 2014).

## OBJETIVO

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de controle (EC%) da cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), através da pulverização foliar dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, bem como do indutor de resistência Silicato de Potássio ( $K_2SiO_3$ ), de forma isolada (ou através de misturas binárias) sob condições de campo no município de Orizona, estado de Goiás, Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local experimental

O experimento foi conduzido em uma área comercial de milho-doce localizada no município de Orizona (latitude: 17° 01' 53" S, longitude: 48° 17' 45" W e altitude: 806m), sudeste do estado de Goiás, Brasil. O proprietário da área detinha contrato de promessa de compra e venda da matéria-prima com a agroindústria de conservas animais e vegetais Conservas Oderich SA, sediada no próprio município de Orizona (GO). As médias climáticas de temperatura e umidade relativa, durante o período experimental, foram de 25°C e 66%, respectivamente.

O milho-doce híbrido Tropical Plus<sup>®</sup> (Syngenta Seeds LTDA) foi utilizado. Seu uso é ideal para consumo in natura e processamento industrial, com altura média de 2,35 m e duração de ciclo entre 90 a 110 dias. Possui potencial produtivo de 17.500 kg ha<sup>-1</sup> (para espigas) e 5.950 kg ha<sup>-1</sup> (para grãos). Possui tolerância mediana às seguintes doenças: *Puccinia polysora*, *Puccinia sorghi*, *Cercospora maydis*, *Phaeosphaerium maydis*, *Helminthosporium turcicum*, *Helminthosporium maydis* e *Diplodia maydis*.

O espaçamento adotado para plantio do milho-doce foi de 80 cm entre fileiras e densidade de, aproximadamente, 45 mil plantas ha<sup>-1</sup>. 10 kg de sementes ha<sup>-1</sup> foram gastos no plantio. Adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas com 120 kg de N ha<sup>-1</sup>, aplicadas de uma só vez, quando as plantas apresentaram de 6 a 8 folhas definitivas. Além disso, o uso de 200 kg de sulfato de magnésio ha<sup>-1</sup>, junto com o nitrogênio aplicado em cobertura, também foi realizado para fins de evitar sintomas de deficiência de magnésio nas plantas de milho doce, que ocorre, geralmente, nas folhas inferiores da planta. As demais exigências nutricionais de macro e micronutrientes foram atendidas seguindo recomendações técnicas para plantio na região e preconizadas pela agroindústria. A irrigação do milho-doce na área experimental ocorreu através de pivô central com turno de rega de 3 dias e manutenção do potencial matricial contido entre os valores -50 a -100 kPa.

### Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) com quatro

repetições. A parcela experimental foi constituída por 10 metros de comprimento e 1,20 m de largura. Cada parcela experimental compreendeu duas fileiras paralelas de plantas de milho contendo, cada uma, aproximadamente 12 plantas de milho-doce. Portanto, cada parcela experimental conteve um total aproximado de 24 plantas de milho-doce. A bordadura entre tratamentos dentro dos blocos foi de 5 m e constituiu-se de plantas que não foram avaliadas, nem pulverizadas. A bordadura entre blocos foi de 5 m. O delineamento experimental através da marcação do tamanho das parcelas, bem como casualização dos tratamentos e sua identificação no campo ocorreu aos 3 dias após a germinação das sementes.

### **Tratamentos e produtos utilizados**

A aplicação dos tratamentos isolados (1) *Beauveria bassiana* (Bb), (2) *Metarhizium anisopliae* (Ma), (3) Silicato de Potássio (SilK), bem como as misturas binárias (4) Bb+SilK, (5) Ma+SilK e, por fim, o inseticida (testemunha) (6) Tiametoxam+Lambdacialotrina foi realizada com pulverizador costal de 20 L sobre as folhas de milho nas parcelas até o ponto de escorrimento. Todos os aplicadores envolvidos nessa tarefa utilizaram os equipamentos apropriados (macacão, botas, óculos/viseira facial e luvas) para proteção individual (EPI) seguindo as normas da legislação brasileira.

A fonte de Bb utilizada foi proveniente do produto comercial BeauveControl® (Simbiose®, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 3816) com o isolado IBCB 66 ( $2 \times 10^9$  UFC/g de produto) (40 g/kg, 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  $4 \text{ kg ha}^{-1}$  (equivalente a  $8 \times 10^{12}$  conídios  $\text{ha}^{-1}$ ) com volume de calda de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , seguindo recomendação de controle para a cigarrinha-do-milho *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). A fonte de Ma utilizada foi proveniente do produto comercial MethaControl® (Simbiose®, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 3716) com o isolado IBCB 425 ( $6 \times 10^8$  Conídios Viáveis/g de produto) (30 g/kg, 3% 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 Ma utilizada foi de  $26,7 \text{ kg p.c. ha}^{-1}$  (equivalente a  $16 \times 10^{12}$  conídios  $\text{ha}^{-1}$ ) com volume de calda de  $300 \text{ L ha}^{-1}$ , seguindo recomendação de controle para a cigarrinha *Deois flavopicta* (Hemiptera: Cercopidae). O SilK utilizado foi o produto Silício Foliar comercializado pela

empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda (São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil) (registro MAPA do Brasil nº 0944610000-9). O produto Silicato de Potássio ( $K_2SiO_3$ ) possui 12% de peso de Silício (Si) e 15% de peso em Potássio ( $K_2O$ ). A dose do SilK utilizada foi de 0,4 L de  $K_2SiO_3$  100 L<sup>-1</sup> de água. O inseticida utilizado foi o de marca comercial Engeo Pleno™ S (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, Brasil) que possui em sua composição: 14,1% m/v de Tiametoxam (um inseticida neonicotinóide) e 10,6% m/v de Lambdacialotrina (inseticida piretróide) na formulação Suspensão Concentrada (SC) e registro no MAPA do Brasil nº 06105. Possui classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e periculosidade ambiental de nível I (altamente perigoso ao meio ambiente). O Tiametoxam+Lambdacialotrina (denominação técnica adotada no presente trabalho) foi aplicado na dose de 200 mL ha<sup>-1</sup> com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> seguindo recomendação técnica para controle do tripses *Frankliniella williamsi* para plantas de milho.

### **Amostragem das cigarrinhas e identificação**

Antes das pulverizações (0 dias após a aplicação, daa) e aos 1, 3, 6, 9 e 12 daa, a população de adultos de *Dalbulus maidis* foi contabilizada através da armadilha denominada chapéu-de-bruxa. Essa armadilha possui formato cônico, revestida com tecido nylon de coloração preta, com duas extremidades (inferior e posterior) de formato circular, com altura de 60 cm, base inferior com diâmetro de 35 cm e base superior medindo 20 cm de diâmetro. A base inferior é aberta servindo para colocar sobre a planta, revestindo-a totalmente, e a base superior é vedada com uma garrafa de plástico tipo pet de coloração transparente. Desse modo, ao revestir a planta, com a armadilha, as cigarrinhas, atraídas pela claridade, deslocam-se para a garrafa de plástico transparente, na extremidade superior, favorecendo a realização da contagem das cigarrinhas. Esse tipo de amostragem é representativo, prático e comumente utilizado para acessar populações de *D. maidis* em milho (Martins et al. 2008, Silva et al. 2009). 20 plantas por parcela experimental foram avaliadas de forma aleatória com um total de 720 amostras em todo o período experimental. Logo após a contagem das cigarrinhas através das amostragens, 30 indivíduos (para cada dia de avaliação) foram coletados, imediatamente armazenados em recipientes plásticos (200 mL) contendo álcool 70% e trazidos para laboratório onde morfo-espécies foram individualizadas. A identificação para fins de confirmação da espécie foi realizada através da leitura de chaves taxonômicas específicas e envio de amostras



para taxonomistas. Todas as amostras identificadas se referiram à espécie *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) que possuem, geralmente, dominância populacional absoluta em plantios de milho no Brasil, como também reportado por Oliveira et al. (2004).

### **Parâmetro quantificado e análises estatísticas**

Após a contagem do número de *D. maidis* por amostra, em função dos tratamentos e dos intervalos de tempo (dias após a aplicação) calculou-se a percentagens de eficiência de controle (EC) (%) dos tratamentos empregando-se a fórmula de Hedderson-Tilton (1955), onde:  $EC (\%) = 100 \times [1 - (NIV \text{ na testemunha antes da aplicação} \times NIV \text{ no tratamento depois da aplicação} / NIV \text{ na testemunha depois da aplicação} \times NIV \text{ no tratamento antes da aplicação})]$ . NIV = número de insetos vivos. Essa foi a principal variável resposta quantificada no presente trabalho.

Inicialmente, os dados quantificados foram plotados em gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação dos mesmos. Adicionalmente, a normalidade foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SAEG<sup>®</sup> (Ribeiro Junior & Melo 2009). De acordo com esse procedimento, a eficiência de controle (EC) não seguiu distribuição normal e, portanto, foi transformada em  $\log(x+1)$ . Nesse caso, os desvios padrões das amostras foram proporcionais às suas médias (Feng et al. 2014). Adicionalmente, utilizou-se o Coeficiente de Variação (CV) como indicativo para diagnosticar o acerto na transformação dos dados reais para  $\log(x+1)$ . Dessa forma, a transformação foi considerada válida quando o CV dos dados transformados foi apresentado menor que o valor do CV dos dados reais (Reed et al. 2002). A análise de variância e a comparação entre médias dos tratamentos foram realizadas na escala transformada, porém, os resultados descritos nas figuras e tabelas permaneceram em escala original (Tabela 1). Os cálculos de EC (%) só foram realizados após eliminação de *outliers* e transformação dos dados originais com posterior execução da análise de variância (ANOVA) e teste de média de Scott-Knott a 5% de significância.

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 é usado para descrever quando um modelo

estatístico se ajusta muito bem ao conjunto de dados anteriormente observado, mas se mostra ineficaz para prever novos resultados (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  $R^2$  em relação a outros para constatação, ou não, de *overfitting*, através do software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc).

## RESULTADOS

O controle de *Dalbulus maidis* apresentou diferentes valores de eficiência entre os tratamentos avaliados para todos os intervalos de tempo (Tabela 1). Após 24 horas das primeiras aplicações (+1 dia), todos os tratamentos envolvendo fungos microbiológicos de forma isolada, ou em mistura com o indutor de resistência SilK, apresentaram valores de EC% semelhantes em comparação ao inseticida (testemunha) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Eficiência de Controle (EC %) (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) para *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em função de cinco intervalos de dias após a aplicação dos tratamentos, de forma isolada ou sob mistura binária. Orizona, estado de Goiás, Brasil

Tratamentos	Dias Após a Aplicação				
	+1 dia	+3 dias	+6 dias	+9 dias	+12 dias
Bb	71,80 <sup>a</sup> ( $\pm$ 8,70)	56,23 <sup>c</sup> ( $\pm$ 9,84)	32,60 <sup>c</sup> ( $\pm$ 6,25)	21,50 <sup>c</sup> ( $\pm$ 4,51)	13,50 <sup>c</sup> ( $\pm$ 4,91)
Ma	70,34 <sup>a</sup> ( $\pm$ 6,84)	71,53 <sup>a</sup> ( $\pm$ 6,49)	50,23 <sup>a</sup> ( $\pm$ 7,64)	45,25 <sup>a</sup> ( $\pm$ 7,63)	37,25 <sup>a</sup> ( $\pm$ 5,58)
SilK	75,41 <sup>a</sup> ( $\pm$ 5,47)	68,30 <sup>ab</sup> ( $\pm$ 5,84)	43,54 <sup>ab</sup> ( $\pm$ 6,54)	20,75 <sup>c</sup> ( $\pm$ 5,10)	16,50 <sup>b</sup> ( $\pm$ 6,91)
Bb+SilK	72,14 <sup>a</sup> ( $\pm$ 7,00)	64,73 <sup>b</sup> ( $\pm$ 6,98)	42,66 <sup>b</sup> ( $\pm$ 6,96)	35,50 <sup>b</sup> ( $\pm$ 6,04)	25,00 <sup>b</sup> ( $\pm$ 5,45)
Ma+SilK	75,95 <sup>a</sup> ( $\pm$ 9,39)	73,31 <sup>a</sup> ( $\pm$ 9,39)	45,50 <sup>ab</sup> ( $\pm$ 7,25)	40,25 <sup>ab</sup> ( $\pm$ 5,17)	22,75 <sup>b</sup> ( $\pm$ 6,58)
Tiametoxam+ Lambdacialotrina	78,23 <sup>a</sup> ( $\pm$ 8,52)	67,80 <sup>ab</sup> ( $\pm$ 5,94)	50,16 <sup>a</sup> ( $\pm$ 7,07)	46,00 <sup>a</sup> ( $\pm$ 5,46)	30,50 <sup>ab</sup> ( $\pm$ 5,29)
F	3,84	3,08	4,33	8,91	15,08
P	0,03	0,04	0,01	0,00	0,00
CV	14,31	17,35	12,90	16,94	13,96

<sup>1</sup>Médias seguidas pela mesma letra, para cada coluna, não diferem, entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Bb (*Beauveria bassiana*), Ma (*Metarhizium anisopliae*) e SilK (Silicato de Potássio).

A partir do 3º dia após a aplicação, o tratamento Bb foi aquele que originou maior perda de eficiência, com -21,7%. Em ordem decrescente, os demais tratamentos também apresentaram perdas nos valores de EC% para *D. maidis*, como o inseticida (-13%), Bb+SilK (-10,27%), SilK (9,43%) e Ma+SilK (-3,47%). Apenas o tratamento Ma foi aquele onde a eficiência no 3º daa aumentou +1,19% (Tabela 1).

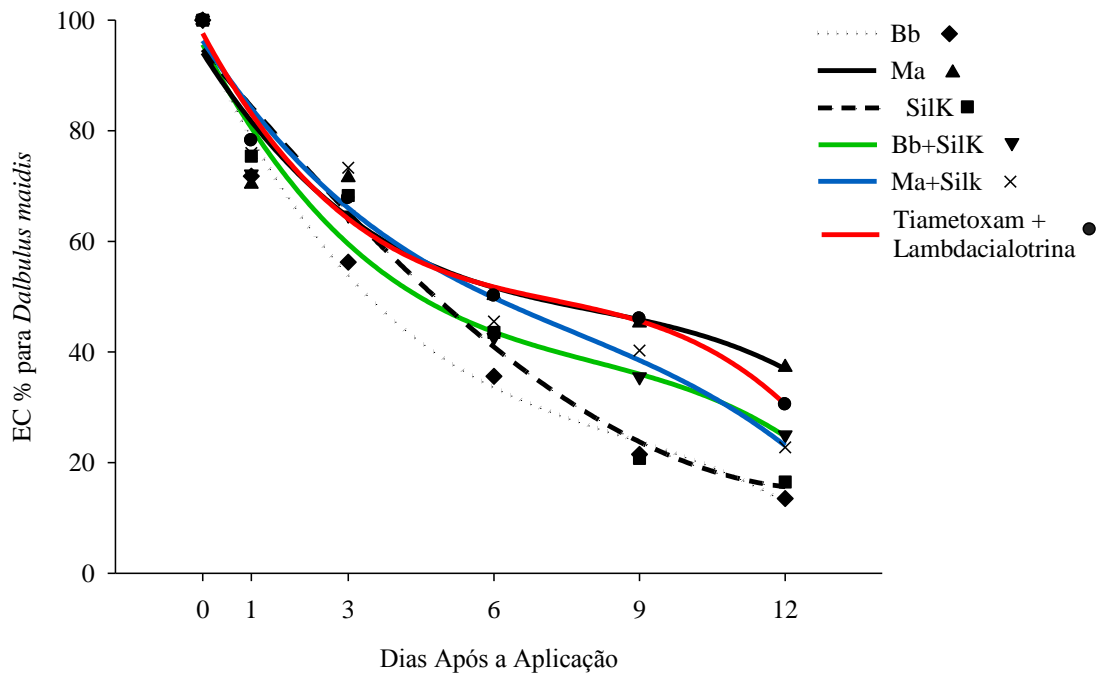
No 6º daa todos os tratamentos, sem exceção, tiveram perdas nos valores de EC%. O

fungo Bb foi aquele que apresentou a maior perda de eficiência com -36,68% comparando ao 1º daa. O inseticida Tiametoxam+Lambdacialotrina foi o segundo tratamento com menores valores de eficiência de controle para a cigarrinha *D. maidis*, com perdas de 35,88% em comparação ao 1º daa. Os demais tratamentos (SilK, Bb+SilK e Ma+SilK) também apresentaram valores de EC% abaixo de 50%, mas com valores intermediários e acima de 40% de EC%. Todavia, o Ma e o inseticida foram os únicos entre os demais tratamentos a manter a EC% acima de 50% (Tabela 1).

No 9º daa as perdas na EC% continuaram em todos os tratamentos, sem exceção (Tabela 1). As EC% observadas, em ordem decrescente, foram de SilK (20,75%), Bb (21,50%), Bb+SilK (35,50%), Ma+SilK (40,25%), Ma (45,25%) e, por fim, Tiametoxam+Lambdacialotrina (46%) (Tabela 1). A EC% final (aos 12 daa) entre os tratamentos avaliados apontou maiores valores para o tratamento Ma e menores valores para Bb (37,25% e 13,50%, respectivamente) (Tabela 1).

Os modelos de regressão que melhor se ajustaram ao comportamento da variável dependente EC% ao longo do tempo de avaliação, para todos os tratamentos, foram do tipo de terceira ordem polinomial (modelos cúbicos) (Figura 1). Tratamento 1 (Bb):  $y = 0,95 - 0,18x + 0,18x^2 - 0,71x^3$  ( $F = 43,82$ ,  $P = 0,02$ ,  $R^2 = 0,98$  e  $R^2$  ajustado = 0,96), Tratamento 2 (Ma):  $y = 0,94 - 0,13x + 0,14x^2 - 0,61x^3$  ( $F = 37,43$ ,  $P = 0,01$ ,  $R^2 = 0,91$  e  $R^2$  ajustado = 0,79), Tratamento 3 (SilK):  $y = 0,94 - 0,10x + 0,18x^2 - 0,11x^3$  ( $F = 25,94$ ,  $P = 0,03$ ,  $R^2 = 0,97$  e  $R^2$  ajustado = 0,93), Tratamento 4 (Bb+SilK):  $y = 0,95 - 0,16x + 0,17x^2 - 0,73x^3$  ( $F = 20,74$ ,  $P = 0,04$ ,  $R^2 = 0,96$  e  $R^2$  ajustado = 0,92), Tratamento 5 (Ma+SilK):  $y = 0,96 - 0,13x + 0,12x^2 - 0,56x^3$  ( $F = 16,68$ ,  $P = 0,04$ ,  $R^2 = 0,96$  e  $R^2$  ajustado = 0,90) e, por fim, Tratamento 6 (Imidacloprid):  $y = 0,91 - 0,19x + 0,17x^2 - 0,60x^3$  ( $F = 18,51$ ,  $P = 0,01$ ,  $R^2 = 0,92$  e  $R^2$  ajustado = 0,81).

Nitidamente, o fungo entomopatogênico Bb foi aquele que apresentou curvas ajustadas a menores valores de EC% ao longo do intervalo de tempo, seguido pelos tratamentos Bb+SilK e SilK (Figura 1). A mistura entre Ma+SilK também apresentou tendência de decréscimo nos valores de EC% ao longo do tempo, com valores intermediários aos tratamentos com maior EC%. A partir do 6º daa até o 12º daa as respostas apresentadas pelos tratamentos foram mais discrepantes entre si. Ao final do período experimental, o tratamento Ma foi aquele superior em comparação aos demais (Figura 1).



**Figura 1.** Análises de regressão para a Eficiência de Controle (EC %) (linhas: valores estimados e símbolos: valores observados) para *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em função de cinco intervalos de dias após a aplicação dos tratamentos, de forma isolada ou sob mistura binária. Bb (*Beauveria bassiana*), Ma (*Metarhizium anisopliae*), SilK (Silicato de Potássio), Bb+SilK (mistura binária) e Ma+SilK (mistura binária). Orizona, estado de Goiás, Brasil.

## DISCUSSÃO

O presente trabalho aponta novas perspectivas para o controle de *Dalbulus maidis*, potenciais transmissores de patógenos em plantas de milho-doce. Esse tipo de milho tem importância comercial em território brasileiro e é mais suscetível ao desenvolvimento de enfezamentos, como o milho pipoca (Viana et al. 2002). Algumas formas de controle cultural da cigarrinha-do-milho incluem evitar o plantio de variedades suscetíveis (como o milho doce), bem como evitar o plantio na safrinha (Massola Junior 2001, Viana et al. 2002). Ambas as estratégias são impraticáveis sob as condições agrícolas brasileiras, pois o milho-doce é uma matéria-prima economicamente importante para agroindústrias de conservas e seu cultivo geralmente ocorre entre os cultivos de soja, tomate, batata, feijão ou milho para grão (ou seja, nas safrinhas). Transmissores de espiroplasmas, como a cigarrinha do milho, possuem capacidade em desenvolver resistência a inseticidas (Perfecto 1990). Portanto, variadas formas de manejo fitossanitário contra insetos-praga que atuem em diferentes sítios de ação devem ser exaustivamente avaliadas. Apesar dos máximos valores para a EC% demonstrados não terem superado 80%, o uso do fungo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* foi tão eficiente quanto ao inseticida Tiametoxam+Lambdacialotrina, recomendado pelo MAPA do Brasil. Nossos resultados indicam que produtos de caráter microbiológico possuem grande perspectiva no sentido de serem considerados em programas de Manejo Integrado para insetos transmissores de viroses em milho-doce. O fungo *Metarhizium anisopliae* foi tão letal como o inseticida, além de ser uma biotecnologia limpa, sustentável e com baixo impacto ambiental.

O fungo *Beauveria bassiana* apresentou desempenho inferior em comparação à espécie *Metarhizium anisopliae* para controle da cigarrinha-do-milho. Testes laboratoriais utilizando diferentes cepas de *B. bassiana* e *M. anisopliae* também apontaram resultados superiores para a mortalidade de *D. maidis* (Toledo et al. 2007) e maior percentagem de esporulação para o fungo *M. anisopliae* (Ibarra-Aparicio et al. 2005) em Buenos Aires (Argentina) e Guadalajara (México), respectivamente. Quando as comparações são ampliadas para outros hospedeiros da classe Insecta, bem como ácaros, nota-se uma prevalência na virulência de *M. anisopliae*, como no caso para lagartas *Alabama argilacea* (Lepidoptera: Noctuidae) (Cesar Filho et al. 2002), pulgas *Ctenocephalides felis felis* (Siphonaptera: Pulicidae) (De Melo et al. 2008), besouros *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera: Buprestidae) (Marannino et al. 2006), moscas *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) (Quesada-Moraga et al. 2006), percevejos *Scaptocoris carvalhoi* (Hemiptera: Cydnidae) (Xavier & Ávila 2006) e o ácaro *Tetranychus*

*ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) (Barbosa et al. 2018). Voltando ao caso do sistema infeccioso cigarrinha-do-milho x *Beauveria bassiana*, sabe-se que a penetração fúngica por Bb no hospedeiro *D. maidis* é dificultada ao nível cuticular por diversas barreiras químicas, como compostos secundários (fenóis, quinonas e lipídios) bem como pela presença de bactérias antagônicas (Toledo et al. 2011). Segundo esses autores, 91 de 155 cepas bacterianas isoladas da cutícula de *D. maidis* inibiram o crescimento do fungo *B. bassiana*. Isso pode explicar a baixa eficiência do Bb observada, mas não por completo a razão da alta virulência para *M. anisopliae* pelo fato de ambos os fungos possuírem a mesma dinâmica infecciosa. De acordo com evidências científicas, sugerimos, portanto, que o fungo *M. anisopliae* tenha sido apresentado como aquele tratamento de maior eficiência devido a (1) capacidade de superar as barreiras químicas e microbiológicas de defesa cuticular, como apresentado por Ortiz-Urquiza & Keyhani (2013), bem como (2) ter também apresentado melhor resistência sob as condições de temperatura e umidade deparadas em campo, como avaliado por Hallsworth & Magan (1999).

Tais resultados não devem ser interpretados como desanimadores quanto ao uso do fungo *B. bassiana*, um importante agente de controle microbiano em plantios de importância agrícola, contra insetos vetores de fitopatógenos (Sandhu et al. 2012). Nossas condições experimentais não consideraram determinadas premissas que comprovadamente favorecem uma maior eficiência do fungo Bb contra a cigarrinha-do-milho. Uma dessas premissas está relacionada com o relativo curto espaço de tempo de exposição do Bb no campo, com observações de eficiência realizadas até o 12º dia após a emergência das plantas de milho-doce. Pesquisas conduzidas em Cassilândia (Mato Grosso do Sul, Brasil) apontaram maiores eficiências de controle de *D. maidis* em cultivos da safrinha em comparação com uma safra antecedente de milho na mesma área experimental (Silva et al. 2009). Isso sugere que estratégias que favoreçam a persistência do fungo *B. bassiana* em uma escala local possam contribuir para maiores infecções fúngicas de *D. maidis* em janelas temporais mais amplas do que aquelas avaliadas no presente trabalho.

O Silicato de Potássio, considerado de forma isolada, apresentou EC% intermediárias. A planta de milho possui potencial natural de responder favoravelmente após exposição por fontes exógenas de Si pelo fato de ser classificada como acumuladora desse elemento (Takahashi et al. 1990). A absorção de Si em vegetais da família Poaceae está ligada à respiração aeróbica aumentando seu acúmulo em solos (ou soluções hidropônicas) que contenham altos

teores de Si (Yavaş & Ünay 2017). Além disso, sabe-se que na planta de milho, os genes ZmLsi1 e ZmLsi6 são responsáveis pelo transporte de Si da solução do solo para as células radiculares e do xilema para o resto da planta, respectivamente, comprovando a adaptabilidade do milho à exposição do Si (Mitani et al. 2009). Portanto, mesmo não sendo considerado como um tratamento com efeito letal agudo para *D. maidis*, em comparação com os dois melhores tratamentos avaliados no presente trabalho (Ma e o inseticida Tiametoxam+Lambdacialotrina), o uso de pulverizações foliares com SilK em plantas de milho possui potencial como indutor de resistência química e física contra insetos-praga (Reynolds et al. 2009).

As misturas binárias entre o indutor de resistência (SilK) e ambos os fungos entomopatógenos também apresentaram, na maioria dos intervalos de tempo considerados, EC% intermediárias. Todavia, a mistura Bb+SilK originou resultados superiores de eficiência em comparação com a aplicação isolada do fungo Bb. Um provável efeito sinérgico entre fungos entomopatógenos e compostos silicatados tem sido reportado na literatura (Gatarayiha et al. 2010, Anjum et al. 2014, Shakir et al. 2015, Storm et al. 2016, Ashraf et al. 2017). 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). 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 milho e, portanto, aumento da susceptibilidade daquele ácaro às infecções fúngicas. Compostos silicatados podem conferir maior termotolerância aos conídios fúngicos aumentando sua atividade biológica no campo como reportado por Bell & Hamalle (1974). Trabalhos mais recentes também confirmaram maior termotolerância mediada por compostos silicatados, através da retenção de umidade, para o fungo parasita de insetos *Isaria fumosorosea* (Kim et al. 2014). No presente trabalho, apontamos um significativo aumento na EC% do fungo Bb quando em mistura com o indutor de resistência SilK para controle da cigarrinha-do-milho. Esse resultado pode gerar novas perspectivas de uso mais eficiente desse fungo sob condições de campo. Todavia, futuros novos trabalhos devem investigar mais profundamente uma das três hipóteses acima sugeridas para elucidar o real papel de compostos silicatados na dinâmica infecciosa de *D. maidis* por fungos entomopatogênicos, como *B. bassiana* e *M. anisopliae*.

O tratamento de sementes de milho com inseticidas para a prevenção do ataque de *D. maidis* apresenta-se como uma excelente alternativa, com reduzido custo (Cruz et al. 1999).



Esse fato poderia inviabilizar o uso de aplicações de fungos entomopatógenos sob condições de campo, com vistas a reduzir custos na aquisição de produtos, bem como quanto aos gastos requeridos para utilização de máquinas para pulverização em campo e pagamento de horas de trabalho de funcionários. Todavia, o tratamento de sementes, bem como uma pulverização foliar adicional (até os 8 dias após a emergência do milho), tem sido relatada como uma importante estratégia no controle de *D. maidis* em campo (Albuquerque et al. 2006). Segundo esses autores, a eficiência de controle da cigarrinha-do-milho demonstrados em pulverizações do inseticida Tiametoxam+Lambdacialotrina, associada previamente com tratamento de sementes, oscilaram acima de 85% até o 10º daa. Dessa forma, como a necessidade de complementar o tratamento de sementes de milho contra *D. maidis* é real, as pulverizações foliares dos inseticidas poderiam ser substituídas pela aplicação do fungo *M. anisopliae* sob condições de campo pelos resultados semelhantes de EC% observados no presente trabalho. Essa recomendação pode vir a ser uma importante estratégia para o manejo da evolução de resistência a inseticidas observada em populações de *D. maidis*. Além disso, não há registros de incompatibilidade entre inseticidas utilizados no tratamento de sementes de milho e fungos parasitas de insetos causando determinados efeitos deletérios na germinação de sementes e, principalmente, a plântulas de milho, o que demonstra total compatibilidade.

Inseticidas químicos sintéticos bem como fungos parasitas obrigatórios, como o *M. anisopliae*, podem ser irrelevantes ao controle de *D. maidis* caso a migração e ré-infestação de populações infectantes seja alta em escala local. Quanto mais alta a população de insetos infetivos, maior a quantidade de inóculo inicial transmitido às plantas de milho e, dessa forma, maior o efeito do enfezamento vermelho, causado por fitoplasma, sobre as mesmas (Toffanelli & Bedendo 2002). Segundo Oliveira et al. (2007) o uso do inseticida thiamethoxan proporcionou redução na incidência de enfezamentos em plantas de milho mantidas em ambiente protegido, mas, sob condições de campo, não foi constatada redução de enfezamentos. Atualmente, os casos de rápida ré-infestação de *D. maidis* devido ao fluxo migratório de cigarrinhas infectantes tem causado elevadas perdas em plantios de milho devido às transmissões constantes de doenças. O abandono na produção de plantas hospedeiras de *D. maidis*, como no caso do milho-doce, por alguns meses do calendário agrícola, tem sido reportado como uma medida cultural de controle.

## CONCLUSÕES

1. O uso do fungo *Metarhizium anisopliae*, como alternativa de controle de *Dalbulus maidis* em plantios de milho, apresentou semelhante eficiência de controle ao inseticida Tiametoxam+Lambdacialotrina;
2. O fungo *Beauveria bassiana* pode vir a ser um promissor agente microbiano de controle dessa praga, mas sua virulência aparenta ser mediada por fatores mais complexos e não controlados (ou avaliados) no presente trabalho;
3. Indutores de resistência (como o Silicato de Potássio) isolados (ou em mistura com fungos parasitas) não devem ser negligenciados como alternativa de controle de *D. maidis* em plantas de milho, reconhecidas como excelentes manipuladoras de compostos silicatados;
4. O manejo para controle de *D. maidis* pode ser eficiente para as primeiras semanas de emergência das plantas de milho-doce, mas o histórico de incidência e índice de ré-infestação da cigarrinha-do-milho em escala regional deve ser considerado como um importante parâmetro para avaliações de risco na incidência de enfezamentos.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e ao IF Goiano (Campus Urutaí) pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. A equipe de alunos do curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano (Campus Urutaí) que auxiliaram na execução das atividades de campo. A empresa Simbiose® Agrotecnologia Biológica pela concessão dos fungos entomopatógenos. A empresa Solo Fértil SP Comercial Agrícola Ltda pela concessão do Silicato de Potássio. A empresa Conservas Oderich SA pela permissão de uso de áreas agrícolas para execução do projeto. Ao Alexandre Lutkemeyer (*In memoriam*) pelo apoio na execução do projeto.

## REFERÊNCIAS

AKBAR, W.; LORD, J. C.; NECHOLS, J. R.; HOWARD, R. W. Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *Journal of Economic Entomology*, v. 97, n. 2, p. 273-280, 2004.

ALBUQUERQUE, F. A.; BORGES, L. M.; IACONO, T. O.; CRUBELATI, N. C. S.; SINGER, A. C. Eficiência de inseticidas aplicados em tratamento de sementes e pulverização, no controle de pragas iniciais do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 5, n. 1, p. 15-25, 2006.

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

ASHRAF, M.; FAROOQ, M.; SHAKEEL, M.; DIN, N.; HUSSAIN, S.; SAEED, N.; SHAKEEL, Q.; RAJPUT, N. A. Influence of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*, alone and in combination with diatomaceous earth and thiamethoxam on mortality, progeny production, mycosis, and sporulation of the stored grain insect pests. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 24, n. 36, p. 28165-28174, 2017.

BARBOSA, T. S.; ANDRADE, D. J.; POLANCZYK, R. A.; DUARTE, R. T. Susceptibility of *Tetranychus ogmophallos* (Acari: Tetranychidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Florida Entomologist*, v. 101, n. 2, p. 249-253, 2018.

BELL, J. V.; HAMAL, R. J. Viability and pathogenicity of entomogenous fungi after prolonged storage on silica gel at - 20°C. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 20, n. 5, p. 639-642, 1974.

CARLONI, E.; CARPANE, P.; PARADELL, S.; LAGUNA, I.; GIMÉNEZ PECCI, M. P. Presence of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and *Spiroplasma kunkelii* in temperate region of Argentina. *Journal of Economic Entomology*, v. 106, n. 4, p. 1574-1581, 2013.

CÉSAR FILHO, E.; MARQUES, E. J.; BARROS, R. Selection of *Metarhizium anisopliae*

(Metsch.) and *Beauveria bassiana* (Bals.) isolates to control *Alabama argillacea* (Huebner) caterpillars. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 3, p. 457-562, 2002.

CRUZ, I.; VIANA, P.A.; WAQUIL, J.M. Manejo das pragas iniciais de milho mediante o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 39 p., (Circular Técnica, 31) 1999.

De MELO, D. R.; FERNANDES, E. K. K.; COSTA, G. L.; SCOTT, F. B.; BITTENCOURT, V. R. E. P. Virulence of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to *Ctenocephalides felis felis*. *Animal biodiversity and emerging diseases: Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1149, p. 388-390, 2008.

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

GATARAYIHA, M. C.; LAING, M. D.; MILLER, R. M. Combining applications of potassium silicate and *Beauveria bassiana* to four crops to control two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *International Journal of Pest Management*, v.56, n. 4, p. 291-297, 2010.

HALLSWORTH, J. E.; MAGAN, N. Water and temperature relations of growth of the entomogenous fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Paecilomyces farinosus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 74, n. 3, p. 261-266, 1999.

HAWKINS, D. M. The problem of over fitting. *Journal of Chemical Information and Computer Science*, v. 44, n. 1, p. 1-12, 2004.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Test with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, v. 48, n. 2, p. 157-161, 1995.

IBARRA-APARICIO, G.; MOYA-RAYGOZA, G.; BERLANGA-PADILLA, A. Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisoplia* sobre chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*)

(Delong y Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae). *Folia Entomológica Mexicana*, v. 44, n. 1, p. 1-6, 2005.

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

KWIATKOWSKI A; CLEMENTE E. Características do milho doce (*Zea mays*) para industrialização. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 1, n. 2, p. 93-103, 2007.

MARANNINO, P.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C.; LILLO, E.; QUESADA-MORAGA, E. A new bioassay method reveals pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against early stages of *Capnodis tenebrionis* (Coleoptera; Buprestidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 93, n. 3, p. 210-213, 2006.

MARQUARDT, P. T.; TERRY, R. M.; JOHNSON, W. G. The impact of volunteer corn on crop yields and insects resistance management strategies. *Agronomy*, v. 3, n.1, p. 488-496, 2013.

MARTINS, G. M.; TOSCANO, L. C.; TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, W. I. Eficiência de inseticidas no controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) na cultura do milho. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 4, p. 196-200, 2008.

MASSOLA JÚNIOR, N. S. Enfezamentos vermelho e pálido: doenças em milho causadas por mollicutes. *Semina, Ciências Agrárias, Londrina*, v. 22, n. 2, p. 237-242, 2001.

MENESES, A. R.; QUERINO, R. B.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, A. H. N.; SILVA, P. R. R. Seasonal and vertical distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) in brazilian corn fields. *Florida Entomologist*, v. 99, n. 4, p. 750-754, 2016.

MITANI, N.; YAMAJI, N.; MA, J. F. Identification of maize silicon influx transporters. *Plant Cell Physiology*, v. 50, n. 1, p. 5-12, 2009.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; FRANCO, A. A. N.; ZACCHEO, P. V. C.; AND ZORZENONI, T. O. Sweet corn: Genetic aspects, agronomic and nutritional traits. *Applied Research and Agrotecnology*, v. 6, n. 1, p. 105-114, 2013.

OLIVEIRA, E.; FERNANDES, F. T.; SOUZA, I. R. P.; OLIVEIRA, C. M.; CRUZ, I. Enfezamentos, viroses e insetos vetores em milho: identificação e controle. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 10 p., (Circular técnica, 26) 2003.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; DIAS, C. T. S.; NAULT, L. R. Influence of latitude and elevation of polymorphism among populations of the corn leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), in Brazil. *Environmental Entomology*, v. 33, n. 5, p. 1192-1199, 2004.

OLIVEIRA, C. M.; LOPES, J. R. S.; NAULT, L. R. Survival strategies of *Dalbulus maidis* during maize off-season in Brazil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 147, p. 141-153, 2013.

OLIVEIRA, C. M.; OLIVEIRA, E.; CANUTO, M.; CRUZ, I. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 3, p. 297-303, 2007.

ORTIZ-URQUIZA, A.; KEYHANI, N. O. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects*, v. 4, n. 3, p. 357-374, 2013.

PÉREZ-LÓPEZ, E.; WIST, T.; DUMONCEAUX, T.; LUNA-RODRIGUÉZ, M.; NORDIN, D.; CASTRO-LUNA, A.; IGLESIAS-ANDREU, L.; OLIVER, C. Detection of maize bushy stunt phytoplasma in leafhoppers collected in native corn crop grown at high elevation in southeast Mexico. *Florida Entomologist*, v. 101, n. 1, 2018.

PERFECTO, I. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem: the maize-pest-ant system in Nicaragua. *Ecology*, v. 71, n.6, p. 2125-2134, 1990.

QUESADA-MORAGA, E.; RUIZ GARCÍA, A.; SANTIAGO-ALVAREZ, C. Laboratory evaluation of entomopathogenic fungi *Bauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against puparia and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, v. 99, n. 6, p. 1955-1966, 2006.

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

REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. *Annals of Applied Biology*, v. 155, p. 171–186, 2009.

RIBEIRO JUNIOR, J. I.; MELO, A. L. P. Guia prático para utilização do SAEG. Viçosa, MG. Editora UFV, 288p, 2009.

SANDHU, S. S.; SHARMA, A. K.; BENIWAL, V.; GOEL, G.; BATRA, P.; KUMAR, A.; JAGLAN, S.; SHARMA, A. K.; MALHOTRA, S. Myco-biocontrol of insect pests: factors involved, mechanism and regulation. *Journal of Pathogens*, Article, ID 126819, 10 pages, 2012.

SANTOS, P. H. A. D.; PEREIRA, M. G.; TRINDADE, R. S.; CUNHA, K. S.; ENTRINGER, G. C.; VETTORAZZI, J. C. F. Agronomic performance of super-sweet corn genotypes in the north of Rio de Janeiro. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 8-14, 2014.

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

SILVA, A. H.; TOSCANO, L. C.; MARUYAMA, W. I.; PEREIRA, M. F. A.; CARDOSO, S. M. Controle de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) De Long & Wolcott (1923) por



*Beauveria bassiana* na cultura do milho. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, v. 35, n. 4, p. 657-664, 2009.

STORM, C.; SCOATES, F.; NUNN, A.; POTIN, O.; DILLON, A. Improving efficacy of *Beauveria bassiana* against stored grain beetles with a synergistic co-formulant. *Insects*, v. 7, n. 42, Article, 14 pages, 2016.

TAKAHASHI, E.; MA, J. F.; MIYAKE, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Comments on Agricultural and Food Chemistry*, v. 2, n. 2, p. 99-122, 1990.

TOFFANELLI, C. M.; BEDENDO, I. P. Efeito da população infetiva de *Dalbulus maidis* na produção de grãos e no desenvolvimento de sintomas do enfezamento vermelho do milho. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 1, p. 82-86, 2002.

TOLEDO, A. V.; ALIPPI, A. M.; LENICOV, A. M. M. R. 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*, v. 11, n. 29, 2011.

TOLEDO, A. V.; LENICOV, A. M. M. R.; LASTRA, C. C. L. Pathogenicity of fungal isolates (Ascomycota: Hypocreales) against *Peregrinus maidis*, *Delphacodes kuscheli* (Hemiptera: Delphacidae), and *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), vectors of corn diseases. *Mycopathologia*, v. 163, p. 225-232, 2007.

VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Cultivo de milho: pragas iniciais. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 13 p., (Comunicado Técnico 59) 2002.

XAVIER, L. M. S.; ÁVILA, C. J. Patogenicidade de isolados de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin e de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin a *Scaptocoris carvalhoi* Becker (Hemiptera: Cydnidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 50, n. 4, p. 540-546, 2006.

YAVAS, I.; ÜNAY, A. The role of silicon under biotic and abiotic stress conditions. *Turkish*

Journal of Agricultural Research, v. 4, n. 2, p. 204-209, 2017.