

**EFEITO DE PRÉ-MISTURAS DE BACULOVÍRUS NO
CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1858)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DA SOJA
(*Glycine max* L.)**

MARCELO FERREIRA LIMA
Eng. Agrônomo

MARCELO FERREIRA LIMA

**EFEITO DE PRÉ-MISTURAS DE BACULOVÍRUS NO
CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1858)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DA SOJA
(*Glycine max* L.)**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira

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

Urutaí – GOIÁS
2020

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

LL732e LIMA, MARCELO FERREIRA
EFEITO DE PRÉ-MISTURAS DE BACULOVÍRUS NO CONTROLE
DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1858)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DA SOJA (*Glycine
max L.*) / MARCELO FERREIRA LIMA; orientador Dr.
Alexandre Igor Azevedo Pereira. -- Urutaí, 2020.
40 p.

Dissertação (em PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE
PLANTAS) -- Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí,
2020.

1. *Glycine max*. 2. Surtivo® Soja. 3. Surtivo®
Plus. 4. controle microbiológico. 5. Baculoviridae.
I. Pereira, Dr. Alexandre Igor Azevedo, orient. II.
Título.



Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

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

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

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

Nome Completo do Autor: Marcelo Ferreira Lima

Matrícula: 2018101330540147

Título do Trabalho: EFEITO DE PRÉ-MISTURAS DE BACULOVÍRUS NO CONTROLE DE *Chrysodeixis includens* (WALKER, 1858) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* L.)

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim.

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

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

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

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Urutaí, estado de Goiás, 04/04/2020.

Marcelo Ferreira Lima

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

AP

Assinatura do(a) orientador(a)



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

ATA DE DEFESA

DEFESA PÚBLICA N.º 53 - DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS - MESTRADO PROFISSIONAL.

Área de Concentração: Fitossanidade

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

Aos 17 dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte, às 09:00 horas, estiveram presentes na Sala da Pós-Graduação do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí os Doutores(as) Alexandre Igor de Azevedo Pereira (Orientador), Jéssica Karina da Silva Pachú, José Bruno Malaquias e Luiz Leonardo Ferreira, constituindo a Banca Examinadora da dissertação intitulada “Efeito de pré-misturas de Baculovírus no controle de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da Soja (*Glycine max* L.)” de autoria de Marcelo Ferreira Lima, candidato ao título de Mestre em Proteção de Plantas. Após leitura da dissertação e arguição pela Banca, concluiu-se que o candidato está () **APROVADO** sem correções, () **APROVADO** mediante correções na versão a ser depositada () **REPROVADO**. Nada mais havendo a ser tratado por esta Banca Examinadora, eu, **Alexandre Igor de Azevedo Pereira**, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, segue assinada por seus integrantes.

Urutaí - GO, 17 de fevereiro de 2020.

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

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

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

Prof. Dr. Luiz Leonardo Ferreira
 UNIFIMES

DEDICATÓRIA

Dedico a minha esposa, Daniela Lima, que sempre me apoiou nesta jornada. Aos meus filhos, José Vinicius Lima e Isaque Lima, que são grande inspiração para minha vida. Aos meus pais que me deram educação, sabedoria, e sempre me incentivaram a seguir o melhor caminho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de me tornar mestre.

A toda minha família a qual sempre me apoiou na minha jornada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira, pelos ensinamentos e dedicação para que este trabalho se tornasse possível.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas pelos ensinamentos que muito contribuirá para minha vida profissional.

A todos colegas que pude conviver durante o período de curso e que tornaram esta etapa mais fácil de ser executada.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	11
OBJETIVOS.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
RESULTADOS.....	19
DISCUSSÃO.....	26
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
AGRADECIMENTOS.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

RESUMO

Empresas que comercializam VPNs tem se adiantado à problemática da indução de resistência e, portanto, desenvolvido produtos virais contendo a mistura de várias espécies viróticas. Mas essa nova biotecnologia ainda possui poucos resultados avaliados em sistemas reais de produção, contra a lagarta falsa-medideira da soja. O objetivo foi avaliar a flutuação populacional de lagartas *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) amostradas em plantas de soja após a pulverização foliar dos tratamentos T1 (apenas água, testemunha), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®]Soja₁₀₀, HearNPV + ChinNPV), T5 (Surtivo[®]Soja₁₀₀ + melação), T6 (Surtivo[®]Plus₁₄₀, AcMNPV + HearNPV + ChinNPV + SfMNPV) e T7 (Surtivo[®]Plus₁₄₀ + melação) sob condições de campo. O ensaio foi conduzido em lavoura comercial de soja (cv. Syngenta 1163 RR[®]) em Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, Brasil. Após detecção do *time* de aplicação, as pulverizações foram realizadas e o número de lagartas pequenas, médias, grandes e totais quantificadas por pano de batida aos 0, 4, 8, 14 e 21 DAA (dias após a aplicação). Apesar de apenas lagartas menores terem sido alvo das aplicações com VPNs, nossos resultados demonstraram que a população desse inseto também sofreu interferência dos tratamentos com vírus perpetuando seus efeitos, inclusive, em lagartas de maior tamanho. O Surtivo[®] Plus₁₄₀ + melação (T7) foi o melhor tratamento no sentido de reduzir a incidência das lagartas, independentemente do tamanho da praga. A presença do melação-de-cana pode ter desencadeado benefícios capazes de gerar maiores efeitos infecciosos. As respostas biológicas observadas são discutidas e ampliam as oportunidades para a prática do manejo integrado da lagarta falsa-medideira no Brasil.

Palavras-chave: *Glycine max*, Surtivo[®] Soja, Surtivo[®] Plus, lagarta falsa-medideira da soja, controle microbiológico, Baculoviridae.

ABSTRACT

Companies that commercialize NPVs have advanced to the problem of resistance induction and, therefore, developed viral products containing the mixture of several viral species. But this new biotechnology still has few results evaluated in real production systems, against the soybean looper. The objective was to evaluate the population fluctuation of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) caterpillars sampled in soybean plants after foliar spraying of treatments T1 (water only, control), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®]Soja₁₀₀, HearNPV + ChinNPV), T5 (Surtivo[®]Soja₁₀₀ + molasses), T6 (Surtivo[®]Plus₁₄₀, AcMNPV + HearNPV + ChinNPV + SfMNPV) and T7 (Surtivo[®]Plus₁₄₀ + molasses) under field conditions. The test was conducted in a commercial soybean crop (cv. Syngenta 1163 RR[®]) in Campo Alegre de Goiás, southeastern Goiás state, Brazil. After detection of the application time, the sprayings were carried out and the number of small, medium, large and total caterpillars quantified by beating cloth at 0, 4, 8, 14 and 21 DAA (days after application). Although only smaller caterpillars have been the target of applications with NPVs, our results have shown that the population of this insect also suffered interference from virus treatments, perpetuating its effects, even in larger caterpillars. Surtivo[®]Plus₁₄₀ + molasses (T7) was the best treatment in order to reduce the incidence of caterpillars, regardless the pest size. The presence of cane molasses may have triggered benefits capable of generating greater infectious effects. The observed biological responses are discussed and expand the opportunities for the practice of integrated management for the soybean looper in Brazil.

Key-words: *Glycine max*, Surtivo[®] Soja, Surtivo[®] Plus, soybean looper, microbiological control, Baculoviridae.

INTRODUÇÃO

O mercado de produtos fitossanitários de origem biológica para controle de pragas agrícolas no Brasil está em franca expansão. Nos últimos anos a quantidade de registros solicitados ao MAPA atingiu valores que ultrapassaram ao de solicitações para registro de produtos químicos sintéticos (Parra & Coelho Junior 2019). Casos de resistência genética de importantes pragas agrícolas (Figueiredo et al. 2019), o alto valor de aquisição de inseticidas vinculados às oscilações do dólar (Popp et al. 2013), além da criação de uma filosofia ambientalmente amigável por parte dos agricultores (Galford et al. 2013) tem sido alguns dos fatores para essa mudança de paradigmas recentemente observada em lavouras de soja no Brasil.

Os vírus da poliedrose nuclear (VPNs) são o tipo mais comum de vírus na classe Insecta e infectam uma ampla gama de hospedeiros, em todo o mundo. Partículas virais são pulverizadas na superfície foliar para fins de controle (Moscardi 1999). A forma mais comum de infecção primária do inseto hospedeiro é por ingestão durante a alimentação larval das folhas previamente tratadas (Granados 1980). Após a ingestão do vírus, os corpos de oclusões poliedrais (COPs) são dissolvidos nas condições de pH alto (pH 8,5 a 11) do intestino médio do inseto, liberando partículas virais (Pritchett et al. 1981). Os VPNs são valiosos agentes de controle natural, proporcionando um controle seguro, eficaz e sustentável em uma variedade de insetos-praga, incluindo a lagarta-falsa-medideira da soja, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) (Young & Yearian 1982).

Casos de resistência, mesmo assim, são observados ou hipotetizados mesmo quando formas de controle tidas como biológicas são exploradas. Como exemplo, podemos citar os casos de lagartas desfolhadoras da família Noctuidae resistentes aos eventos transgênicos mais comumente comercializados no Brasil, contendo a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Alvi et al. 2012). Além disso, partículas virais pulverizadas continuamente em um dado sistema agrícola tem também casos registrados de resistência, através da ação de múltiplos mecanismos de defesa contra infecções viróticas como relatado para *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) (Jehle et al. 2017). Recomendações de se alternar o uso de VPNs com outras formas de controle de lagartas desfolhadoras têm sido preconizadas obedecendo a prática do Manejo Integrado de Pragas para fins de retardar casos futuros de resistência aos vírus (Bentivenha et al. 2019).

Diante desse dilema, empresas que comercializam vírus entomopatogênicos tem

se adiantado à problemática da indução de resistência e, portanto, desenvolvido produtos virais contendo a mistura de vários VPNs (Haase et al. 2015). No presente trabalho, avaliamos o efeito dos produtos Surtivo®Soja₁₀₀ que possui na sua formulação a combinação entre *Helicoverpa 13rmígera* Nucleopolyhedrovirus (HearNPV) + *Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus (ChinNPV), bem como o produto Surtivo®Plus₁₄₀ com os componentes virais *Autographa californica* multiple nucleopolyhedrovirus (AcMNPV) + HearNPV + ChinNPV + *Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus (SfMNPV), recentemente lançados no mercado brasileiro, na flutuação populacional da lagarta-falsa-medideira da soja, de diferentes tamanhos corpóreos, no sudeste do estado de Goiás.

Para as empresas que formulam VPNs a estratégia em considerar a mistura de variados surtivos pode ter resultados vantajosos, por oferecerem produtos capazes de atingir múltiplos alvos biológicos (Thiem 1997). Isso facilita o menor número de aplicações mecanizadas no campo pelas infestações cada vez mais comuns de várias espécies de lagartas, como *Anticarsia gemmatalis*, *Pseudoplusia (=Chrysodeixis) includens*, *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania*, *Spodoptera frugiperda* (Bueno et al. 2010), bem como *Helicoverpa 13rmígera* (Sosa-Gómez et al. 2016), frequentemente observadas em lavouras de soja no Brasil. Em termos de utilização de múltiplas linhagens viróticas, cogita-se que quando as diferenças genotípicas são marcantes, o que é o caso de certas espécies de vírus parasitas exclusivos de lagartas da família Noctuidae (Craveiro et al. 2015), a probabilidade de uma maior resposta biológica se torna evidente.

Adicionalmente ao efeito observado dos dois produtos contendo vírus entomopatógenos acima descritos, também avaliamos a mistura desses com o melão-de-cana. Esse produto de baixo custo e fácil obtenção nos mercados brasileiros tem sido referenciado como um dos mais versáteis aditivos para formulações comerciais de VPNs, devido a proteção contra raios UV, além da sua ação dispersante e fagostimulante (Shapiro et al. 1983, Burges 1998, Mehrvar et al. 2008).

OBJETIVO

Avaliar a flutuação populacional de lagartas pequenas, médias, grandes e totais (somatório de todas as lagartas amostradas, independentemente do tamanho) de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de soja após a pulverização foliar dos tratamentos T1 (apenas água, testemunha), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®]Soja₁₀₀), T5 (Surtivo[®]Soja₁₀₀ + melação), T6 (Surtivo[®]Plus₁₄₀) e T7 (Surtivo[®]Plus₁₄₀ + melação) sob condições de campo na cultura da Soja, *Glycine max* L. (Fabaceae).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, na Fazenda Paineiras, Lote 5 (Latitude: 17° 38' 20'' Sul, Longitude: 47° 46' 55'' Oeste e 884 m de altitude). O sistema de produção da soja utilizado na propriedade rural foi sob plantio direto. A área experimental foi semeada com milho no ano agrícola 2018 (entre maio a agosto), logo após mantida em pousio na entre-safra (entre agosto e outubro de 2018) e, por fim, a soja foi semeada no dia 16 de novembro de 2018. A cultivar de soja utilizado foi a Syngenta 1163RR[®]. Essa cultivar apresenta alto potencial produtivo, hábito de crescimento indeterminado, altura das plantas com cerca de 116 cm, época de plantio para o Centro-Oeste brasileiro de 25 de outubro a 30 de novembro, população de 220-300 plantas há⁻¹, ciclo médio de 134 dias e resistência/tolerância ao cancro de haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *Meridionalis*) e podridão seca (*Cercospora sojina*). A adubação de semeadura consistiu de 150 kg há⁻¹ da formulação 02-20-20, incluindo micronutrientes. O controle das plantas daninhas foi realizado com 50 g há⁻¹ de Clorimuron-ethyl + 500 mL há⁻¹ de Lactofen aos 21 dias após a emergência. O controle de doenças foi realizado com aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazol 300 mL há⁻¹ + óleo mineral paranífico 600 mL há⁻¹, totalizando três aplicações.

As fontes virais utilizadas foram oriundas de dois produtos da empresa AgBitech Controles Biológicos Ltda (São Paulo, Brasil). O Surtivo[®]Soja₁₀₀ (denominado no presente trabalho como SS₁₀₀) possui na sua formulação a combinação entre HearNPV (*Helicoverpa 15rmígera* Nucleopolyhedrovirus) + ChinNPV (*Chrysodeixis includens* nucleopolyhedrovirus), ambos com 3,75 x 10⁹ corpos de oclusão mL⁻¹. Registro n° 23218 no MAPA do Brasil na formulação SC (Suspensão Concentrada). Classificação toxicológica do tipo IV (pouco tóxico) e classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental tipo IV (pouco perigoso ao meio ambiente). Foi aplicado na dose recomendada pelo fabricante de 200 mL há⁻¹ com pH da calda abaixo de 8 para não comprometer a eficiência do produto biológico e volume de calda para aplicações terrestres de 100 L há⁻¹. O Surtivo[®]Plus₁₄₀ (denominado no presente trabalho como SP₁₄₀) possui na sua formulação a combinação entre os VPNS AcMNPV (*Autographa californica* multiple nucleopolyhedrovirus) na concentração de 231,2 g L⁻¹ + ChinNPV + HearNPV + SfMNPV (*Spodoptera frugiperda* multiple nucleopolyhedrovirus), sendo esses últimos três na concentração de 57,8 g L⁻¹. Registro n° 36019 no MAPA do Brasil

na formulação SC (Suspensão Concentrada). Classificação toxicológica do tipo IV (pouco tóxico) e classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental tipo IV (pouco perigoso ao meio ambiente). Foi aplicado na dose recomendada pelo fabricante de 210 mL há⁻¹ com pH da calda abaixo de 8 para não comprometer a eficiência do produto biológico e volume de calda para aplicações terrestres de 100 L há⁻¹.

O inseticida Indoxacarb (Avatar[®] EC) (Du Pont do Brasil S.A., Barueri, São Paulo, Brasil) do grupo químico Oxadiazina (150 g L⁻¹), registro no MAPA n° 1415 possui classificação toxicológica Classe III (medianamente tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental Classe III (produto perigoso ao meio ambiente). Atua no sistema nervoso dos insetos bloqueando os canais de sódio, não inflamável e comercializado na formulação concentrado emulsionável (EC). A dose do Indoxacarb utilizada foi a recomendada para o controle da lagarta falsa-medideira em soja (400 mL há⁻¹), com volume de calda de 100 L de água há⁻¹. O inseticida Dipel[®] (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki, linhagem HD-1) foi utilizado como tratamento biológico comparativo com cerca de 27,5 bilhões de esporos viáveis por grama na concentração de 33,60 g L⁻¹ na forma SC (suspensão concentrada) oriundo da empresa Sumitomo Chemical do Brasil Representações Ltda (São Paulo, Brasil). Possui registro no MAPA n° 00291 e classificação toxicológica do tipo IV (pouco tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental do tipo IV (produto pouco perigoso ao meio ambiente). Atua como veneno estomacal de lagartas através da ingestão de folhas previamente tratadas. A dose do *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki utilizada foi a recomendada para o controle da lagarta falsa-medideira em soja (16,80 g há⁻¹), com volume de calda de 100 L de água há⁻¹. No tratamento testemunha, apenas água foi utilizada.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com sete tratamentos e três repetições. Cada parcela experimental foi constituída por 30 m de comprimento e 10 m de largura. O número de linhas de plantio de soja por parcela foi de 20 linhas de semeadura com as plantas de soja espaçada em 0,5 m entre linhas. Cada linha de semeadura teve cerca aproximadamente 16 plantas de soja por metro linear. A área útil das parcelas foi de 300 m². A partir do 40° DAP (dia após o plantio) a população de lagartas falsa-medideira foi diariamente amostrada para verificação do *time* de aplicação, delimitado por 3 lagartas pequenas por pano de batida. Quando mais de 50% de todas as parcelas atingiu esse valor, as aplicações foram realizadas. Antes disso, todas as parcelas foram amostradas para aquisição dos dados prévios (antes da aplicação dos tratamentos).

O *time* de aplicação foi alcançado aos 70 DAP, no estágio R1 da soja. Nas aplicações utilizou-se um pulverizador CO₂ pressurizado com capacidade de 25 L, com barra lateral de 5 m, contendo 10 pontas de pulverização do tipo cônica (M 054), operando com pressão de trabalho de 35 lb.pol⁻² e volume de calda de 100 L há⁻¹. Todos os integrantes da equipe responsáveis pelas pulverizações utilizaram Equipamento de Proteção Individual (EPI) em cumprimento com a legislação brasileira. As condições climáticas médias durante a aplicação foram: umidade relativa 70%, temperatura de 25 °C e velocidade do vento de 4 km h⁻¹. As aplicações dos tratamentos nas parcelas foram realizadas a partir das 17:00 hs, em um único dia.

Para realização das amostragens aos 0, 4, 8, 14 e 21 DAA (dias após a aplicação) foi utilizado um pano de batida convencional, constituído de dois bastões de madeira ligados entre si por um tecido branco, com 1,0 m de comprimento e 1,4 m de largura. Para as coletas, uma extremidade do pano foi colocada entre as fileiras de soja, sendo ajustada à base das plantas de uma linha e a outra estendida sobre as plantas da linha adjacente, como tecnicamente recomendado (Stürmer et al. 2014). As plantas de uma fileira foram sacudidas, vigorosamente, a fim de derrubar os insetos-alvo sobre o pano. Quatro membros da equipe de execução do trabalho tiveram um treinamento prévio sobre a forma de realizar as amostragens. Esse procedimento foi realizado para cada metro de linha de soja, correspondendo uma sub-amostra. Para cada parcela experimental, cinco sub-amostras com pano de batida foram realizadas. Os valores correspondentes ao *time* de aplicação de três lagartas de falsa-medideira por parcela (anteriormente descrito) corresponderam à média de cinco sub-amostras por parcela.

As lagartas a partir do momento da sua coleta, foram categorizadas em pequenas (≤ 7 mm de comprimento), médias (entre 8 e 23 mm de comprimento) ou grandes (≥ 24 mm de comprimento). A amostragem do número de lagartas por parcela experimental obedeceu aos intervalos de avaliação estipulados. Outras espécies de lagartas desfolhadoras amostradas, como *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania*, *Helicoverpa 17rmígera* e *Spodoptera frugiperda* também foram observadas e contabilizadas através de fichas de avaliação de campo. Mas, devido ao seu número insignificante (<3% de abundância), não foram consideradas. O mesmo ocorreu para predadores, como joaninhas e espécies de percevejos predadores do gênero *Podisus* sp. Amostras de lagartas de *C. includens* de diferentes tamanhos, e individualizadas por tratamento e dia de avaliação, foram acondicionadas em recipientes cúbicos de acrílico (3 cm x 3 cm x 3 cm) com pedaços de folhas frescas de soja e mantidos em ambiente

climatizado (25°C, 60% UR e fotoperíodo de 12 hs de luz) para fins de observação da emergência de parasitoides. Todavia, devido à insignificante emergência desses inimigos naturais, esses dados também não foram contabilizados.

Análises Estatísticas

O *time* de aplicação dos tratamentos foi apresentado de forma descritiva, através de gráficos de dispersão gerados pelo software SigmaPlot[®], versão 11 (Systat Software Inc), onde o número absoluto de lagartas pequenas, médias e grandes em função do número de amostras durante o período experimental foi apresentado (Figura 1).

Os dados brutos do número de lagartas amostradas em função dos tratamentos e espaçamentos foram dispostos em gráficos do tipo BloxPlot para auxiliar na identificação de *outliers* e posterior eliminação dos mesmos. Esse procedimento foi realizado considerando-se cada tamanho das lagartas amostradas, a somatória entre esses tamanhos, bem como intervalos de avaliação (DAA). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de aderência de Lilliefors e, de forma complementar, pelo histograma obtido pelo software SAEG[®] (Ribeiro Junior & Melo 2008). De acordo com esse procedimento, a variável dependente (número de lagartas, para todos os tamanhos) não seguiu distribuição normal e, portanto, ocorreu transformação para $\log(x+1)$. 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). Após a transformação dos dados para $\log(x+1)$ procedeu-se a ANOVA (tipo unidirecional) para verificar a significância dos tratamentos pelo software SAEG[®]. Os resultados resumidos da ANOVA para as variáveis número de lagartas foram descritos nos resultados, bem como a análise de variância e a comparação entre médias (teste de Tukey a 5% de probabilidade). As comparações entre os tratamentos foram realizadas na escala transformada, porém, os resultados descritos permaneceram em escala original.

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 descreva desvios causados por erros de medição ou fatores aleatórios. Ocorre o *overfitting* quando o modelo biológico 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®, versão 11 (Systat Software Inc). Por fim, apresentamos os modelos ajustados para as lagartas de *Chrysodeixis includens* amostradas de tamanho pequeno, médio e grande, bem como a somatória de todas as lagartas amostradas ao longo dos cinco intervalos de tempo de avaliação e em função dos sete tratamentos avaliados o que correspondeu às Figuras 2, 3, 4 e 5 (respectivamente). Os valores de R^2 , F e P para cada equação de regressão ajustada aos tratamentos em função do período de avaliação foram descritos na legenda de cada figura.

RESULTADOS

A maioria das lagartas, cerca de 80%, de *Chrysodeixis includens* amostradas antes das aplicações dos tratamentos encontravam-se com tamanho pequeno em comparação com as lagartas de tamanho médio e grande (Figura 1). Além disso, antes das aplicações dos tratamentos apenas 10% das lagartas pequenas superaram o *time* de aplicação preconizado, sendo esse de 3 lagartas amostradas por pano de batida (Figura 1). A população de lagartas de tamanho médio e grande não superaram os valores de 3 lagartas por pano de batida (Figura 1).

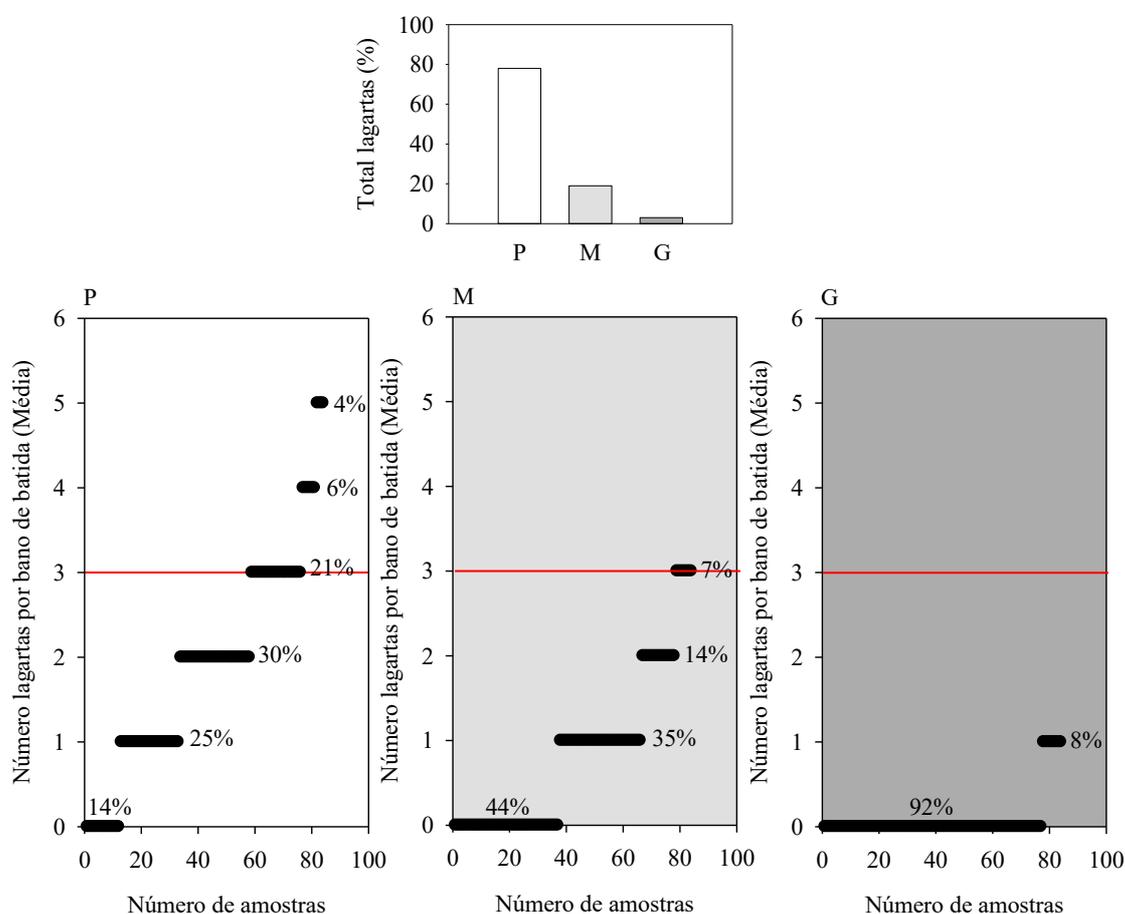


Figura 1. Caracterização (numérica e percentual) da população de lagartas de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) de tamanhos pequeno (P) (≤ 7 mm), médio (M) (8-23mm) e grande (G) (≥ 24 mm) amostradas através de pano-de-batida em plantas de soja (*Glycine max*) cv. Syngenta 1163 RR[®] antes da pulverização foliar dos tratamentos (ou seja, aos 0 DAA). Fazenda Paineiras (Lote 5), Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, Brasil.

A representação do comportamento populacional das lagartas de *Chrysodeixis includens* de tamanho pequeno, ao longo do intervalo de tempo, sob o efeito dos tratamentos variou quanto à adequação de modelos matemáticos de regressão (Figura 2).

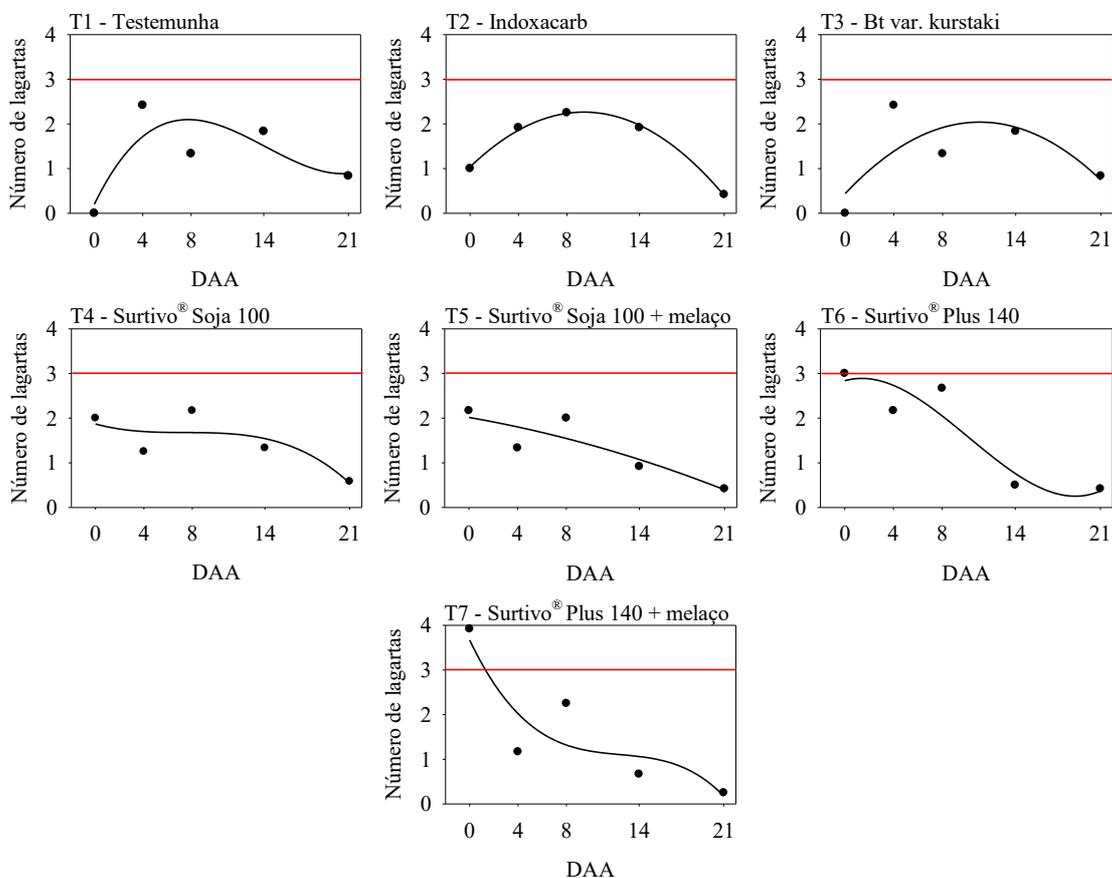


Figura 2. Modelagem matemática para a flutuação populacional de lagartas de tamanho pequeno ($\leq 7\text{mm}$) de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) expostas aos tratamentos T1 (apenas água, testemunha), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®] Soja₁₀₀: HearNPV + ChinNPV), T5 (Surtivo[®] Soja₁₀₀ + melão), T6 (Surtivo[®] Plus₁₄₀: AcMNPV + HearNPV + ChinNPV + SfMNPV) e T7 (Surtivo[®] Plus₁₄₀ + melão), via pulverização foliar em plantas de soja (*Glycine max*) cv. Syngenta 1163 RR[®], ao longo cinco intervalos de avaliação. T1 ($y=0,39+0,49x-0,44x^2+0,10x^3$, $F=53,22$, $P=0,00$, $R^2=75,88$), T2 ($y=0,10+0,26x-0,13x^2$, $F=84,50$, $P=0,00$, $R^2=99,29$), T3 ($y=0,12+0,46x-0,11x^2$, $F=104,10$, $P=0,03$, $R^2=99,44$), T4 ($y=0,18-0,74x+0,99x^2-0,44x^3$, $F=131,10$, $P=0,04$, $R^2=86,70$), T5 ($y=0,20-0,76x+0,24x^2-0,12x^3$, $F=119,00$, $P=0,04$, $R^2=78,06$), T6 ($y=0,28+0,77x-0,29x^2+0,97x^3$, $F=214,00$, $P=0,04$, $R^2=86,51$) e T7 ($y=0,36-0,56x-0,43x^2-0,11x^3$, $F=125,10$, $P=0,02$, $R^2=78,97$). Fazenda Paineiras (Lote 5), Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, Brasil.

Nos tratamentos T1 (testemunha), T4 (SS₁₀₀), T5 (SS₁₀₀+melão), T6 (SP₁₄₀) e T7 (SP₁₄₀+melão) os modelos que melhor se adequaram foram os representados por regressões cúbicas (Figura 2). Por outro lado, para os tratamentos T2 (Indoxacarb) e T3

(*Bt var. kurstaki*) o comportamento populacional das lagartas se caracterizou através de modelos de regressão quadráticos (Figura 2). As equações de regressão para todos os tratamentos, bem como seus valores de F , P e R^2 encontram-se na legenda da Figura 2. A população das lagartas pequenas tiveram tendência de aumento ao longo dos dias após a aplicação, principalmente entre os intervalos de 0 a até 8 DAA para os tratamentos T1 (testemunha), T2 (Indoxacarb) e T3 (*Bt var. kurstaki*) (Figura 2). E a partir do 14º DAA houve tendência de decréscimo na população de lagartas para tais tratamentos. Por outro lado, quando os surtivos, independentemente do tipo, bem como da presença ou ausência de melaço foram explorados (ou seja, nos T4, T5, T6 e T7) observou-se redução na população de lagartas ao longo do tempo com ausência de picos populacionais (Figura 2). Apenas nos tratamentos T6 e T7 a população de lagartas pequenas de *Chrysodeixis includens* foram inicialmente amostradas (aos 0 DAA) com valores iguais ou superiores a 3 lagartas por pano de batida. Nesses dois últimos casos ocorreu maior decréscimo populacional das lagartas ao longo do tempo (Figura 2). De toda forma, a partir do 4º DAA até o último dia de avaliação (21º DAA), em nenhum dos tratamentos avaliados observou-se os níveis populacionais da lagarta-falsa-medideira superando os valores de 3 lagartas por pano de batida amostradas (Figura 2).

A flutuação populacional de lagartas de tamanho corpóreo médio de *Chrysodeixis includens* variou ao longo dos cinco intervalos de dia após a aplicação, bem como em função dos tratamentos avaliados (Figura 3). Os modelos matemáticos que melhor se ajustaram à natureza dos dados coletados, para lagartas de tamanho médio, foram os de regressão cúbica para os tratamentos T1 (testemunha), T6 (SP₁₄₀) e T7 (SS₁₄₀+melaço) (Figura 3). Por outro lado, as respostas biológicas representadas em termos de flutuação populacional para lagartas médias em função do tempo de avaliação foram significativamente modeladas através de regressões quadráticas para os tratamentos T2 (Indoxacarb), T3 (*Bt var. kurstaki*), T4 (SS₁₀₀) e, por fim, T5 (SS₁₀₀+melaço) (Figura 3). Aos 8 DAA houve um pico populacional de lagartas amostradas atingindo o nível de 3 indivíduos amostrados por pano de batida para o tratamento testemunha (T1). Em nenhum dos outros tratamentos o mesmo pico populacional foi observado, sugerindo que os demais tratamentos atrasaram o crescimento das lagartas nesse intervalo de tempo. Nos tratamentos onde se pulverizou o Indoxacarb e *Bt var. kurstaki* o pico populacional de lagartas de tamanho corpóreo médio foi observado aos 14 DAA com valores próximos a 3 lagartas por pano de batida (Figura 3). Os menores valores de lagartas amostradas entre os tratamentos avaliados foram observados no tratamento T4 (SS₁₀₀), sem ultrapassar 2

lagartas por pano de batida (Figura 3). Todavia, o tratamento T7 (SP140+melaço) foi aquele onde houve tendência de decréscimo da população de lagartas de tamanho médio de *Chrysodeixis includens* ao longo dos dias de avaliação (Figura 3).

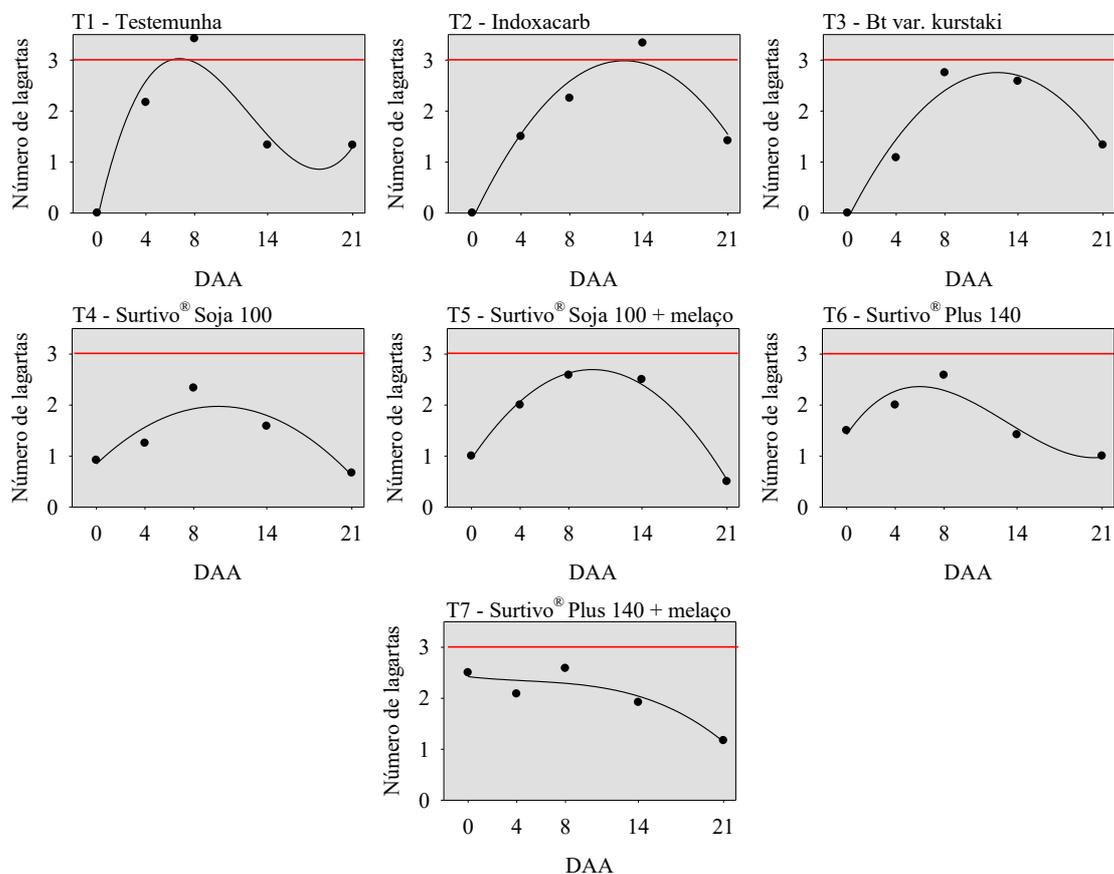


Figura 3. Modelagem matemática para a flutuação populacional de lagartas de tamanho médio (8-23mm) de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) expostas aos tratamentos T1 (apenas água, testemunha), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®] Soja₁₀₀: HearNPV + ChinNPV), T5 (Surtivo[®] Soja₁₀₀ + melaço), T6 (Surtivo[®] Plus₁₄₀: AcMNPV + HearNPV + ChinNPV + SfMNPV) e T7 (Surtivo[®] Plus₁₄₀ + melaço), via pulverização foliar em plantas de soja (*Glycine max*) cv. Syngenta 1163 RR[®], ao longo cinco intervalos de avaliação. T1 ($y=-0,25+0,10x-0,10x^2+0,27x^3$, $F=39,30$, $P=0,03$, $R^2=92,15$), T2 ($y=0,12+0,45x-0,18x^2$, $F=32,01$, $P=0,04$, $R^2=92,31$), T3 ($y=0,46+0,43x-0,17x^2$, $F=72,04$, $P=0,02$, $R^2=92,72$), T4 ($y=0,84+0,22x-0,11x^2$, $F=43,20$, $P=0,01$, $R^2=81,20$), T5 ($y=0,94+0,35x-0,17x^2$, $F=96,79$, $P=0,00$, $R^2=99,41$), T6 ($y=0,14+0,34x-0,37x^2+0,94x^3$, $F=23,50$, $P=0,03$, $R^2=87,02$) e T7 ($y=0,24-0,27x+0,31x^2-0,22x^3$, $F=28,00$, $P=0,04$, $R^2=86,17$). Fazenda Paineiras (Lote 5), Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, Brasil.

Lagartas de tamanho corpóreo grande (acima de 23 mm de comprimento) foram amostradas através de pano de batida com quantidade de indivíduos superando os valores preconizados pelo *time* de aplicação, apenas, no tratamento testemunha (T1) (Figura 4).

Todavia, com tendência ao declínio a partir do 14º DAA. Por outro lado, em todos os demais tratamentos, a quantidade de lagartas grandes apresentou tendência de aumento ao longo do tempo (Figura 4). Nos demais tratamentos a população de lagartas grande de *Chrysodeixis includens* não ultrapassou valores acima de 3 lagartas por pano de batida. Modelos de regressão quadrática foram significativamente ajustados, apenas, nos tratamentos T1 (Testemunha), T2 (Indoxacarb) e T3 (Bt var. kurstaki). Nos demais tratamentos, a flutuação populacional das lagartas grandes foi apresentada por modelos cúbicos de regressão (Figura 4). As equações de regressão para todos os tratamentos, bem como seus valores de F , P e R^2 encontram-se na legenda da Figura 4.

Por fim, quando se considerou todas as lagartas de falsa-medideira amostradas (independente do seu tamanho) ao longo do período experimental observou-se padrões no comportamento da flutuação populacional distintos entre os tratamentos (Figura 5). Ou seja, nos tratamentos T6 e T7 a flutuação populacional foi modelada por regressões cúbicas, enquanto que nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 equações de regressão quadráticas foram aquelas que melhor se ajustaram à natureza dos dados observados (Figura 5). Uma maior quantidade de lagartas foi amostrada no T1 (testemunha). Aos 4 DAA, apenas o T4 (SS₁₀₀) foi aquele tratamento que proporcionou menor quantidade de lagartas com valores próximos a 3 lagartas por pano de batida amostradas (Figura 5). Picos populacionais tardios foram observados aos 14 DAA nos tratamentos T2 (Indoxacarb), T3 (Bt var. kurstaki), bem como na testemunha (T1) (Figura 5). Menores quantidades na população das lagartas foram observados nos tratamentos T4 (SS₁₀₀), bem como no T5 (SS₁₀₀+melaço) ao longo de todo o período experimental (Figura 5). No tratamento T6 (SP₁₄₀) houve um pico na quantidade de lagartas amostradas aos 4 DAA com posterior declínio. O tratamento T7 (SP₁₄₀+melaço) foi aquele onde observou-se declínio progressivo na quantidade de lagartas amostradas ao longo do período de avaliação (Figura 5).

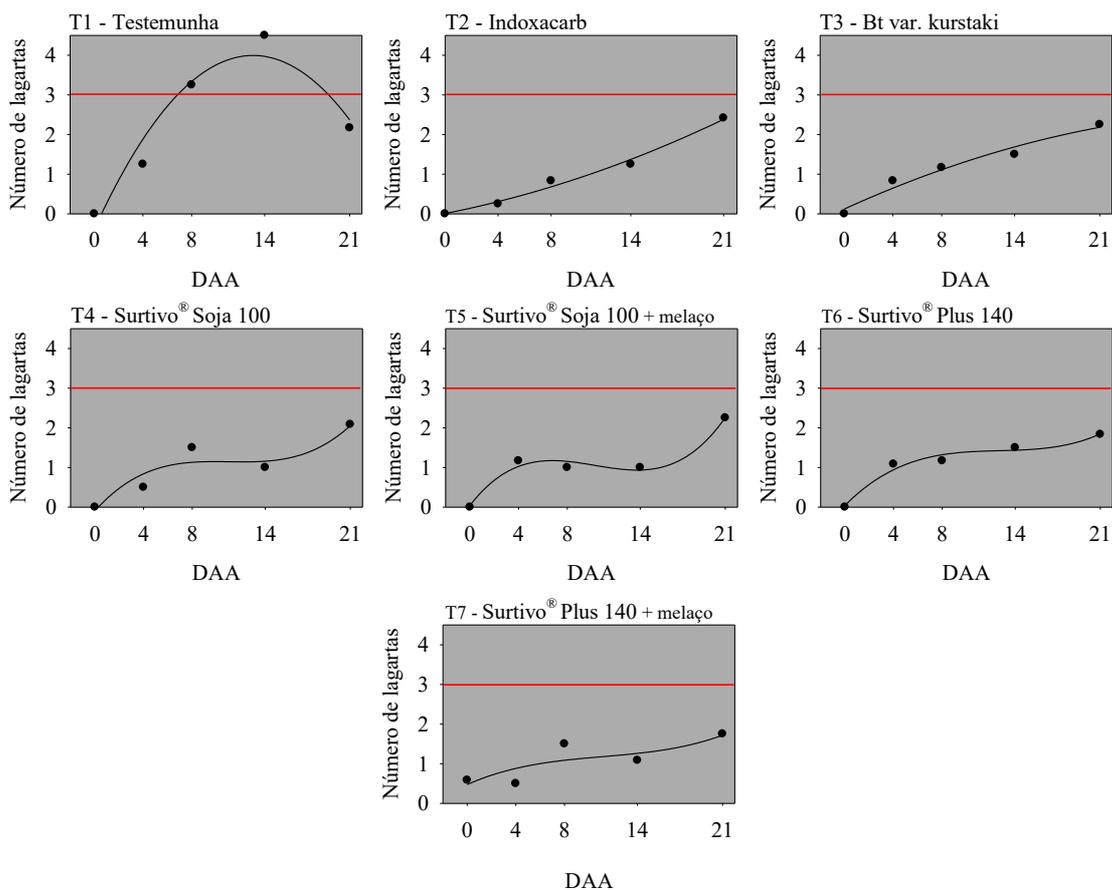


Figura 4. Modelagem matemática para a flutuação populacional de lagartas de tamanho grande ($\geq 24\text{mm}$) de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) expostas aos tratamentos T1 (apenas água, testemunha), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®] Soja₁₀₀: HearNPV + ChinNPV), T5 (Surtivo[®] Soja₁₀₀ + melão), T6 (Surtivo[®] Plus₁₄₀: AcMNPV + HearNPV + ChinNPV + SfMNPV) e T7 (Surtivo[®] Plus₁₄₀ + melão), via pulverização foliar em plantas de soja (*Glycine max*) cv. Syngenta 1163 RR[®], ao longo cinco intervalos de avaliação. T1 ($y=-0,22+0,64x-0,24x^2$, $F=97,60$, $P=0,02$, $R^2=90,71$), T2 ($y=0,25+0,21x+0,38x^2$, $F=56,58$, $P=0,01$, $R^2=98,26$), T3 ($y=0,20+0,12x-0,14x^2$, $F=35,39$, $P=0,02$, $R^2=97,25$), T4 ($y=-0,15+0,31x-0,29x^2+0,88x^3$, $F=23,50$, $P=0,04$, $R^2=87,59$), T5 ($y=0,23+0,33x-0,38x^2+0,12x^3$, $F=64,20$, $P=0,01$, $R^2=98,40$), T6 ($y=0,33+0,21x-0,15x^2+0,41x^3$, $F=45,11$, $P=0,01$, $R^2=97,85$) e T7 ($y=0,47+0,13x-0,98x^2+0,29x^3$, $F=78,00$, $P=0,00$, $R^2=70,12$). Fazenda Paineiras (Lote 5), Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, Brasil.

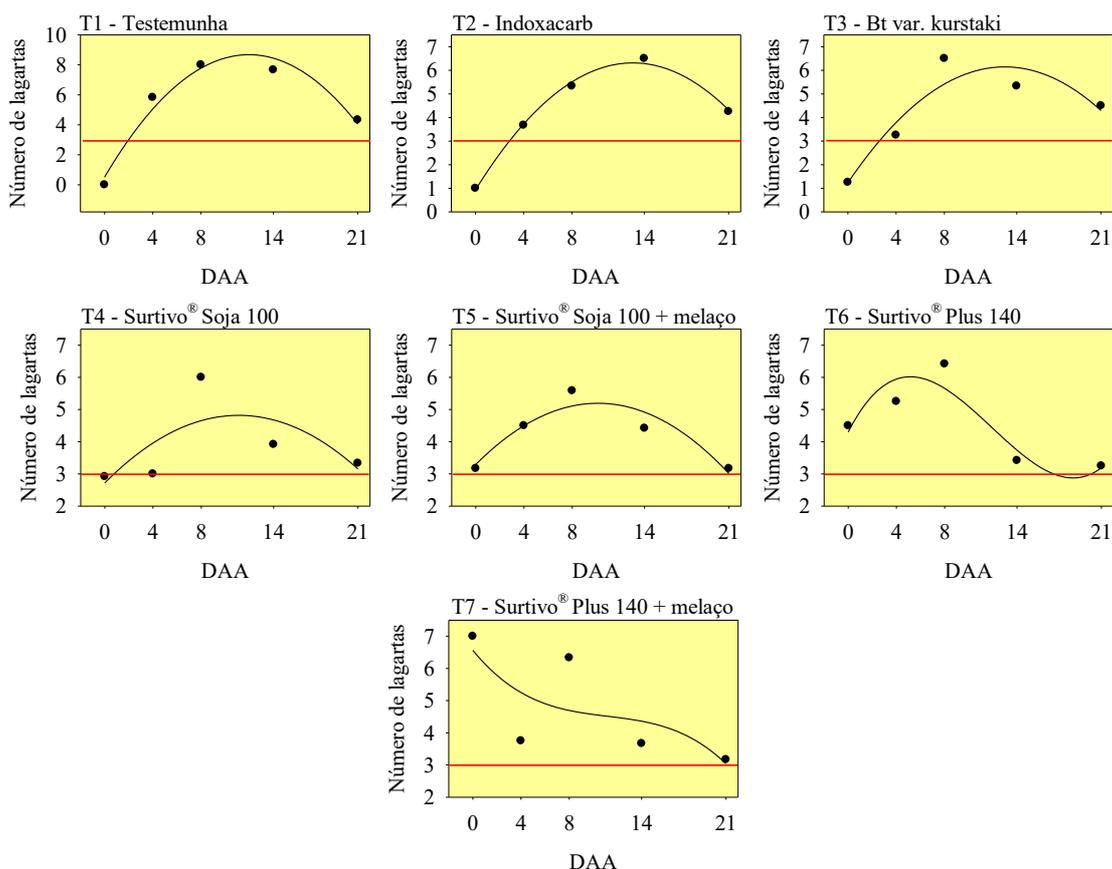


Figura 5. Modelagem matemática para a flutuação populacional de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), considerando todos os tamanhos de lagartas amostradas (totais), expostas aos tratamentos T1 (apenas água, testemunha), T2 (Indoxacarb), T3 (*Bacillus thuringiensis* var. kurstaki), T4 (Surtivo[®] Soja₁₀₀: HearNPV + ChinNPV), T5 (Surtivo[®] Soja₁₀₀ + melão), T6 (Surtivo[®] Plus₁₄₀: AcMNPV + HearNPV + ChinNPV + SfMNPV) e T7 (Surtivo[®] Plus₁₄₀ + melão), via pulverização foliar em plantas de soja (*Glycine max*) cv. Syngenta 1163 RR[®], ao longo cinco intervalos de avaliação. T1 ($y=-0,30+0,65x-0,25x^2$, $F=31,11$, $P=0,04$, $R^2=91,76$), T2 ($y=-0,17+0,36x-0,33x^2$, $F=68,85$, $P=0,01$, $R^2=98,57$), T3 ($y=-0,28+0,10x-0,89x^2$, $F=45,03$, $P=0,02$, $R^2=97,83$), T4 ($y=0,34+0,81x-0,19x^2$, $F=31,90$, $P=0,02$, $R^2=76,16$), T5 ($y=0,49+0,41x+0,16x^2$, $F=32,70$, $P=0,02$, $R^2=76,55$), T6 ($y=0,23+0,24x-0,18x^2+0,48x^3$, $F=41,00$, $P=0,01$, $R^2=97,68$) e T7 ($y=0,42+0,15x-0,90x^2+0,41x^3$, $F=88,00$, $P=0,02$, $R^2=80,21$). Fazenda Paineiras (Lote 5), Campo Alegre de Goiás, sudeste do estado de Goiás, Brasil.

DISCUSSÃO

O *time* de aplicação de produtos biológicos baseados em vírus da poliedrose nuclear (VPNs) é um tema de bastante relevância no controle de lagartas desfolhadoras (Silva & Moscardi 2002). Lagartas menores de *Chrysodeixis includens* possuem maior suscetibilidade às infecções virais pela maior quantidade de corpos de inclusões polidrais necessária ao parasitismo (Muraro et al. 2018, Zanardo Botelho et al. 2019). No nosso estudo, cerca de 80% das lagartas amostradas antes das aplicações encontravam-se com menores tamanhos, o que de toda forma implica em condições favoráveis para atuação dos vírus no hospedeiro avaliado, *C. includens*, como tecnicamente recomendado (Simón et al. 2014). Apesar de apenas lagartas menores terem sido alvo das aplicações com VPNs, nossos resultados demonstraram que a população do inseto também sofreu interferência de determinados tratamentos que perpetuaram seus efeitos para lagartas maiores. A infecção virótica do tipo horizontal ao longo das fases de desenvolvimento das lagartas é marcante nos vírus entomopatogênicos, como relatado por Sanches et al. (2018). Esse efeito biológico evita maiores desfolhas pela relação diretamente proporcional entre o tamanho das lagartas e o aumento da área consumida (Marston et al. 1979).

Todavia, o *time* de aplicação não é o único fator limitante para que VPNs aplicados de forma foliar possam surtir efeitos desejáveis de controle. Outros trabalhos apontaram fatores diversos como intermediadores nos processos de infecções virais em lagartas Noctuidae, como a tecnologia de aplicação (Silva & Moscardi 2002), o tipo de planta hospedeira da praga-alvo (Ali et al. 2002), o arranjo espacial das plantas de soja no campo e a inerente virulência do inóculo (Moscardi 1999), condições climáticas (Ignoffo 1992) dentre outros. As aplicações dos tratamentos, em função do *time* de aplicação de 3 lagartas pequenas amostradas por pano de batida, coincidiram com o estágio R1 (início da floração) da soja com cerca de 70 dias após a germinação, como também relatado por Hamadain & Pitre (2002) e Santos et al. (2017). No estágio R1, as folhas da soja apresentam menor teor de fibras o que é mais digestível para lagartas pequenas, como apresentado por Kogan & Cope (1974). Dessa forma, o acompanhamento do estágio fenológico da soja no sentido de se monitorar a presença da lagarta falsa-medideira aparenta ser um parâmetro mais assertivo do que a quantificação do tempo após a germinação das sementes devido às questões relacionadas a adaptabilidade dos materiais de soja em cada região onde se cultiva. Por isso, nossos resultados devem ser extrapolados

com cautela quanto ao *time* de aplicação em sincronia com o tempo (em dias) após a germinação da soja. Outro fator relevante e que não deve descartar e nem substituir as amostragens de lagartas em campo através do pano de batida é o tipo de soja cultivada. Atualmente o mercado brasileiro de soja oferece uma ampla oferta de genótipos dos mais variados ciclos, tais como precoce, super-precoce, de ciclo médio ou tardia (Silva et al. 2010). A cultivar de soja utilizada no presente trabalho (Syngenta 1163 RR) é tida como precoce o que pode ter influenciado na sincronia entre a quantidade de lagartas amostradas e o valor preconizado para aplicação dos vírus em campo (*time* de aplicação). Essas são variações induzidas através das escolhas realizadas pelo sojicultor e que, portanto, podem modificar o início dos surtos populacionais de insetos herbívoros. Mesmo sabendo-se que a falsa-medideira é um desfolhador presente, geralmente, em meados do ciclo de desenvolvimento da soja (Owen et al. 2013, Santos et al. 2017).

Ocorreu um distinto padrão de comportamento na flutuação populacional, em função dos tratamentos, para as lagartas pequenas amostradas. Os tratamentos T1 (Testemunha), T2 (Indoxacarb) e T3 (Bt var. kurstaki) permitiram aumento populacional da praga, marcadamente aos 8 DAA, enquanto que nos VPNs, independentemente do tipo e da adição (ou não) do melão, ocorreu uma redução precoce na população das lagartas a partir do 4º DAA até o final do período das avaliações. Isso demonstra que as aplicações foliares com os VPNs tiveram maior controle populacional sobre *Chrysodeixis includens* ao longo do tempo, impactando em seu aumento populacional. Nossos resultados corroboram com trabalhos que também compararam o controle com VPNs com inseticidas sintéticos ou biológicos, para lagartas do gênero *Chrysodeixis*, com superioridade no controle daquelas lagartas expostas aos vírus. Fuentes et al. (2017) relataram aumento da mortalidade de 2 a 7 vezes superior para um isolado (ChchNPV-TF1, na dose de 1×10^9 corpos de oclusão L^{-1}) extraído de infecções naturais da espécie *Chrysodeixis chalcites* (desfolhador de bananeiras nas Ilhas Canárias em Tenerife, Espanha) em comparação ao inseticida Indoxacarb e a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), respectivamente, sob condições laboratoriais, mas não em campo e semi-campo onde o controle foi semelhante entre tratamentos. Da mesma maneira, as aplicações na dose de 1×10^9 corpos de oclusão L^{-1} permitiram que o isolado ChchSNPV-TF1 fossem de 3 a 4 vezes mais eficientes do que o controle químico com Indoxacarb ou biológico com Bt, respectivamente, através de aplicações foliares em bananas cultivadas em estufas (Simón et al. 2015). O efeito aparentemente superior dos VPNs no sentido de deturpar o ciclo populacional de *Chrysodeixis includens* pode ter sido devido à alta dosagem dos

surtivos virais utilizados. A concentração utilizada para os surtivos de VPNs no nosso trabalho (7.5×10^9 corpos de oclusão L^{-1}) foram cerca de 2,5 vezes maiores do que aquelas recomendadas como padrão para controle da falsa-medideira em soja (Muraro et al. 2018), o que pode ter resultado em um melhor controle, sob condições de campo, em comparação aos tratamentos Indoxacarb e Bt avaliados. Doses maiores de vírus da poliedrose nuclear (VPNs) tendem a ocasionar maior letalidade como também reportado por Progar et al. (2010) para *Malacosoma americanum* (Lepidoptera: Lasiocampidae). Além disso, como há casos na literatura reportando a indução de resistência tanto para o químico Indoxacarb (Ramos et al. 2017) quanto para o biológico Bt (Bel et al. 2017), a possível existência de resistência a esses produtos, bem como suscetibilidade inerente às populações de lagartas locais, são hipóteses que não deve ser prontamente refutadas, embora não tenham sido convenientemente avaliadas no presente estudo.

Para as lagartas de *Chrysodeixis includens* de tamanho médio, o único tratamento em que não ocorreu um pico populacional evidente foi quando pulverizou-se o SP₁₄₀ + melaço (T7) onde a população de lagartas decaiu progressivamente (com modelo matemático ajustado através de uma regressão polinomial do tipo cúbica) ao longo do tempo. O que configurou esse tratamento como o melhor no sentido de reduzir a incidência de lagartas, de tamanhos maiores, no campo. Nos tratamentos Indoxacarb (T2) e Bt var. kurstaki (T3) observou-se um pico populacional no 14º DAA, com posterior declínio. A adição de múltiplos isolados de vírus em uma mesma formulação e que possam proporcionar determinado grau de sinergismo à ação do vírus tem sido investigada, apesar da reconhecida relação parasítica espécie-específica VPNs-*Chrysodeixis includens* reportada na literatura (Alexandre et al. 2010). E essa mistura de VPNs serve para evitar casos de resistência biológica do hospedeiro, como acontece quando se considera as proteínas de origem bacteriana do tipo Cry1 para espécies da família Noctuidae (Bel et al. 2017, Bel et al. 2019), bem como nos casos com inseticidas. Além disso, para as empresas que formulam VPNs isso pode ser vantajoso, por terem nas mãos produtos capazes de atingir múltiplos alvos, facilitando únicas aplicações no campo pelas infestações de várias espécies de lagartas, comuns em lavouras de soja no Brasil (Sosa-Bueno et al. 2011, Gómez et al. 2016). Em termos de utilização de múltiplas linhagens viróticas, cogita-se que pequenas diferenças genotípicas entre os isolados de VPNs em questão tendem em contribuir com pequenas diferenças em sua atividade biológica (Smith & Vlak 1988). Mas quando as diferenças genotípicas são marcantes, o que é o caso de certas espécies de vírus parasitas exclusivos de lagartas da família

Noctuidae (Craveiro et al. 2015), a probabilidade de um maior efeito biológico é evidente como foi reportado no nosso trabalho, em especial no tratamento T7 (SP₁₄₀ + melação).

A presença do melação-de-cana pode ter desencadeado uma série de benefícios capazes de gerar maiores efeitos infecciosos como aqueles demonstrados no Tratamento T7. O melação-de-cana tem sido referenciado como um dos mais versáteis aditivos para formulações comerciais de VPNs, devido a proteção contra raios UV, além da sua ação dispersante e fagostimulante (Shapiro et al. 1983, Burges 1998, Mehrvar et al. 2008). Associando isso às doses alta utilizadas pelos VPNs utilizadas no presente trabalho, bem como ao fato das aplicações foliares terem ocorrido em fases mais jovens das lagartas, podemos sugerir que a adição do melação foi um dos fatores, mas não o único, que pode ter (mesmo que de maneira indireta) favorecido em maiores infecções virais. Mehrvar et al. 2008 relataram maior mortalidade para *Helicoverpa armigera* em plantas de tomate, quando o melação-de-cana foi aplicado em mistura com o vírus HearNPV, na Índia. Além disso, fontes exógenas de carboidratos pulverizadas em lavouras de soja têm sido referenciadas como um manejo amigável para o aumento da densidade de certos inimigos naturais (Seagraves et al. 2011), o que pode influenciar positivamente no controle biológico natural em determinados casos.

Um alto pico populacional de lagartas grandes foi observado na testemunha no 14º DAA. O maior efeito residual (aos 21 DAA) que resultou em menos lagartas amostradas ocorreu nos tratamentos T3 (Bt var. kurstaki), T6 (SP₁₄₀) e T7 (SP₁₄₀ + melação), com comportamentos semelhantes na resposta biológica quantificada. A eficiência da bactéria em manter um efeito residual mais prolongado para as lagartas grandes pode estar relacionado ao fato da relação entre tamanho corpóreo e infecção bacteriana não ser tamanho-dependente. E isso vale tanto para lagartas expostas à materiais transgênicos envolvendo a presença de Bt (Miraldo et al. 2016), bem como quando aplicações foliares com formulações contendo Bt são consideradas (Wigley & Chilcott 1994). O Surtivo Plus (SP), onde há a mistura de quatro espécies virais (AcMNPV, HearNPV, ChinNPV e SfMNPV), mais uma vez comprovou maior eficiência no controle populacional, inclusive, daquelas lagartas de maior tamanho. Tais resultados sugerem que a adição de várias espécies de vírus em uma dada formulação, cada uma com sua heterogeneidade molecular própria, possam estar potencializando as infecções sob o hospedeiro *Chrysodeixis includens*, como observado para *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) (Arrizubieta et al. 2015), ou até mesmo reduzindo a pressão contra a ação de múltiplos mecanismos de defesa contra infecções viróticas como relatado

para *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) (Jehle et al. 2017).

O único tratamento capaz de reduzir continuamente a população de lagartas totais (ou seja, considerando todos os tamanhos avaliados) foi o T7 (SP₁₄₀ + melação). As respostas demonstradas nesse tratamento estão coerentes com o fato das infecções viróticas ocasionadas por VPNS influenciarem no comportamento do hospedeiro no intervalo entre 48 e 72hs, como relatado por Clem & Passarelli (2013). Nesse intervalo de tempo, o declínio populacional foi mais pronunciado do que nos outros intervalos (vide Figura 5) e entre os outros tratamentos avaliados. A dinâmica populacional de lagartas maiores de *Chrysodeixis includens* foi influenciada pelos VPNS avaliados, bem como observado nas menores lagartas devido, provavelmente, à alta dosagem aqui avaliada (7.5×10^9 corpos de oclusão L⁻¹). Outros trabalhos também reportaram semelhante infectividade oriunda de exposições à VPNS em lagartas de tamanhos variados, devido à altas dosagens (Evans 1981, Rovesti et al. 2000). E isso pode ter favorecido no decréscimo populacional total considerando as lagartas amostradas de todos os tamanhos.

O presente trabalho sugere o Surtivo[®] Plus₁₄₀ como excelente ferramenta no manejo da resistência viral em insetos desfolhadores da família Noctuidae pela diversidade genética inerente aos variados VPNS existentes em sua formulação, bem como efeito perpetuado ao longo da população de lagartas cujos tamanhos não são alvo das aplicações evitando maiores danos nas lavouras de soja.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

---(1) 80% das lagartas amostradas antes das aplicações encontravam-se com menores tamanhos, favorecendo a atuação dos vírus no hospedeiro avaliado, *Chrysodeixis includens*, como tecnicamente recomendado;

---(2) Apesar de apenas lagartas menores terem sido alvo das aplicações com VPNs, nossos resultados demonstraram que a população desse inseto também sofreu interferência dos tratamentos com vírus perpetuando seus efeitos, inclusive, em lagartas de maior tamanho;

---(3) Os tratamentos T1 (Testemunha), T2 (Indoxacarb) e T3 (Bt var. kurstaki) permitiram aumento populacional da praga, marcadamente aos 8 DAA, enquanto que nos VPNs, independentemente do tipo e da adição (ou não) do melão, ocorreu uma redução precoce na população das lagartas a partir do 4º DAA até o final do período das avaliações;

---(4) Para as lagartas de *Chrysodeixis includens* de tamanho médio, o único tratamento em que não ocorreu um pico populacional evidente foi quando pulverizou-se o SP₁₄₀ + melão (T7) com queda progressiva ao longo do tempo. Apontando esse tratamento como o melhor no sentido de reduzir a incidência de lagartas de maiores tamanhos;

---(5) A presença do melão-de-cana pode ter desencadeado uma série de benefícios capazes de gerar maiores efeitos infecciosos como aqueles demonstrados no Tratamento T7 (SP₁₄₀ + melão);

---(6) Um alto pico populacional de lagartas grandes foi observado na testemunha no 14º DAA. O maior efeito residual (aos 21 DAA) que resultou em menos lagartas amostradas ocorreu nos tratamentos T3 (Bt var. kurstaki), T6 (SP₁₄₀) e T7 (SP₁₄₀ + melão), com comportamentos semelhantes na resposta biológica quantificada;

---(7) O único tratamento capaz de reduzir continuamente a população de lagartas totais (ou seja, considerando todos os tamanhos avaliados) foi o T7 (SP₁₄₀ + melão). As respostas demonstradas nesse tratamento estão coerentes com o fato das infecções

viróticas ocasionadas por VPNs influenciarem no comportamento do hospedeiro no intervalo entre 48 e 72hs, como relatado na literatura.

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 Fazenda Paineiras (Lote 5), município de Campo Alegre de Goiás, em nome dos senhores João Romeiro, Yukio Ishi e Bruno Romeiro pelo suporte para condição dos experimentos. A empresa AgBitech Controles Biológicos Ltda pelo apoio logístico na execução do presente trabalho, bem como concessão dos produtos avaliados. Ao Programa Profissional de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pelo estímulo ao desenvolvimento desse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexandre TM, ZMA Ribeiro, SR Craveiro, F Cunha, ICB Fonseca, F Moscardi & MEB Castro. 2010. Evaluation of seven viral isolates as potential biocontrol agents against *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) caterpillars. *Journal of Invertebrate Pathology*. 105: 98-104.

Ali MI, SY Young, GW Felton & RW McNew. 2002. Influence of the host plant on occluded virus production and lethal infectivity of a baculovirus. *Journal of Invertebrate Pathology*. 81: 158-165.

Alvi AHK, AH Sayyed, M Naeem & M Ali. 2012. Field Evolved Resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* Toxin Cry1Ac in Pakistan. *Plos One*. 7: e47309.

Arrizubieta M, O Simón, T Williams & P Caballero. 2015. A novel binary mixture of *Helicoverpa armigera* single nucleopolyhedrovirus genotypic variants has improved insecticidal characteristics for control of cotton bollworms. *Applied and Environmental Microbiology*. 81: 3984-3993.

Bel Y, JJ Sheets, SY Tan, KE Narva & B Escriche. 2017. Toxicity and binding studies of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac, Cry1F, Cry1C, and Cry2A proteins in the soybean pests *Anticarsia gemmatalis* and *Chrysodeixis (Pseudoplusia) includens*. *Applied and Environmental Microbiology*. 11: e00326-17.

Bel Y, M Zack, K Narva & B Escriche. 2019. Specific binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ea toxin, and Cry1Ac and Cry1Fa competition analyses in *Anticarsia gemmatalis* and *Chrysodeixis includens*. *Scientific Reports*. 9:18201.

Bentivenha JPF, JG Rodrigues, MF Lima, P Marçon, HJR Popham & C Omoto. 2018. Baseline susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to SfMNPV and evaluation of cross-resistance to major insecticides and Bt proteins. *Journal of Economic Entomology*. 112: 91-98.

Bueno RCOF, AF Bueno, F Moscardi, JRP Parra & CB Hoffmann-Campo. 2011. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. *Pest Management Science*. 67: 170-174.

Burges HD. 1998. Formulation of mycoinsecticides. *In*: Burges HD (Ed.). *Formulation of microbial biopesticides: beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p.187-202.

Clem RJ & AL Passarelli. 2013. Baculoviruses: Sophisticated pathogens of insects. *PLOS Pathogens*. 9: e1003729.

Craveiro SR, PW Inglis, RC Togawa, P Grynberg, FL Melo, ZMA Ribeiro, BM Ribeiro, SN Bão & MEB Castro. 2015. The genome sequence of *Pseudoplusia includens* single nucleopolyhedrovirus and an analysis of *p26* gene evolution in the baculoviruses. *BMC Genomics*. 16: 127.

Engelhard EK & LE Volkman. 1995. Developmental resistance in fourth instar *Trichoplusia ni* orally inoculated with *Autographa californica* M nuclear polyhedrosis virus. *Virology* 209: 384-389.

Evans HF. 1981. Quantitative assessment of the relationships between dosage and response of the nuclear polyhedrosis virus of *Mamestra brassicae*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 37: 101-109.

Feng C, H Wang, N Lu, T Chen, H He, Y Lu & XM Tu. 2014. Log-transformation and its implications for data Analysis. *Shanghai Archives of Psychiatry*. 26: 105-109.

Figueiredo LHM, AG Vasconcellos, GS Prado & MF Grossi-de-Sa. 2019. An overview of intellectual property within agricultural biotechnology in Brazil. *Biotechnology Research and Innovation*. 3: 69-79.

Fuentes EG, E Hernández-Suárez, O Simón, T Williams & P Caballero. 2017. *Chrysodeixis chalcites* nucleopolyhedrovirus (ChchNPV): Natural occurrence and

efficacy as a biological insecticide on young banana plants in greenhouse and open-field conditions on the Canary Islands. *PlosOne*. 12: e0181384.

Galford GL, B Soares-Filho & CEP Cerri. 2013. Prospects for land-use sustainability on the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. *Philosophical Transactions of The Royal Society B*. 368: 20120171.

Granados RR. 1980. Infectivity and mode of action of baculoviruses. *Biotechnology and Bioengineering*. 22: 1377-1405.

Haase S, A Sciocco-Cap & V Romanowski. 2015. Baculovirus insecticides in Latin America: Historical overview, current status and future perspectives. *Viruses*. 7: 2230-2267.

Hamadain EI & HN Pitre. 2002. Oviposition and larval behavior of soybean looper, *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean with different row spacings and plant growth stage. *Journal of Agriculture and Urban Entomology*. 19: 29-44.

Hawkins DM. 2004. The problem of overfitting. *Journal of Chemical Information and Computer Science*. 44: 1-12.

Ignoffo CM. 1992. Environmental factors affecting persistence of entomopathogens. *Florida Entomologist*. 75: 516-525.

Jehle JA, S Schulze-Bopp, K Undorf-Spahn & E Fritsch. 2017. Evidence for a second type of resistance against *Cydia pomonella* granulovirus in field populations of codling moths. *Applied and Environmental Microbiology*. 83: e02330-16.

Kogan M & D Cope. 1974. Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. 3. Food intake utilization, and growth in the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. *Annals of the Entomological Society of America*. 67: 66-72.

- Marston NL, WA Dickerson, WW Ponder & GD Booth. 1979. Calibration ratios for sampling soybean Lepidoptera: Effect of larval species, larval size, plant growth stage, and individual sampler. *Journal of Economic Entomology*. 72: 110-114.
- Mehrvar A, RJ Rabindra, K Veenakumari & GB Narabanchi. 2008. Evaluation of adjuvants for increased efficacy of HearNPV against *Helicoverpa armigera* (Hubner) using suntest machine. *Journal of Biological Sciences*. 8: 534-541.
- Miraldo LL, O Bernardi, RJ Horikoshi, FSA Amaral, D Bernardi & C Omoto. 2016. Functional dominance of different aged larvae of Bt-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic maize expressing Vip3Aa20 protein. *Crop Protection*. 88: 65-71.
- Moscardi F. 1999. Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*. 44: 257-289.
- Muraro DS, T Giacomelli, RF Stacke, DN Godoy, P Marçon, HJR Popham & O Bernardi. 2018. Baseline susceptibility of brazilian populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to *C. includens* Nucleopolyhedrovirus and diagnostic concentration for resistance monitoring. *Journal of Economic Entomology*. 112: 349-354.
- Owen LN, AL Catchot, FR Musser, J Gore, D Cook, R Jackson & C Allen. 2013. Impact of defoliation on yield of group IV soybean in Mississippi. *Crop Protection*. 54: 206-212.
- Parra JRP & A Coelho Junior. 2019. Applied biological control in Brazil: From laboratory assays to field application. *Journal of Insect Science*. 19: 1-6.
- Popp J, K Pető & J Nagy. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 33: 243-255.
- Progar RA, MJ Rinella, D Fekedulegn & L Butler. 2010. Nuclear polyhedrosis virus as a biological control agent for *Malacosoma americanum* (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Journal of Applied Entomology*. 134: 641-646.

Ramos RS, CS Sedyama, EA Queiroz, TL Costa, JC Martins, TA Araújo & MC Picanço. 2017. Toxicity of insecticides to *Chrysodeixis includens* and their direct and indirect effects on the predator *Blaptostethus pallescens*. *Journal of Applied Entomology*. 141: 677-689.

Reed GF, F Lynn & BD Meade. 2002. Use of coefficient of variation in assessing variability of quantitative assays. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. 9: 1235-1239.

Ribeiro Junior JI & ALP Melo. 2008. Guia prático para utilização do SAEG. Viçosa, MG. Editora UFV. 288p.

Rovesti L, NE Crook & D Winstanley. 2000. Biological and biochemical relationships between the nucleopolyhedroviruses of *Mamestra brassicae* and *Heliothis armigera*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 75: 2-8.

Sanches MM, W Sihler, ACM Gomes, NP Benito, DR Sosa-Gómez, CEP Silva, MBC Ferreira, SD Gomes & ML de Souza. 2018. Avaliação de co-infecção de *Anticarsia gemmatalis* MNPV e *Chrysodeixis includens* NPV em cultura de células de inseto. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia*. nº 333. 19p.

Santos SR, A Specht, E Carneiro, SV Paula-Moraes & MM Casagrande. 2017. Interseasonal variation of *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) populations in the Brazilian Savanna. *Revista Brasileira de Entomologia*. 61: 294-299.

Seagraves MP, Y Kajita, DC Weber, JJ Obrycki & JG Lundgren. 2011. Sugar feeding by coccinellids under field conditions: the effects of sugar sprays in soybean. *BioControl*. 56: 305-314.

Shapiro M, PP Agin & RA Bell. 1983. Ultraviolet protectants of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nucleopolyhedrosis virus. *Environmental Entomology*. 12: 982-985.

Silva JB, E Lazarini, AM da Silva & PC Reco. 2010. Ensaio comparativo de cultivares de soja em época convencional em Selvíria, MS: Características agrônômicas e produtividade. *Bioscience Journal*. 26: 747-754.

Silva MTB & F Moscardi. 2002. Field efficacy of the Nucleopolyhedrovirus of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of formulations, water pH, volume and time of application, and type of spray nozzle. *Neotropical Entomology*. 31: 75-83.

Simón O, A Bernal, T Williams, A Carnero, E Hernández-Suárez, D Muñoz & P Caballero. 2015. Efficacy of an alphabaculovirus-based biological insecticide for control of *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato and banana crops. *Pest Management Science*. 71: 1623-1630.

Smith PH & JM Vlak. 1988. Biological activity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus against *S. exigua* larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*. 51: 107-114.

Sosa-Gómez DR, A Specht, SV Paula-Moraes, A Lopes-Lima, SAC Yano, A Micheli, EGF Morais, P Gallo, PRVS Pereira, JR Salvadori, M Botton, MM Zenker & WS Azevedo-Filho. 2016. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliiothinae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 60: 101-104.

Stürmer GR, A Cargnelutti Filho, BG Sari, LM Burtet & JVC Guedes. 2014. Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. *Semina: Ciências Agrárias*. 35: 1177-1186.

Thiem SM. 1997. Prospects for altering host range for baculovirus bioinsecticides. *Current Opinion in Biotechnology*. 8: 317-322.

Wigley PJ & CN Chilcott. 1994. Present use, and problems with, *Bacillus thuringiensis* in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 49: 45-50.

Zanardo Botelho ABR, IF da Silva & CJ Avila. 2019. Control of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) using Chin-IA (I-A) isolate as integrate component of management in soybean crops. Arquivos do Instituto Biológico. 86: e0712018.