

**Mudanças no arranjo espacial da soja em campo com consequências na  
população da lagarta-falsa-medideira e performance do vírus  
entomopatígeno ChinSNPV**

LOURENA PEGORER DE AQUINO  
Eng<sup>a</sup>. Agrônoma

LOURENA PEGORER DE AQUINO

**Mudanças no arranjo espacial da soja em campo com consequências na  
população da lagarta-falsa-medideira e performance do vírus  
entomopatógeno ChinSNPV**

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

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

URUTAÍ – GOIÁS  
2018

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

A657m Aquino, Lourena Pegorer  
Mudanças no arranjo espacial da soja em campo com  
consequências na população da lagarta-falsa-medideira  
e performance do vírus entomopatógeno ChinSNPV /  
Lourena Pegorer Aquino; orientador Dr. Alexandre  
Igor de Azevedo Pereira. -- Urutaí, 2019.  
43 p.

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

1. Glycine max. 2. ChinSNPV. 3. Chrysodeixis  
includens. 4. controle microbiológico. I. Igor de  
Azevedo Pereira, Dr. Alexandre , orient. II. Título.


## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** Mudanças no arranjo espacial da soja em campo com consequências na população da lagarta-falsa-medideira e performance do vírus entomopatógeno ChinSNPV.


**AUTORA:** Lourena Pegorer de Aquino

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

**Banca Examinadora:**

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

  
Prof. Dra. Carmen Rosa Silva Curvelo  
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

À Deus e Nossa Senhora Aparecida, por sempre me conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, coragem para acreditar, força para não desistir e proteção para me amparar.

Ao meu esposo Diogo, pelo incentivo e apoio em todas as minhas escolhas e decisões.

Aos meus pais, Regina e Junior que, mesmo estando a alguns quilômetros de distância, se mantiveram incansáveis em suas manifestações de apoio e carinho.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, pela confiança paciência, incentivo, amizade e excelente orientação.

Sem o apoio de vocês, este trabalho não teria sido realizado. A eles meu muito, muito obrigada.

## AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos por DEUS, já que Ele colocou pessoas tão especiais a meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta.

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante o mestrado. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar.

A meus pais, Junior e Regina, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade e me acharam a melhor de todas, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional.

O meu querido esposo, Diogo. Sempre a meu lado, me incentivando e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho.

Agradeço também, ao Colegiado do Programa de Pós-graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IF Goiano, por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este sonho que era a minha dissertação do mestrado.

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

A banca examinadora da presente dissertação.

Aos melhores docentes que pude receber ensinamento, durante as disciplinas e atividades neste período, Alexandre Igor de Azevedo Pereira, Carmen Rosa da Silva Curvelo, Fernando Godinho de Araújo, Flávio Gonçalves de Jesus, Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes, Marco Antônio Moreira de Freitas, Gleina Costa Silva Alves, Paulo César Ribeiro da Cunha e em especial ao Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva coordenador do curso, que sempre me auxiliou quando preciso.

Ninguém vence sozinho... OBRIGADA A TODOS!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INTRODUÇÃO.....	8
OBJETIVO .....	10
MATERIAL E MÉTODOS .....	11
RESULTADOS.....	17
DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÕES.....	39
AGRADECIMENTOS .....	41
REFERÊNCIAS .....	41

## RESUMO

*Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *inclusens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) representa uma das graves ameaças ao rendimento da soja no Brasil. Vírus do grupo NPV tem ganhado crédito para proteção de plantas contra lagartas. O uso de tecnologias seletivas de controle e baixo impacto na seleção de populações de herbívoros resistentes é primordial em um ambiente agrícola em constante transformação, como o de produção de grãos no Brasil. Atualmente, sojicultores tem adotado menores adensamentos na soja com vistas a reduzir a pressão proveniente de doenças foliares. As consequências de arranjos espaciais na performance de vírus NPV em campo, parasitas obrigatórios de *C. inclusens*, são pouco esclarecidas. O presente trabalho avaliou o efeito, sob interação, de três doses do baculovírus ChinSNPV (½dose, dose padrão e dose+½), bem como do inseticida Chlorfluazuron, na eficiência de controle (EC%) de lagartas de diferentes tamanhos, em função de dois espaçamentos entre linhas na soja (0,5 e 0,7 m). Os ensaios foram conduzidos em lavoura comercial de soja (cv. Syngenta 1163 RR<sup>®</sup>) 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 de *C. inclusens* pequenas, médias e grandes quantificadas por pano de batida aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a aplicação. O número de lagartas pequenas, médias e grandes foi superior no espaçamento 0,5 m entre linhas de plantio. Nesse espaçamento, todos os tratamentos (doses de ChinSNPV e o inseticida Chlorfluazuron) mantiveram a população de lagartas pequenas, médias e grandes em número reduzido em comparação à testemunha (água). A EC% na ½dose de ChinSNPV foi o único tratamento superior ao inseticida em todos os intervalos de avaliação para lagartas pequenas no espaçamento 0,5 m entre linhas. A ½dose do ChinSNPV também foi mais letal nos primeiros 3 dias de observação para lagartas pequenas em ambos os espaçamentos. Maiores níveis de desfolha foram observados no terço superior das plantas de soja. Todos os tratamentos reduziram a desfolha em comparação com a testemunha nos três terços amostrados e nos dois espaçamentos utilizados. Com exceção do terço superior nas plantas espaçadas em 0,7 m, onde não houve diferença entre tratamentos. A produtividade foi superior na soja mantida 0,5 m entre linhas em comparação com 0,7 m. No espaçamento 0,5 m a maior produtividade foi obtida na dose+½ do ChinSNPV. O espaçamento 0,7 m entre linhas comprometeu drasticamente a performance do ChinSNPV, além de ter sido aquele com menor produtividade. Todavia, houve menor incidência de lagartas. As consequências da mudança no arranjo espacial da soja no campo influenciando a população de *C. inclusens* e performance do ChinSNPV são discutidas. O presente trabalho aponta importantes caminhos para priorizar a eficiência do ChinSNPV contra *C. inclusens* em campos de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max*, espaçamento entre linhas, ChinSNPV, *Chrysodeixis inclusens*, controle microbiológico.



## ABSTRACT

*Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *inclusens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) represents one of the serious threats to soybean yield in Brazil. NPV virus has gained credit for plant protection against caterpillars. The use of selective control and low impact technologies in the selection of resistant herbivorous populations is paramount in a constantly changing agricultural environment, such as grain production in Brazil. Farmers have been adopting smaller soybean densities to reduce pressure from foliar diseases. The consequences of spatial arrangements on NPV field performance, obligatory parasites of *C. inclusens*, are poorly understood. The present study evaluated the interaction effect of three doses of the baculovirus ChinSNPV ( $\frac{1}{2}$  dose, standard dose and  $+\frac{1}{2}$  dose), as well as of the insecticide Chlorfluazuron, on the control efficiency (CE%) of caterpillars of different sizes, as a function of two row spacings in soybean (0.5 and 0.7 m). The trials were conducted in commercial soybean (cv. Syngenta 1163 RR) in Campo Alegre de Goiás, southeastern Goiás state, Brazil. After detection of the application time, the sprays were performed and the number of small, medium and large *C. inclusens* caterpillars quantified per beat sheet at 0, 3, 6, 9 and 12 days after application. The number of small, medium and large caterpillars was higher in the 0.5 m spacing between planting lines. In this spacing, all treatments (doses of ChinSNPV and insecticide Chlorfluazuron) maintained the population of small, medium and large caterpillars in a reduced number compared to the control (water). The EC% in the  $\frac{1}{2}$  dose of ChinSNPV was higher than the insecticide treatment at all evaluation intervals for small caterpillars spaced 0.5 m between rows. The  $\frac{1}{2}$  dose of ChinSNPV was also lethal in the first 3 days of observation for small caterpillars at both spacings. Higher levels of defoliation were observed in the upper third of soybean plants. All treatments reduced defoliation compared to the control in the three thirds sampled and the two spacings used. With the exception of the upper third in plants spaced 0.7 m, where there was no difference between treatments. Productivity was higher in soybean maintained at 0.5 m compared to 0.7 m. At 0.5 m spacing the highest productivity was obtained at the  $+\frac{1}{2}$  dose of ChinSNPV. The spacing of 0.7 m between rows severely compromised the performance of ChinSNPV, in addition to being the one with lower productivity. However, there was a lower incidence of caterpillars. The consequences of spatial arrangement change of soybean in the field influencing the population of *C. inclusens* and field-performance of ChinSNPV are discussed. The present work points out important ways to prioritize the efficiency of ChinSNPV against *C. inclusens* in soybean fields.

**Key words:** *Glycine max*, inter-row spacing, ChinSNPV, *Chrysodeixis inclusens*, microbiological control.

## INTRODUÇÃO

*Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *inclusens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) representa uma das graves ameaças ao rendimento da soja no Brasil. O descaso com a filosofia do Manejo Integrado de Pragas (MIP), amplo uso de inseticidas pouco seletivos (BUENO et al., 2007), refinada sincronia com as safras agrícolas brasileiras (SANTOS et al., 2017) e seu comportamento peculiar contra fontes de estresse biótico e xenobióticos (OLIVEIRA et al., 2010) são razões que justificam seu atual status de praga-chave nas lavouras de soja brasileiras (GUEDES et. al., 2011).

Nucleopoliedrovirus (NPVs) são o tipo mais comum de vírus em insetos e infectam uma ampla gama de hospedeiros da classe Insecta em todo o mundo. Partículas virais estão presentes no meio ambiente e, geralmente, são pulverizadas na superfície foliar (MOSCARDI, 1986) ou no solo (BEACH et al., 1984) para fins de controle. A forma mais comum de infecção primária do inseto hospedeiro é por ingestão durante a alimentação larval nas folhas. 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 no lúmen do intestino (PRITCHETT et al., 1981). Os NPVs 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 (YOUNG; YEARIAN, 1982).

A maceração e coagem de lagartas infectadas no campo (lagartas equivalentes, LE) foi uma técnica muito empregada a partir de três décadas atrás, originando inclusive resultados de eficiência equivalentes (GUPTA et al., 2007) ou até superiores (BEACH et al., 1984) aos dos inseticidas. Apenas uma aplicação de AgMNPV foi suficiente para controlar *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em soja, com redução de 20 a 30% do custo em comparação com inseticidas (SZEWCZYK et al., 2006). A aquisição e multiplicação de NPVs espécie-específicos e comercializados por empresas (nacionais ou estrangeiras) tem ganhado mercado em território brasileiro (SILVA; MOSCARDI, 2002). Isso ocorreu não apenas pelas consultorias atreladas ao pós-venda, mas principalmente devido às formulações mais modernas com componentes capazes de aumentar a resistência dos vírus contra radiação UV. As formas de aplicação recomendadas também tornaram seu uso no campo mais prático, menos dependente de

mão-de-obra (para coleta e maceração de lagartas previamente infectadas), eficientes e próximo à metodologia de aplicação na qual os agricultores estão acostumados.

O uso de tecnologias modernas de controle e adequadas ao MIP-Soja precisa ser avaliado em um ambiente agrícola em constante transformação, como o de produção de grãos no Brasil. Atualmente, muitos sojicultores têm adotado maiores espaçamentos entre linhas de plantio na soja na tentativa de reduzir a pressão proveniente de doenças foliares (COSTA et al., 2002). O uso demasiado de fungicidas sintéticos em lavouras de soja tem favorecido impactos negativos aos sistemas atuais de plantio. O efeito letal de fungicidas em populações de fungos entomopatógenos de ocorrência natural nas lavouras de soja brasileiras, como o *Nomuraea rileyi*, tem sido responsável pelas altas incidências de *C. includens* em certos casos (SOSA-GÓMEZ et al., 2006).

Todavia, mudanças no arranjo espacial em plantas de importância econômica podem gerar consequências fitossanitárias e de rendimento produtivo de alto risco devido à complexidade relacionada à alteração da paisagem agrícola. Um maior número de lagartas de *C. includens* sob espaçamento 0,4 m entre linhas de soja em comparação ao espaçamento 0,6 m foi observado (STÜRMER et al., 2014). Isso sugere que os menores adensamentos podem ser uma prática cultural importante no controle de lagartas-falsa-medideira (HAMADAIN; PITRE, 2002). Por outro lado, plantas de soja mais espaçadas nas linhas de plantio permitem, de forma natural, maiores incidências de radiação UV que contribuem para a alteração ou destruição dos ácidos nucleicos virais. Esse fator ambiental pode comprometer a persistência virótica para menos de 48 horas em soja sob condições de campo (YOUNG; YEARIAN, 1974; MOSCARDI, 1986).

O conhecimento e avaliação de campo a respeito do efeito de mudanças no arranjo espacial da soja na performance de vírus NPVs, parasitas obrigatórios de lagartas de *Chrysodeixis includens*, precisa ser explorado.

## OBJETIVO

O presente trabalho avaliou o efeito de três doses do baculovírus ChinSNPV, bem como do inseticida Chlorfluazuron, no controle da lagarta-falsa-medideira da soja, *Chrysodeixis (=Pseudoplusia) includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae), sob diferentes tamanhos, em função de dois espaçamentos entre linhas na soja (0,5 e 0,7 m) sob condições de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local experimental, genética da soja e condições de plantio

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 utilizado na propriedade rural foi sob plantio direto. A área experimental foi semeada com milho no ano agrícola 2017 (entre maio a agosto), logo após mantida em pousio na entre-safra (entre agosto e outubro de 2017) e, por fim, a soja foi semeada no dia 21 de novembro de 2017. O cultivar de soja utilizado foi o Syngenta 1163RR<sup>®</sup>. Esse 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 ha<sup>-1</sup>, 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 ha<sup>-1</sup> da formulação 02-20-20, incluindo micronutrientes. O controle das plantas daninhas foi realizado com 50 g ha<sup>-1</sup> de Clorimuron-ethyl + 500 mL ha<sup>-1</sup> de Lactofen aos 21 dias após a emergência. O controle de doenças foi realizado com aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazol 300 mL ha<sup>-1</sup> + óleo mineral paranífnico 600 mL ha<sup>-1</sup>, totalizando três aplicações.

### Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, esquema fatorial 5 (tratamentos) x 2 (espaçamentos entre linhas), com três repetições. Os níveis do primeiro fator foram três doses do vírus entomopatógeno, uma dose do inseticida Chlorfluazuron e a testemunha (apenas aplicação de água). A fonte viral utilizada foi o produto VirControl c.i, fase final de registro\* (Simbiose<sup>®</sup> Agrotecnologia Biológica) que contém corpos de oclusão poliedrais do *Baculovirus Chrysoideixis includens nucleopolyhedrovirus* (ChinSNPV) na concentração mínima de 6x10<sup>9</sup> corpos de oclusão grama<sup>-1</sup>. As doses do ChinSNPV utilizadas foram 1x10<sup>11</sup> CIP ha<sup>-1</sup> (denominada ½dose), 2x10<sup>11</sup> CIP ha<sup>-1</sup> (denominada dose) e 3x10<sup>11</sup> CIP ha<sup>-1</sup> (denominada dose+½). O inseticida Chlorfluazuron (Atabron<sup>®</sup> 50 EC) (ISK Biociencias do Brasil Defensivos Agrícolas LTDA) do grupo

químico Benzoiluréia, registro no MAPA nº 6894 é muito perigoso (nível II) segundo sua Classificação Ambiental, não corrosivo, com modo de ação fisiológico inibidor da síntese de quitina, extremamente tóxico (Classe Toxicológica I), não inflamável e comercializado na formulação concentrado emulsionável (EC). A dose do Chlorfluazuron utilizada foi a recomendada para o controle da lagarta falsa-medideira em soja (0,75 L p.c. ha<sup>-1</sup>), com calda de 300 L de água ha<sup>-1</sup>. No tratamento testemunha, apenas água foi utilizado. Os níveis do segundo fator foram dois diferentes espaçamentos entre linhas de plantio da soja, compreendidos por 0,5 m e 0,7 m.

Cada parcela experimental foi constituída por 10 m de comprimento e 6 m de largura. O número de linhas de plantio de soja por parcela variou em função dos espaçamentos 0,5 m ou 0,7 m, com 12 ou 8 linhas de semeadura, respectivamente. Independente dos espaçamentos adotados, cada linha de semeadura teve 16 plantas de soja por metro linear. A área útil das parcelas foi de 60 m<sup>2</sup>.

### **Time de aplicação e pulverizações**

A partir do 40º dap (dia após o plantio) a população de lagartas falsa-medideira foi diariamente amostrada para verificação do *time* de aplicação, delimitado por 2 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). Portanto, o *time* de aplicação foi alcançado aos 70 dap, no estágio R1 da soja. Nas aplicações utilizou-se um pulverizador CO<sub>2</sub> pressurizado, com barra de 3,0 m e pontas do tipo leque 11002, operando com pressão constante de 35 PSI e volume de calda de 300 L ha<sup>-1</sup>. 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 80%, temperatura de 23 °C e velocidade do vento de 3 km h<sup>-1</sup>. As aplicações dos tratamentos nas parcelas foram realizadas a partir das 17:00 hs.

### **Amostragem de lagartas**

Para realização das amostragens aos 0, 3, 6, 9 e 12 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-praga 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, quatro sub-amostras com pano de batida foram realizadas. O time de aplicação de 2 lagartas de falsa-medideira por parcela (anteriormente descrito) correspondeu a média das quatro sub-amostras por parcela.

As lagartas a partir do momento da sua coleta, foram categorizadas em pequenas (até 7 mm de comprimento), médias (entre 8 e 23 mm de comprimento) ou grandes (a partir de 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 armigera* 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 utilizados.

### **Nível de desfolha**

O nível de desfolha foi contabilizado, apenas, no final das avaliações (12 daa). Nesse caso, amostras de folíolos de soja, ao acaso, dos terços inferior, médio e superior foram destacadas das plantas para análise visual e imediato registro no campo. 20 sub-amostras para cada terço da planta foram utilizadas por parcela experimental, totalizando 4 amostras (contendo cinco folíolos) onde um valor médio foi obtido. Para auxiliar na

interpretação do nível de desfolha a escala proposta por Panizzi et al. (1977) foi utilizada.

## **Produtividade**

No final do ciclo da soja foram quantificados os números de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por plantas, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Para avaliar as variáveis número de vagens por planta, número de sementes por vagem foram coletadas, aleatoriamente, 10 plantas na área útil da parcela, desconsiderando as linhas laterais que delimitavam a largura das parcelas. A colheita foi realizada com a coleta de todas as plantas contidas na área útil das parcelas, que, posteriormente, foram trilhadas. A massa de mil grãos foi quantificada com a pesagem de oito repetições de 100 sementes por parcela. Os grãos colhidos foram limpos e pesados, posteriormente, verificou-se a quantidade de umidade contida nos grãos, corrigindo a umidade para 13% e estimou-se a produtividade em sacas de 60 kg por hectare (sacas ha<sup>-1</sup>). A estimativa da produtividade seguiu a mesma metodologia apresentada por Correa et al. (2017).

## **Análises estatísticas**

O time de aplicação dos tratamentos foi apresentado de forma descritiva, através de gráficos de dispersão gerados pelo software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc), onde o número absoluto de lagartas pequenas, médias e grandes amostradas, em função dos tratamentos e espaçamentos foi contabilizado.

Após a contagem do número de lagartas pequenas, médias e grandes por amostra, em função dos tratamentos e intervalos de tempo (daa) calculou-se a percentagem de eficiência de controle (EC%) para cada tratamento 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. A EC% foi calculada utilizando planilhas do software Excel (Microsoft<sup>®</sup> Excel<sup>®</sup>, versão 2016).

Os dados brutos do número de lagartas amostradas e eficiência de controle (EC%), 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, 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<sup>®</sup> (RIBEIRO JUNIOR; MELO, 2009). De acordo com esse procedimento, as variáveis dependentes número de lagartas e EC% não seguiram distribuição normal e, portanto, foram transformadas 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). Após a transformação dos dados para  $\log(x+1)$  procedeu-se a ANOVA (tipo *two-way*) para verificar a significância dos fatores isolados ou sob interação (tratamentos x espaçamentos) pelo software SAEG<sup>®</sup>. Os resultados resumidos da ANOVA *two-way* para as variáveis número de lagartas e EC% foram descritos (Tabelas 1 e 2, respectivamente). A análise de variância e a comparação entre médias (teste de Tukey a 5% de probabilidade) dos tratamentos foram realizadas na escala transformada, porém, os resultados descritos (na Figura 2) permaneceram em escala original. Para a variável EC% o comportamento dos dados foi apresentado através de curvas denominadas *Spline* (curvas de Bézier) que são curvas polinomiais expressas como a interpolação linear entre pontos representativos (BEACH 1991) (Figura 3). As curvas foram construídas através do software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc).

A análise de sobrevivência e o cálculo do  $TL_{50}$  foram realizados pelo método de Kaplan-Meier com comparações de *Logrank* (Mantel-Cox) considerando 5% de probabilidade, através do software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc). Nesse caso, as comparações foram realizadas entre os tratamentos para cada espaçamento utilizado, considerando-os isoladamente (Figura 4). Para os dados referentes ao percentual de desfolha (Figura 5) e produtividade (Figura 6), procedeu-se uma análise de variância (ANOVA *one-way*). Para o percentual de desfolha, considerou-se o fator tratamentos para cada terço espacial das plantas de soja, bem como cada espaçamento. Também houveram comparações entre médias do nível de desfolha para cada terço espacial das plantas de soja. Nesse caso, as comparações entre as médias foram realizadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a produtividade, as comparações foram realizadas entre tratamentos, para cada espaçamento considerado isoladamente, através

do teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. As análises para ANOVA (*one-way*) e testes de médias foram realizadas pelo software SAEG<sup>®</sup> e as figuras pelo software SigmaPlot<sup>®</sup>, versão 11 (Systat Software Inc).

## RESULTADOS

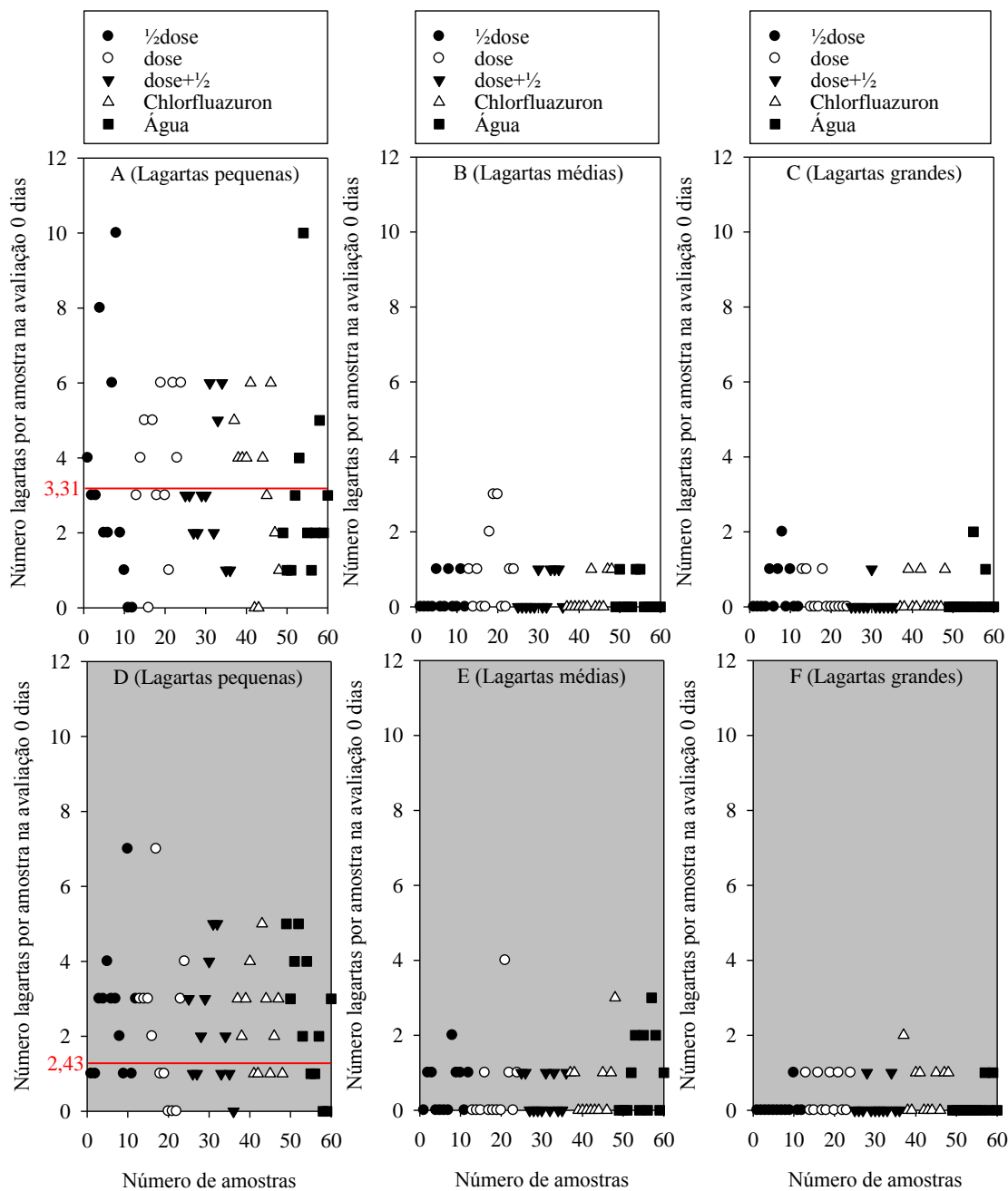
### **Time de aplicação**

A distribuição do número de lagartas de *Chrysodeixis includens* amostradas por pano de batida antes da aplicação dos tratamentos foram dependentes do seu tamanho corporal (Figura 1). Aos 70 dias após o plantio da soja, 83,26% das lagartas foram pequenas (Figura 1A), 10,46% médias (Figura 1B) e 6,3% grandes (Figura 1C) para o espaçamento de 0,5 m. Dessa forma, antes das aplicações dos tratamentos (aos 0 daa), o maior número de lagartas foi pequeno no espaçamento 0,5 m (Figura 1). O número médio de lagartas pequenas aos 0 daa por amostragem através de pano de batida, por parcela experimental, foi de 3,31 no espaçamento 0,5 m (Figura 1). Para a soja espaçada 0,7 m entre linhas de plantio, nos mesmos 70 dias após a germinação das sementes, a distribuição percentual das lagartas em função do seu tamanho corporal foi de 73% (Figura 1D), 18,5% (Figura 1E) e 8,5% (Figura 1F) para lagartas pequenas, médias e grandes, respectivamente. Portanto, antes da aplicação dos tratamentos, uma maior proporção de lagartas pequenas por amostra também foi observada no espaçamento 0,7 m entre linhas de plantio. O número médio de lagartas pequenas aos 0 daa por amostragem através de pano de batida foi de 2,43 no espaçamento 0,7 m (Figura 1).

### **Número de lagartas amostradas**

O número médio amostrado de lagartas de *C. includens* pequenas aos 0 daa sofreu influência, apenas, do espaçamento ( $F= 28,43$ ;  $P= 0,00$ ) (Tabela 1). A média do número de lagartas amostradas para todos os tratamentos foi de  $15,73 \pm 2,54$  (espaçamento 0,5 m) e  $9,73 \pm 0,98$  (espaçamento 0,7 m) (Figuras 1A e 1E, respectivamente). A partir do 3º daa até o 12º daa houve interação significativa entre o efeito dos tratamentos aplicados e espaçamentos adotados para a quantidade de lagartas amostradas (Tabela 1). Nesse caso, três respostas comportamentais distintas envolveram o efeito da interação entre tratamentos e espaçamentos para lagartas pequenas do 3º daa até o 12º daa. (i) O tratamento com aplicação, apenas, de água foi aquele que resultou em maior número de lagartas amostradas, envolvendo os dois espaçamentos avaliados (média entre o 3º daa ao 12º daa de  $15,33 \pm 2,32$ ) (Figuras 2A e 2B). (ii) Os demais tratamentos (com exceção da água), considerando apenas o espaçamento 0,5 m, foram aqueles que resultaram nas

segundas maiores médias de lagartas pequenas amostradas ( $10,63 \pm 1,86$ ) (Figura 2A) e (iii) os tratamentos, apenas, no espaçamento 0,7 m (incluindo a testemunha) apresentaram médias de lagartas pequenas amostradas inferiores  $7,26 \pm 1,10$  (Figura 2B).



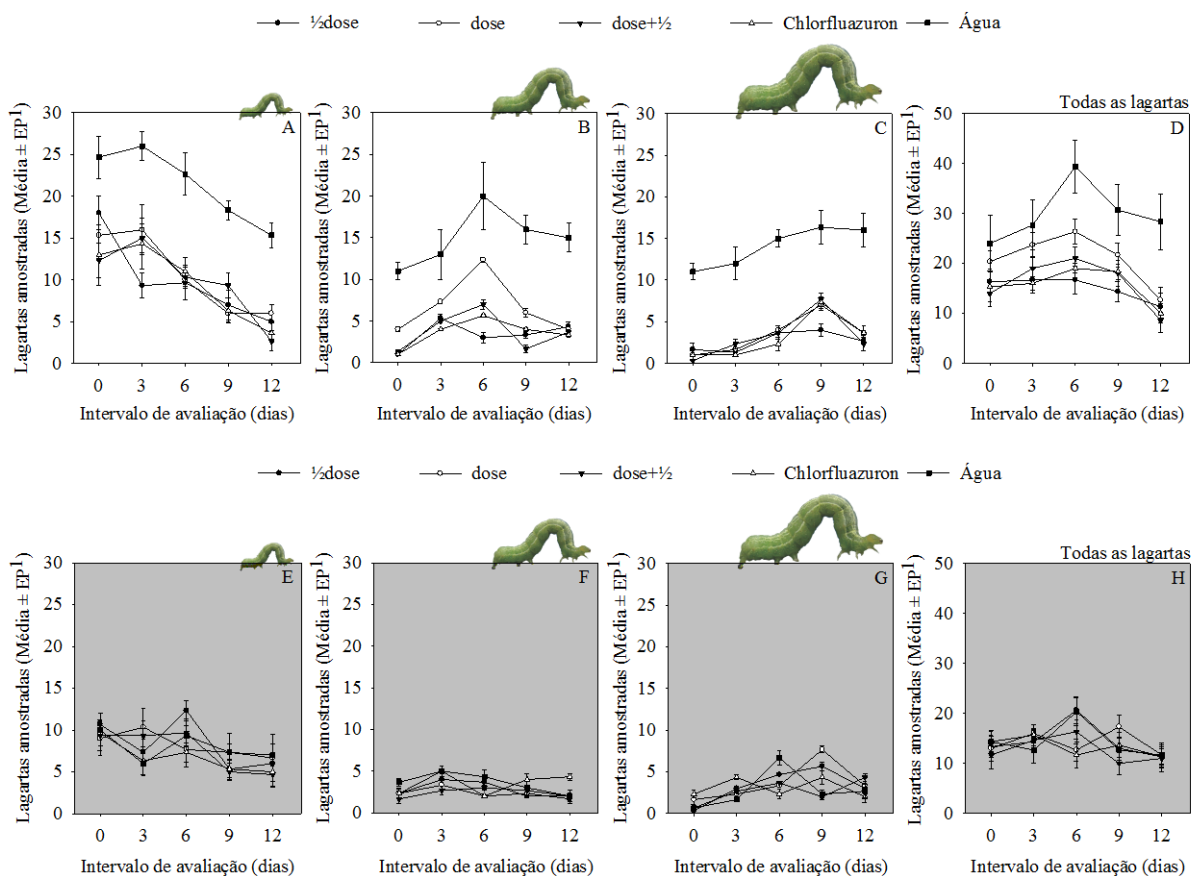
**Figura 1.** Distribuição do número absoluto de lagartas de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas por pano de batida na avaliação antes da aplicação dos tratamentos (0 dias) em função de quatro amostras por parcela experimental em soja com 0,5 m entre linhas (fundo branco) ou com 0,7 m entre linhas (fundo cinza). Figuras 1A (lagartas pequenas: 1 a 7 mm), 1B (lagartas médias: 8 a 23 mm) e 1C (lagartas grandes: 24 a >40 mm) na soja 0,5 m entre linhas e Figuras 1D (lagartas pequenas: 1 a 7 mm), 1E (lagartas médias: 8 a 23 mm) e 1F (lagartas grandes: 24 a >40 mm) na soja 0,7 m entre linhas. Linha vermelha horizontal: indica a média total (entre todos os tratamentos) de

lagartas pequenas amostradas por amostra. Safra 2018. Campo Alegre de Goiás, Goiás, Brasil. \* $\frac{1}{2}$ dose: 1,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. Dose: 3,0 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. dose+ $\frac{1}{2}$ : 4,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose 50 ml/20 litro de água.

**Tabela 1.** Resumo da ANOVA (two-way) para o número médio de lagartas pequenas, médias, grandes e total (soma de todos os tamanhos) de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantio de soja através da aplicação de cinco tratamentos (T) em dois espaçamentos (E) em diferentes dias após a aplicação (daa) única dos tratamentos

0 daa												
	Pequenas			Médias			Grandes			Total		
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	4	1,37	0,07	4	10,38	0,00	4	24,69	0,00	4	1,26	0,32
E	1	28,43	0,00	1	6,04	0,03	1	23,28	0,00	1	6,05	0,02
T x E	4	2,65	0,06	4	5,58	0,00	4	31,23	0,00	4	0,74	>0,05
3 daa												
	Pequenas			Médias			Grandes			Total		
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	4	5,92	0,00	4	6,70	0,00	4	12,85	0,00	4	1,80	0,17
E	1	60,21	0,00	1	17,23	0,00	1	2,93	0,10	1	16,13	0,00
T x E	4	8,39	0,00	4	4,52	0,01	4	22,91	0,00	4	3,02	0,04
6 daa												
	Pequenas			Médias			Grandes			Total		
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	4	4,74	0,00	4	6,91	0,00	4	18,65	0,00	4	8,08	0,00
E	1	8,37	0,00	1	29,10	0,00	1	5,26	0,03	1	22,02	0,00
T x E	4	5,02	0,00	4	5,48	0,00	4	5,97	0,00	4	5,13	0,00
9 daa												
	Pequenas			Médias			Grandes			Total		
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	4	10,21	0,00	4	7,67	0,00	4	5,11	0,02	4	8,88	0,03
E	1	16,93	0,00	1	12,97	0,00	1	11,88	0,00	1	15,48	0,00
T x E	4	6,84	0,00	4	7,15	0,00	4	5,66	0,00	4	9,43	0,03
12 daa												
	Pequenas			Médias			Grandes			Total		
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	4	12,34	0,00	4	6,78	0,00	4	15,67	0,00	4	5,42	0,00
E	1	4,78	0,03	1	19,46	0,00	1	10,81	0,00	1	6,13	0,03
T x E	4	6,54	0,00	4	8,42	0,00	4	18,54	0,00	4	4,94	0,00

(T):  $\frac{1}{2}$ dose: 1,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água (T1), Dose: 3,0 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água (T2), dose+ $\frac{1}{2}$ : 4,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água (T3), Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose 50 ml/20 litro de água (T4) e Água (testemunha) (T5). (E) 0,5 m entre linhas e 0,7 m entre linhas. Nível de 0,05 de significância.



**Figura 2.** Número de lagartas (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas por pano de batida em função de diferentes dias após a aplicação dos tratamentos em campo de soja plantada sob diferentes espaçamentos. Fundo branco (0,5 m entre linhas) e fundo cinza (0,7 m entre linhas). Figuras A (lagartas pequenas: 1 a 7 mm), B (lagartas médias: 8 a 23 mm), C (lagartas grandes: 24 a >40 mm) e D (soma todas as lagartas) na soja 0,5 m entre linhas e Figuras E (lagartas pequenas: 1 a 7 mm), F (lagartas médias: 8 a 23 mm), G (lagartas grandes: 24 a >40 mm) e H (soma todas as lagartas) na soja 0,7 m entre linhas. Safra 2018. Campo Alegre de Goiás, Goiás, Brasil. \* $\frac{1}{2}$ dose: 1,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. Dose: 3,0 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. dose+ $\frac{1}{2}$ : 4,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose 50 ml/20 litro de água e Água (testemunha).

Para lagartas de tamanho médio houve interação significativa entre os efeitos dos tratamentos e espaçamentos para todos os intervalos de avaliação (Tabela 1). Nesse caso, quatro grupos de respostas diferentes foram observados (Figuras 2C e 2D). Em ordem decrescente, as lagartas médias submetidas ao tratamento testemunha (apenas água) foram aquelas que apresentaram maiores médias entre todos os dias após a aplicação (15,00  $\pm$  3,21 lagartas médias amostradas) (Figura 2C). Diferente das lagartas pequenas, o tratamento representando pela dose recomendada do ChinSNPV foi o segundo tratamento em que foi amostrada a maior quantidade de lagartas médias, para o

espaçamento 0,5 m entre linhas de plantio ( $6,73 \pm 2,71$  lagartas médias) considerando os intervalos entre 0 daa e 9 daa (Figura 2C). Os demais tratamentos ( $\frac{1}{2}$ dose, dose $+\frac{1}{2}$  e inseticida) apresentaram valores de lagartas médias amostradas de  $3,58 \pm 2,10$  (Figura 2C) também no espaçamento 0,5 m entre linhas. Por fim, todos os tratamentos aplicados na soja espaçada com 0,7 m entre linhas representaram aquele grupo onde houve menor número de lagartas médias amostradas ( $2,93 \pm 0,65$  lagartas médias) (Figura 2D).

A interação significativa entre os efeitos dos tratamentos e espaçamentos para todos os intervalos de avaliação foi observada para as amostragens contendo lagartas de maior tamanho (Tabela 1). Nesse caso, três respostas distintas foram observadas representando variações significativas no número de lagartas grandes amostradas (Figuras 2E e 2F). Um primeiro grupo (em ordem decrescente) com maior quantidade de lagartas grandes amostradas, bem distinto dos demais grupos, representando a testemunha (Figura 2E). Um segundo grupo muito semelhante quanto à resposta representando todos os demais tratamentos também no espaçamento 0,5 m entre linhas (Figura 2E). E, por fim, um terceiro grupo de lagartas grandes com os mais baixos valores de insetos amostrados representando todos os tratamentos pulverizados nas plantas de soja no espaçamento 0,7 m entre linhas (Figura 2F).

Para o total de lagartas amostradas, o efeito isolado dos tratamentos aplicados foi observado, nitidamente, a partir do 6º daa até o 12º daa (Tabela 1). O espaçamento, como fator isolado, influenciou no número total de lagartas amostradas em todos os intervalos de avaliação (Tabela 1). A interação entre os fatores tratamentos e espaçamento influenciaram na quantidade de lagartas totais amostradas durante todo o período experimental, com exceção do 0 daa (Tabela 1). Bem como o comportamento apresentado para as lagartas de tamanho médio, o total de lagartas amostradas também apresentou um comportamento com quatro grupos de resposta distintos (Figuras 2G e 2H). Em ordem decrescente quanto ao número de lagartas totais amostradas, destaca-se o grupo 1 constituído pela testemunha no espaçamento 0,5 m (Figura 2G). Um segundo grupo representado pela dose recomendada do ChinSNPV e um terceiro grupo composto pelos demais tratamentos ( $\frac{1}{2}$ dose, dose $+\frac{1}{2}$  e inseticida) também no espaçamento 0,5 m entre linhas de plantio (Figura 2G). Por fim, o quarto grupo com menor número de lagartas totais foi aquele onde os tratamentos foram aplicados no espaçamento 0,7 m entre linhas de plantio (Figura 2H).

## Eficiência de controle

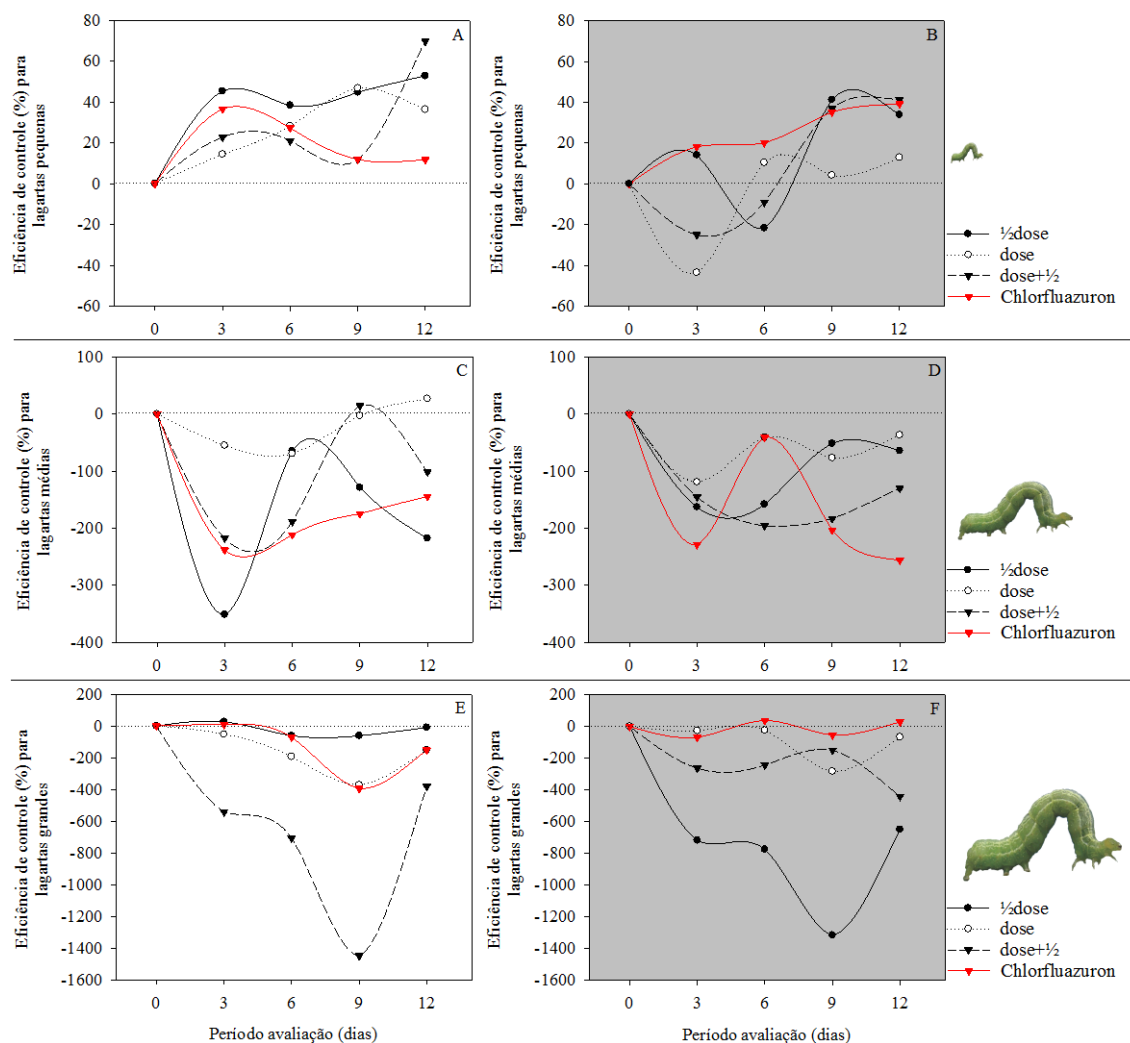
A EC% para *Chrysodeixis includens* foi influenciada significativamente pela interação entre os fatores tratamentos e espaçamentos para todos os tamanhos de lagartas considerados e intervalos de avaliação (do 3º daa até o 12º daa) analisados (Tabela 2). Isso refletiu em uma grande variação da EC% com valores oscilando entre 70% (dose+½ de ChinSNPV no 12º daa para lagartas pequenas) a até -1500% (dose+½ de ChinSNPV ao 9º daa para lagartas grandes), ambas no espaçamento 0,5 m entre linhas (Figura 3).

**Tabela 2.** Resumo da ANOVA (two-way) para a eficiência de controle (%) (Henderson-Tilton) de lagartas pequenas, médias, grandes e total (soma de todos os tamanhos) de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantio de soja através da aplicação de cinco tratamentos (T) em dois espaçamentos (E) em diferentes dias após a aplicação (daa) única dos tratamentos

3 daa									
Pequenas			Médias			Grandes			
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	3	292,51	0,00	3	12,99	0,03	3	22332,81	0,00
E	1	842,12	0,00	1	14,91	0,01	1	9891,73	0,00
T x E	3	69,40	0,00	3	21,78	0,02	3	27606,06	0,00
6 daa									
Pequenas			Médias			Grandes			
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	3	303,75	0,00	3	18283,24	0,00	3	31831,63	0,00
E	1	3545,44	0,00	1	3402,22	0,00	1	11,40	0,00
T x E	3	514,80	0,00	3	17351,64	0,00	3	39713,58	0,00
9 daa									
Pequenas			Médias			Grandes			
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	3	379,57	0,00	3	13364,11	0,00	3	482,80	0,00
E	1	111,62	0,02	1	10306,34	0,00	1	72,56	0,00
T x E	3	1142,98	0,00	3	11193,89	0,00	3	1782,11	0,00
12 daa									
Pequenas			Médias			Grandes			
	gl	F	P	gl	F	P	gl	F	P
T	3	1166,69	0,00	3	102,56	0,00	3	1153,45	0,00
E	1	608,84	0,00	1	256,75	0,00	1	395,33	0,00
T x E	3	906,09	0,00	3	321,68	0,00	3	1358,77	0,00

(T): ½dose: 1,5 gramas VirControl®/20 litros água (T1), Dose: 3,0 gramas VirControl®/20 litros água (T2), dose+½: 4,5 gramas VirControl®/20 litros água (T3), Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose 50 ml/20 litro de água (T4) e Água (testemunha) (T5). (E) 0,5 m entre linhas e 0,7 m entre linhas. Nível de 0,05 de significância.





**Figura 3.** Eficiência (%) (Henderson-Tilton) de diferentes doses do baculovírus (Bv) da lagarta-falsa-medideira (*ChinSNPV*, VirControl<sup>®</sup>, Simbiose Agrotecnologia Biológica) no controle de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em campo de soja, no espaçamento 0,5 m entre linhas (fundo branco) (Figuras 4. A, B e C) e 0,7 m entre linhas (fundo cinza) (Figuras 4. D, E e F), em função de cinco diferentes intervalos de avaliação. Lagartas pequenas (1 a 7 mm), lagartas médias (8 a 23 mm) e lagartas grandes (24 a >40 mm). Safra 2018. Campo Alegre de Goiás, Goiás, Brasil. \* $\frac{1}{2}$ dose: 1,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. Dose: 3,0 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. dose+ $\frac{1}{2}$ : 4,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água. Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose 50 ml/20 litro de água.

Todos os tratamentos avaliados para controle de *Chrysodeixis includens* refletiram em eficiências positivas, apenas, no espaçamento 0,5 m e perante lagartas pequenas (Figura 3A). E também reduziram a EC% no intervalo entre o 3<sup>o</sup> daa e o 6<sup>o</sup> daa, com exceção da dose do ChinSNPV onde houve o dobro do aumento de eficiência de 14,36%

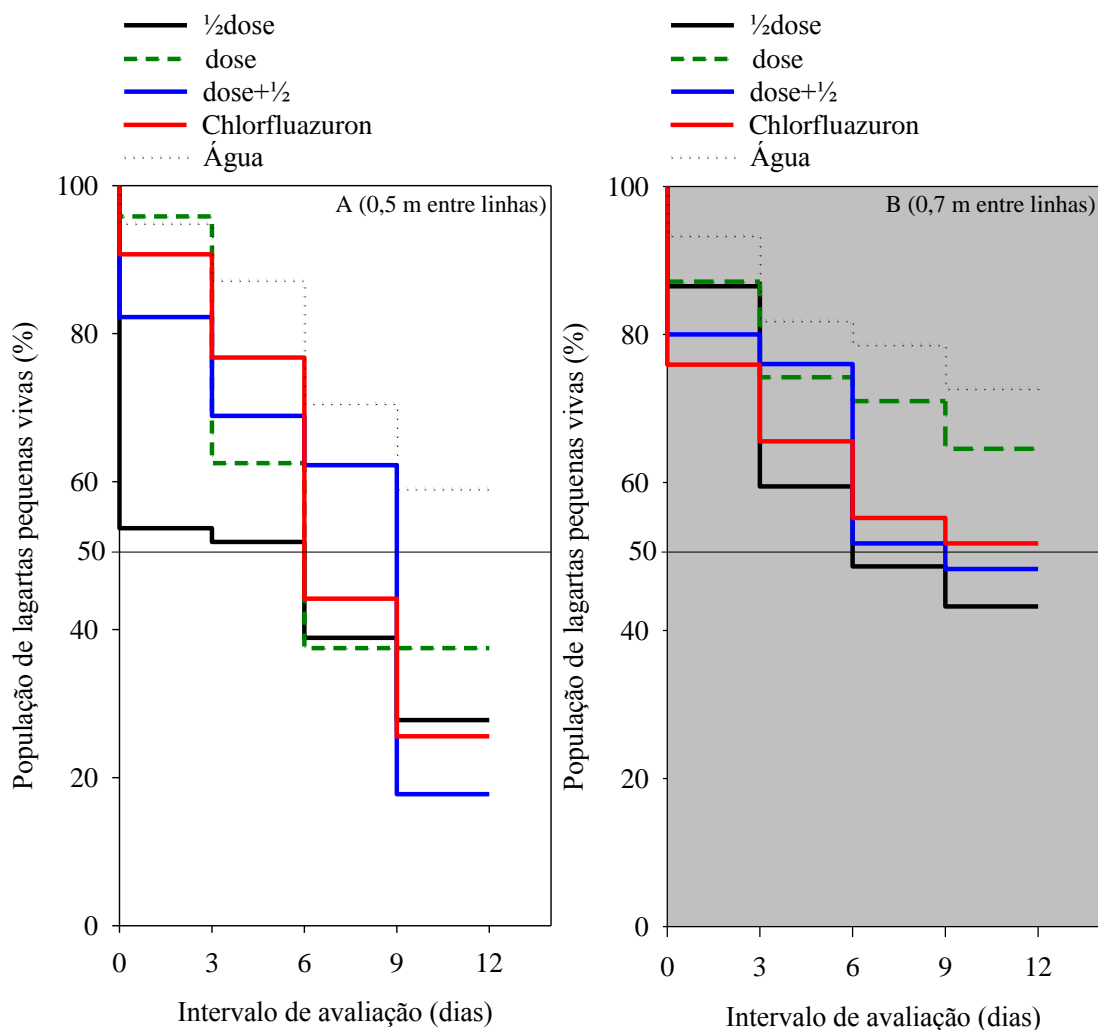
para 28,31%, respectivamente (Figura 3A). Esse aumento de eficiência para a dose do ChinSNPV também foi observado no intervalo entre o 9º daa (46,80%) e o 6º daa (Figura 3A). De maneira geral, a oscilação que representou menor eficiência foi observada pelo efeito do Chlorfluazuron onde não houve tendência de aumento para nenhum intervalo de tempo (Figura 3A). Os produtos biológicos apresentaram oscilações consideráveis, mas com tendência final (no 12º daa) para aumento (Figura 3A). Quando o espaçamento aumentou para 0,7 m as oscilações nos valores de EC% foram maiores, considerando lagartas pequenas (Figura 3B). Nesse caso, o tratamento Chlorfluazuron foi o único que permeou valores positivos em comparação com as diferentes doses do ChinSNPV (Figura 3B). A pior eficiência observada foi na dose recomendada do ChinSNPV no 3º daa (-43%). Os tratamentos ½dose e dose+½ do ChinSNPV conseguiram recuperar a baixa EC% apresentada no 6º daa, a partir do 9º daa o que levou a eficiência final (no 12º daa) semelhante à do inseticida Chlorfluazuron (Figura 3B).

Para lagartas médias no espaçamento de 0,5 m entre linhas de plantio, o tratamento ½dose do ChinSNPV no 3º daa foi aquele que apresentou pior eficiência (Figura 3C). Todavia, todos os tratamentos mantiveram eficiência negativa na maioria do intervalo de tempo analisado (Figura 3C). Apenas na dose recomendada do vírus a eficiência foi positiva ao final das avaliações (26,66%), porém ainda muito baixa (Figura 3C). No espaçamento 0,7 m, nenhum tratamento avaliado atingiu eficiências de controle positivas quando se considerou lagartas médias na amostragem (Figura 3D). Para lagartas grandes de *C. includens* o tratamento que menos oscilou foi o ½dose do vírus para o espaçamento 0,5 m, mas mesmo assim com baixos valores de eficiência permeando valores negativos e próximos à zero (Figura 3E). Para o espaçamento 0,7 m, considerando também lagartas grandes, ocorreu menor oscilação de eficiência para Chlorfluazuron, mas também com valores baixos e oscilando entre 0% e valores negativos (Figura 3F).

### **Análise de sobrevivência**

A sobrevivência das lagartas pequenas de *Chrysodeixis includens* diferiu significativamente entre tratamentos, tanto para o espaçamento 0,5 m ( $\chi^2= 404,75$ , gl= 4 e  $P= 0,01$ ) quanto para o espaçamento 0,7 m ( $\chi^2= 328,10$ ; gl= 4 e  $P= 0,00$ ), conforme comparação pareada de log rank (Figura 4). A sobrevivência foi menor para todos os tratamentos em comparação com a testemunha para ambos os espaçamentos. Os valores de sobrevivência ao final das observações na testemunha foram de 58% e 72,65% nos

espaçamentos de 0,5 m e 0,7 m, respectivamente (Figura 4).



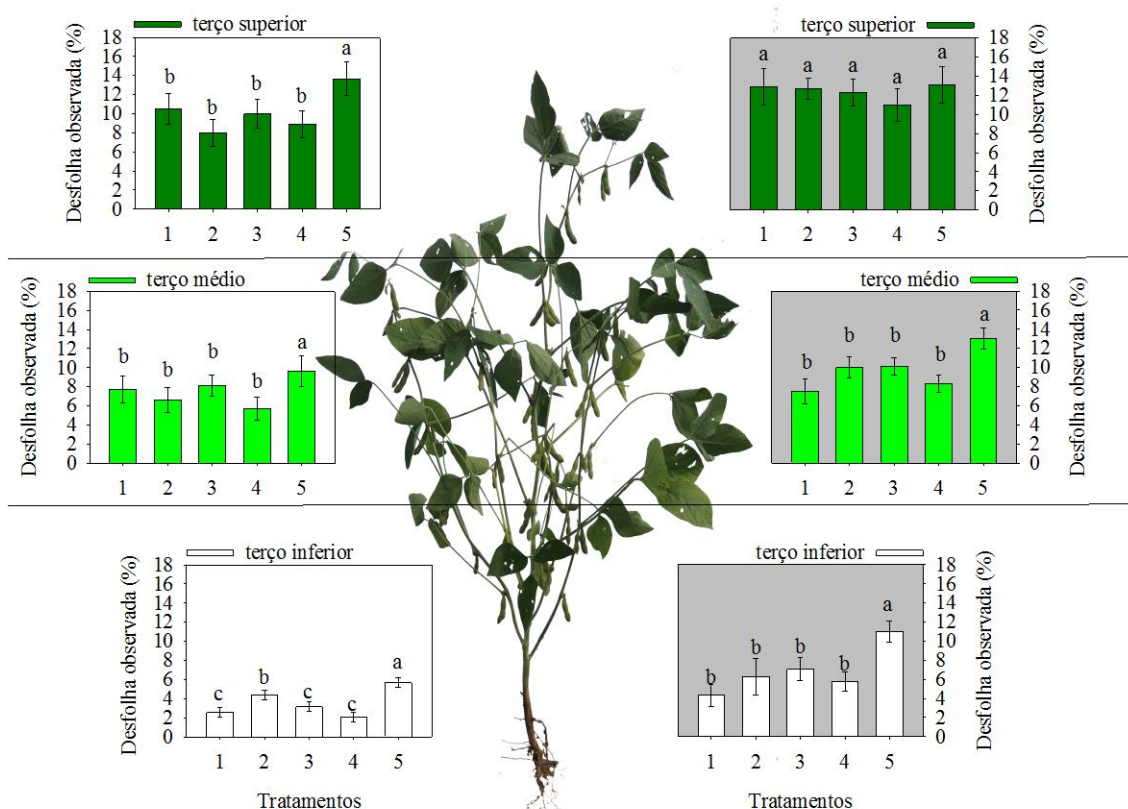
**Figura 4.** Curvas de sobrevivência\* para lagartas pequenas de falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), submetidas a diferentes dosagens do vírus *ChinSNPV* (VirControl®, Simbiose Agrotecnologia Biológica) e ao inseticida Chlorfluazuron em função de cinco diferentes intervalos de avaliação. Figura 4A (soja no espaçamento 0,5 m entre linhas) e Fig. 4B (soja no espaçamento 0,7 m entre linhas). Safra 2018. Campo Alegre de Goiás, Goiás, Brasil. 1/2dose: 1,5 gramas VirControl®/20 litros água. Dose: 3,0 gramas VirControl®/20 litros água. dose+1/2: 4,5 gramas VirControl®/20 litros água. Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose 50 ml/20 litro de água. \*A proporção de sobrevivência foi obtida pelo método de Kaplan-Meier com comparações de Logrank (Mantel-Cox) considerando  $P < 0,05$ .

O tratamento 1/2dose do ChinSNPV proporcionou menor sobrevivência das lagartas pequenas aos 3º daa e 6º daa (espaçamento 0,5 m) (Figura 4A). No 9º daa, a dose recomendada do ChinSNPV proporcionou menor sobrevivência entre todos os tratamentos, mas ao final do período de avaliação a dose+1/2 do ChinSNPV influenciou

na menor sobrevivência de lagartas pequenas mantidas em soja no espaçamento 0,5 m (Figura 4A). O tempo letal estimado ( $TL_{50}$ ) foi menor no  $\frac{1}{2}$ dose do ChinSNPV (6,21 dias) em comparação aos tratamentos dose recomendada (7,2 dias), dose+ $\frac{1}{2}$  do ChinSNPV (7,64 dias) e Chlorfluazuron (8,08 dias) (para espaçamento 0,5 m). Para a soja mais espaçada (0,7 m) o Chlorfluazuron proporcionou menor sobrevivência em comparação aos demais tratamentos, apenas, no 3º daa (Figura 4B). Nos demais intervalos de tempo (6º daa até o 12º daa), a  $\frac{1}{2}$ dose do ChinSNPV foi aquela que proporcionou menores valores de sobrevivência em comparação com os demais tratamentos, considerando 0,7 m entre linhas de plantio da soja (Figura 4B). Nesse tratamento também ocorreu menor tempo letal estimado ( $TL_{50}$ ) com valor de 6,95 dias (dose recomendada: 7,95 dias, dose+ $\frac{1}{2}$  do ChinSNPV: 8,89 dias e Chlorfluazuron: 7,42 dias) (0,7m de espaçamento).

### **Nível de desfolha**

O percentual de desfolha sofreu interferência da posição nas plantas ( $F= 32,85$ ,  $gl= 2$ ,  $P= 0,02$ ). Plantas de soja foram menos desfolhadas no terço inferior ( $3,54 \pm 0,98\%$ ) em comparação aos terços médio ( $7,57 \pm 1,21\%$ ) e superior ( $10,22 \pm 1,76\%$ ) no espaçamento 0,5 m (Figura 5, fundos brancos). No espaçamento 0,7 m as plantas de soja também foram menos desfolhadas no terço inferior ( $6,88 \pm 1,02\%$ ) em comparação aos terços médio ( $9,78 \pm 1,21\%$ ) e superior ( $12,38 \pm 1,76\%$ ) (Figura 5, fundo cinza). Plantas de soja no espaçamento 0,5 m foram menos desfolhadas do que no espaçamento 0,7 m, apenas no terço inferior ( $F= 5,56$ ,  $gl= 1$ ,  $P= 0,03$ ) (Figura 5). Nos terços médio ( $F= 1,20$ ,  $gl= 1$ ,  $P= 0,06$ ) e superior ( $F= 0,98$ ,  $gl= 1$ ,  $P= 0,07$ ) não houve diferença significativa de desfolha entre espaçamentos. No espaçamento 0,5 m entre linhas de plantio, a testemunha representou os maiores valores de desfolha nos terços inferior, médio e superior (Figura 5, fundos brancos). Para o espaçamento 0,7 m não houve diferença significativa entre tratamentos para o desfolhamento no terço superior, mas a testemunha representou maiores valores de desfolha nos terços médio e inferior (Figura 5, fundo cinza).

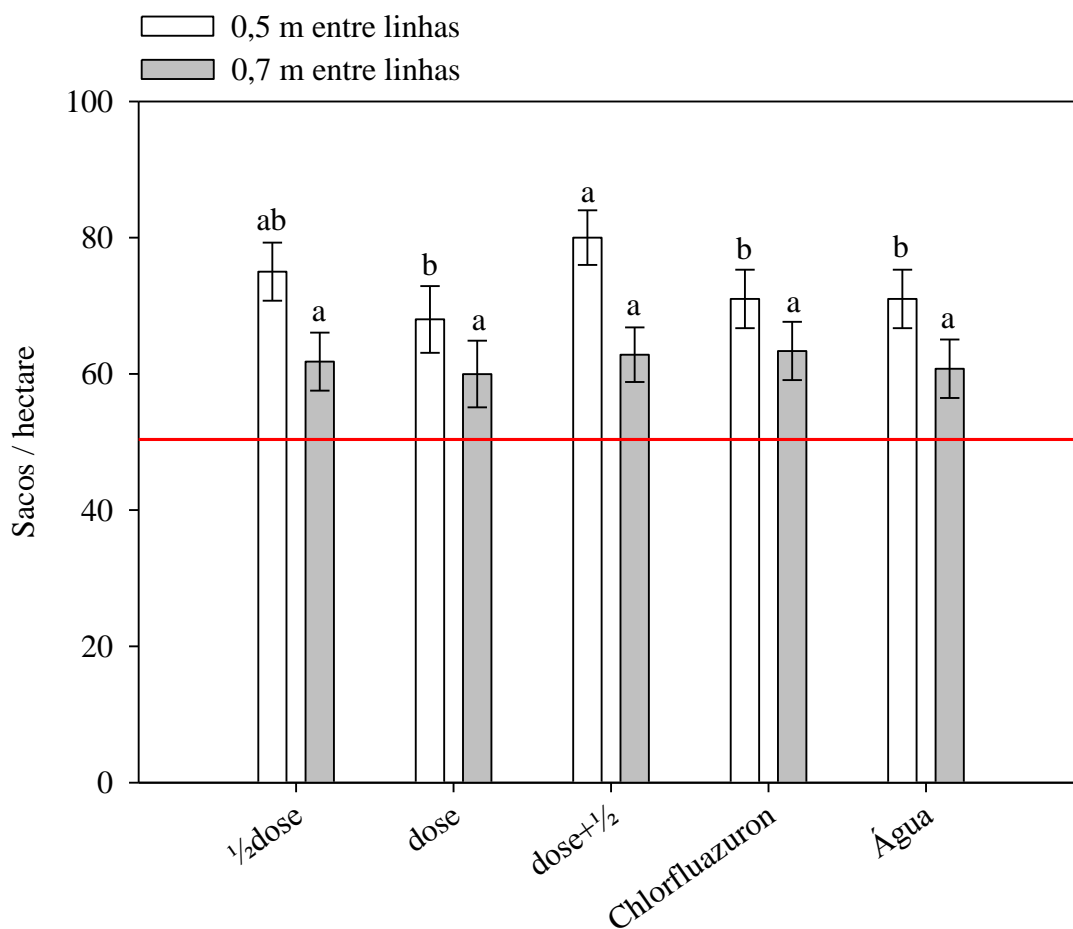


**Figura 5.** Nível de desfolha (%) (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) observada em folhas do terço inferior, médio e superior de plantas de soja causadas por *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) aos 12 dias após aplicação dos tratamentos (T1)  $\frac{1}{2}$ dose: 1,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água, (T2) Dose: 3,0 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água, (T3) dose+ $\frac{1}{2}$ : 4,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água, (T4) Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose de 50 ml/20 litro de água e (T5) Água (testemunha). Figuras fundo branco: espaçamento soja 0,5 m entre linhas. Figuras fundo cinza: espaçamento soja 0,7 m entre linhas.

## Produtividade

A soja sob espaçamento de 0,5 m entre linhas de plantio originou, em média, 12 sacas ha<sup>-1</sup> a mais do que aquela espaçada 0,7 m entre linhas (F= 12,24, gl= 1, P= 0,02) (Figura 6). Ainda assim, os valores encontrados de produtividade no presente trabalho foram superiores aos da média nacional para a safra 2016/2017. Os tratamentos influenciaram nos valores de produtividade da soja espaçada 0,5 m entre linhas de plantio (F= 8,34, gl= 4, P= 0,03) resultando em diferenças significativas, em ordem decrescente,

para a dose+ $\frac{1}{2}$  do ChinSNPV ( $80,00 \pm 4,00$  sacas  $ha^{-1}$ ) em comparação com a  $\frac{1}{2}$ dose do ChinSNPV ( $75,00 \pm 4,26$ ), Chlorfluazuron ( $71,00 \pm 3,28$ ), testemunha ( $71,00 \pm 3,38$ ) e dose recomendada do ChinSNPV ( $68,00 \pm 3,00$ ) (Figura 6). Para a soja espaçada sob 0,7 m entre linhas de plantio, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $F= 1,34$ ,  $gl= 4$ ,  $P= 0,06$ ) (Figura 6).



**Figura 6.** Produtividade (sacos 60 kg/hectare) (Média  $\pm$  EP<sup>1</sup>) de soja, sob dois diferentes espaçamentos (barras brancas e cinzas) em condições de campo submetidas à aplicações foliares dos tratamentos (T1)  $\frac{1}{2}$ dose: 1,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água, (T2) Dose: 3,0 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água, (T3) dose+ $\frac{1}{2}$ : 4,5 gramas VirControl<sup>®</sup>/20 litros água, (T4) Inseticida Chlorfluazuron (Atabron 50 EC) na dose de 50 ml/20 litro de água e (T5) Água (testemunha). Linha vermelha horizontal: representa a média de produtividade de soja brasileira. <sup>1</sup>Médias, para cada espaçamento, seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância. Safra 2018. Campo Alegre de Goiás, Goiás, Brasil.

## DISCUSSÃO

### ***Time de aplicação***

A maioria das lagartas de *Chrysodeixis includens* amostradas antes da aplicação dos tratamentos (ou seja, aos 70 dias após o plantio da soja) foram pequenas. As aplicações coincidiram com o estágio R1 (início da floração) da soja, como previamente reportado (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000, HAMADAIN; PITRE, 2002; SANTOS et al., 2017). No estágio R1, as folhas da soja apresentam menor teor de fibras o que é mais digestível para lagartas pequenas (KOGAN; COPE, 1974). Portanto, o *time* de aplicação do *Chrysodeixis includens nucleopolyhedrovirus* (ChinSNPV) utilizado no presente trabalho foi adequado, para ambos os espaçamentos utilizados, como tecnicamente recomendado (ALI; YOUNG; 1991). Lagartas pequenas da família Noctuidae são mais suscetíveis a nucleopolyhedrovirus (NPVs) pela menor quantidade de corpos de inclusões poliedrais necessária para infecções (MOSCARDI 1983; SANTHARAM; JAYARAJ, 1989). O agricultor que não utiliza amostragem de lagartas possui dificuldade em enxergar o *time* adequado de aplicação de NPVs, o que pode justificar certos casos de baixa de eficiência no campo (SILVA; MOSCARDI, 2002). O uso do pano de batida é uma forma eficiente e barata para quantificar importantes pragas-chave na soja, como lagartas desfolhadoras e percevejos, a partir dos estádios fenológicos R1 e R5, respectivamente (STÜRMER et al., 2014). Deve-se enfatizar que nosso *time* de aplicação (por volta dos 70 dias após o plantio) pode não ser necessariamente utilizado como parâmetro, mesmo para lavouras situadas no sudeste goiano. O ideal seria adotar o procedimento de amostragem de forma continuada para que cada agricultor identifique corretamente o exato momento do nível de controle, que é a base do MIP em soja (BUENO et al., 2011). Diversos fatores podem interferir na ocorrência temporal de *C. includens* no campo e, portanto, modificar o *time* de aplicação de produtos à base de NPVs. O clima e eventos climáticos como o El Niño (SANTOS et al., 2017), genótipo da soja utilizada (SCHLICK-SOUZA et al., 2017) e o próprio espaçamento entre linhas de plantio (HAMADAIN; PITRE, 2002) são alguns exemplos.

### **Número de lagartas amostradas**

Um maior número de lagartas foi encontrado na soja com espaçamento 0,5 m entre

linhas, comprovando a importância da distribuição espacial das plantas na preferência para oviposição. Stürmer et al. (2014) também observaram maior número de lagartas no espaçamento 0,4 m entre linhas de soja em comparação ao espaçamento 0,6 m. A deposição de ovos por mariposas de *C. includens* em plantas mais adensadas pode gerar maior chance de abrigo aos ovos e, com isso, às lagartas recém-emergidas contra inimigos naturais e/ou aplicações de inseticidas (HAMADAIN; PITRE, 2002).

O comportamento decrescente apresentado para a flutuação populacional das lagartas pequenas no espaçamento 0,5 m (incluindo o daquelas sob efeito da testemunha), ao longo do curto intervalo de tempo avaliado, representou de forma adequada a dinâmica populacional de *C. includens* sob condições de campo. Com o tempo, é esperado que as lagartas pequenas aumentem de tamanho. A duração de cada estágio larval de *C. includens* é muito curta, variando entre 1,2 a 2,3 dias (para cada um dos seis estágios da fase larval). Isso explica o rápido declínio populacional das lagartas pequenas nos intervalos de 3 a 12 daa. Portanto, métodos de controle que reduzam ao máximo a flutuação populacional de lagartas desfolhadoras nos primeiros momentos após a aplicação contribuem para menores populações de lagartas de maior tamanho ao longo do tempo. Os amostradores devem ter maior atenção nessa dinâmica populacional, pois o declínio pode causar a falsa impressão que a população de lagartas está reduzindo, mas na verdade as lagartas pequenas tornam-se rapidamente maiores nos casos de fracasso de controle. Essa condição é agravada em se tratando de *C. includens* que recorre a abrigos nas plantas de soja (permanecendo na face foliar abaxial), o que pode justificar falhas no controle. Nesses casos, ocorre rápido aumento dos prejuízos na soja pela relação diretamente proporcional entre o tamanho das lagartas e o aumento da área foliar consumida ao longo do tempo (ANDRADE et al., 2016).

Lagartas médias na dose recomendada do vírus tiveram discreto aumento populacional entre o 3º e o 6º daa e, logo após, reduziram em quantidade. Isso indica, provavelmente, um maior prazo para desenvolvimento da infecção viral na dose recomendada. A razão para isso é desconhecida, apesar de que pode ter sido consequência de uma relação dose-resposta também reportada em outros trabalhos (ZAMORA-AVILÉS et al., 2013). Todavia, nem sempre picos populacionais de lagartas expostas a NPVs podem necessariamente indicar falhas no controle. Pelo contrário, podem até contribuir para o aumento de infecções horizontais em campo. Lagartas de maior tamanho, previamente infectadas, podem servir como fontes virais para as lagartas pequenas. Como ocorre múltiplas oviposições do mesmo espécime ou de outras



mariposas de *C. includens* no campo, as lagartas menores possuem alta probabilidade de serem infectadas, pois essas são muito mais suscetíveis a infecções horizontais como demonstrado por Young e Yearian (1988). Esse tipo de resposta representa uma das grandes vantagens do uso dos NPVs no manejo de lagartas desfolhadoras, ou seja, sua capacidade de disseminar no ambiente através de auto-epizootias. Segundo Szewczyk et al. (2006), apenas uma aplicação de AgMNPV foi suficiente para controlar *Anticarsia gemmatalis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com redução de 20 a 30% do custo em comparação com inseticidas, onde pelo menos duas aplicações são necessárias. Dessa forma, para fins de comparação do efeito dos tratamentos utilizados à base de NPVs, o importante deve ser a observação da interferência na flutuação populacional das lagartas de tamanho médio e grande, ao longo do tempo, pelo maior risco de danos. Nesse caso, os tratamentos compreendidos pelas três dosagens de vírus foram equivalentes ao efeito do inseticida avaliado, com rápido declínio inicial das lagartas de tamanho pequeno. Em sistemas agrícolas de ciclo curto, como no caso da soja, onde a tolerância dos danos é menor, esse tipo de resposta induzida por produtos à base de NPVs é essencial (CARTER 1984) e comprova a alta virulência do ChinSNPV em populações de *C. includens*, em soja, de acordo com nossas condições experimentais.

### **Eficiência de controle**

A EC% de lagartas pequenas de falsa-medideira por ChinSNPV, no espaçamento de 0,5 m entre linhas de soja, teve tendência de aumento (apesar das oscilações) com o decorrer do tempo. Mesmo assim, nossos resultados de eficiência (52,88% na ½dose do ChinSNPV, 36,39% na dose recomendada T2 e 69,84% na dose+½ do ChinSNPV) foram menores ao final das avaliações (12 daa) em comparação a outros trabalhos. Aos 14 daa a eficiência de controle de *A. gemmatalis* exposta a NPVs aumentou de 71,3% para 92,2% com o aumento das doses de 10 para 40 LE (lagartas equivalentes), respectivamente (BEACH et al., 1984). No mesmo estudo, quando o período de avaliação prolongou até o 21º daa a eficiência também aumentou de 84,1% (dose de 10 LE) para 97,3% (dose de 40 LE). No nosso trabalho, a dose+½ do ChinSNPV também proporcionou a maior EC% para lagartas pequenas de *C. includens* aos 12 daa. Todavia, os resultados negativos para eficiência das doses de ChinSNPV, independente do espaçamento adotado, para lagartas médias e grandes apontam uma nítida relação infecciosa tamanho-dependente como apresentada na literatura (ALI; YOUNG, 1991) e, portanto, mediada pelo fator

espaçamento.

Nossos resultados de campo diferiram com aqueles oriundos de testes laboratoriais, onde a eficiência de controle por NPVs aumentou ao passo em que determinadas espécies de Noctuidae se tornaram maiores. E isso pode estar relacionado à própria metodologia utilizada para avaliar o efeito de vírus entomopatogênicos em organismos alvo. Lagartas pequenas de *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) expostas através de dietas artificiais contendo inóculos de NPVs apresentaram alta susceptibilidade com o aumento do seu tamanho, devido a sua maior mobilidade e capacidade alimentar, proporcionando a ingestão de maiores quantidades de vírus, em forma de corpos de inclusão poliedrais (VASCONCELOS et al., 2002). Nesse caso, o tipo de exposição contínua favoreceu a maior susceptibilidade das lagartas maiores. A exposição de NPVs através de dietas em ambientes confinados costuma ser mais letais do que aquelas onde ocorre pulverização foliar em ambientes abertos, como no campo (LIVINGSTON et al., 1980).

Outro componente para justificar as baixas eficiências das doses de NPVs observadas em lagartas de tamanho médio e grande pode ser a susceptibilidade intrínseca da própria população de *C. includens* proveniente do sudeste do estado de Goiás. Poucos estudos avaliaram até o presente momento a susceptibilidade de diferentes populações de lagartas da mesma espécie expostas por NPVs, bem como a própria variabilidade genética do baculovírus, o que pode resultar em discrepantes valores de virulência e, portanto, eficiência (BERNAL et al., 2013). Isso pode parcialmente justificar o fato de, apenas, lagartas menores terem apresentado maior mortalidade. Naquela espécie de noctuídeo (*M. brassicae*) as  $DL_{50}$  foram de  $5,4 \times 10^3$ ,  $5,9 \times 10^4$  e  $2,4 \times 10^5$  CIPs (corpos de inclusão poliedrais) para os 3º, 4º e 5º estádios larvais, respectivamente, expostos ao NPV demonstrando maior susceptibilidade intrínseca dessa população em lagartas de menor tamanho (EVANS et al., 1981). Muitos vírus silvestres têm sido prospectados em populações altamente suscetíveis de lagartas da família Noctuidae em diversas regiões do mundo, demonstrando altos e, ao mesmo tempo, diferentes níveis de patogenicidade para uma mesma espécie de forma comparativa (CORY; MYERS, 2003). Isso, mais uma vez, pode justificar que a susceptibilidade de lagartas Noctuidae varia em função da variabilidade genética de uma dada população.

Comparações realizadas entre a eficiência de NPVs com inseticidas não costumam considerar os efeitos positivos em médio e longo prazo desses vírus no sistema agrícola em questão. Muitas vezes, isso ocorre pelo reconhecido efeito agudo dos

inseticidas proporcionando maiores mortalidades de insetos a curto prazo. Por outro lado, sabe-se que o efeito na mortalidade de populações de insetos pode ser mais lento quando o controle microbiológico é utilizado. Portanto, a falta de eficiência dos NPVs para lagartas médias e grandes de *C. includens* não deve ser interpretada, necessariamente, como ausência total de aplicabilidade dessa biotecnologia em lavouras de soja. A relação infecciosa entre determinado vírus e seu hospedeiro deve ser interpretada, em busca de vantagens, sob um ponto de vista mais holístico para que considerações assertivas sobre seus benefícios possam ser validadas. Apesar da literatura claramente apontar uma relação tamanho-dependente para infecções (indicando, inclusive, o *time* de aplicação adequado com foco em lagartas menores), a população de lagartas que permanecem se desenvolvendo (e, portanto, aumentando de tamanho) no ambiente, sejam elas infectadas ou não, também possui grande importância na dinâmica infecciosa viral em condições de campo. Espécies de NPVs com potencial de infectar lagartas maiores tendem a contribuir para epizootias mais persistentes nas populações de hospedeiros, pelo fato da capacidade em multiplicar maior quantidade de vírus a ser disseminado por massa corpórea (MOSCARDI et al., 1997). Além disso, o solo possui importância como reservatório de NPVs aplicados com persistência de até 5 anos (MOHAMED et al., 1982). Amostras de solo previamente submetidas a pulverizações com NPVs, após 6 meses, causaram mortalidade de 29% em *A. gemmatalis* (BEACH et al., 1984). Isso claramente indica que as aplicações virais que não necessariamente atinjam seu alvo biológico devem ser consideradas como potencialmente capazes de causar determinados efeitos letais às populações de lagartas *a posteriori*. Além disso, lagartas maiores infectadas por NPVs possuem maior capacidade de transmitir esse entomopatógeno às próximas gerações (como adultos e seus ovos) do que lagartas menores. Lagartas de 5º estágio de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) infectadas por NPV geraram uma população de adultos contaminados que ovipositaram 20% menos ovos devido à transmissão transovariana (SANTHARAM; JAYARAJ, 1989). Por outro lado, a maior virulência para lagartas pequenas garante um maior número de cadáveres em estágios potencialmente capazes de promover prejuízos econômicos na lavoura de soja o que, aos olhos do produtor, reflete em um controle mais eficiente e satisfatório.

A interação significativa do fator tamanho das lagartas com os dois espaçamentos avaliados para a eficiência de controle, comprova a importância do ambiente como fator chave na dinâmica de infecção do ChinSNPV para *Chrysodeixis includens*, em soja. O esforço dos produtores de soja em buscar mudanças no espaçamento, mantendo menores

densidade no campo, está principalmente relacionado com a tentativa de reduzir infecções por doenças fúngicas. O aumento de doenças com a redução do espaçamento entre linhas em soja foi verificado, devido à ocorrência de maior umidade no interior do dossel (COSTA et al., 2002). Essa estratégia, aparentemente, também favoreceu a menor ocorrência de lagartas. A preferência das mariposas adultas em ovipositar em plantas mais adensadas pode representar vantagens ecológicas, como já discutido. Todavia, em determinados locais com altas pressões exercidas por *C. includens* na soja (SANTOS et al., 2017), menores densidades de plantas podem prejudicar diretamente a eficiência do baculovírus, pelas razões apresentadas a seguir.

Plantas de soja mais espaçadas nas linhas de plantio permitem, de forma natural, uma maior circulação de ar, maior incidência de radiação UV e temperaturas mais elevadas pela falta de cobertura do solo pelo dossel vegetal. Todos esses fatores contribuem para a alteração ou destruição dos ácidos nucleicos, comprometendo a persistência virótica para menos de 48 horas como avaliado na superfície foliar em algodão, tomate e, inclusive, soja sob condições de campo (YOUNG; YEARIAN, 1974; MOSCARDI, 1986). Esse microclima, favorecido pelo adensamento entre plantas no espaçamento 0,5 m, pode ter sido fundamental para o estabelecimento e proliferação do ChinSNPV. Nessa perspectiva, o inseticida Chlorfluazuron deveria, portanto, ser aquele capaz de reduzir de forma mais marcante a população das lagartas em campo na soja (independente dos espaçamentos avaliados) mas não foi. Inseticidas reguladores de crescimento (IRCs), como o Chlorfluazuron, apresentam boas persistência ambiental e eficiência contra fases imaturas de insetos (EGER et al., 2014). Não encontramos evidências para justificar a baixa eficiência desse IRC. Todavia, isso pode ter ocorrido devido ao menor número de lagartas naturalmente amostradas no espaçamento 0,7 m entre linhas. Além disso, o espaçamento de 0,7 m pode ter estimulado as defesas das lagartas, provocando certa seletividade comportamental ao inseticida avaliado. O Chlorfluazuron age por ingestão e contato, por isso, as pulverizações podem não ter sido eficientes em atingir o alvo biológico, devido ao seu baixo potencial residual. O fato de reguladores de crescimento não possuírem ação translaminar na folha, atingindo aquelas lagartas presentes na face abaxial das folhas também pode ter influenciado nos menores índices de eficiência nesse tratamento. No espaçamento 0,7 m, as lagartas de *C. includens* podem ter se tornado mais visíveis à inimigos naturais resultando na maior busca por abrigos. Além disso, deve considerar que esse inseto possui respostas comportamentais (ligadas à sua distribuição espacial) muito eficientes contra fontes de estresse biótico ou

xenobióticos, sob condições de campo (HAMADAIN; PITRE, 2002). De toda forma, nossos resultados apontam que o espaçamento entre linhas nas plantas de soja deve ser considerado como uma importante ferramenta de manejo de populações de *C. includens* em campo, nos casos com relativa baixa pressão de ocorrência, como demonstrado no espaçamento 0,7 m entre linhas.

### **Análise de sobrevivência**

Os valores de mortalidade (aos 12 daa) de 82%, 74% e 72% nos três tratamentos mais letais, como a dose  $+1/2$  do ChinSNPV, Chlorfluazuron e  $1/2$  dose do ChinSNPV, respectivamente, para lagartas pequenas amostrada na soja sob espaçamento 0,5 m, oscilaram entre acima e abaixo daqueles resultados envolvendo o uso de NPVs para *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens*, bem como outras espécies da família Noctuidae. O tipo de multiplicação dos NPVs também interfere nos índices de mortalidade desses organismos alvo (SILVA; MOSCARDI, 2002). O *Baculovirus anticarsia* aplicado por maceração e coagem de lagartas equivalentes (LE) originou mortalidade de 98% para *A. gemmatalis* em plantios de soja com valores semelhantes aos do inseticida Triclorfom na dose de 400g i.a./ha (SILVA, 1992). Maiores doses do baculovírus SfNPV (VALICENTE; CRUZ, 1991) também proporcionaram menor sobrevivência para lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho (CRUZ et al., 1997) em comparação com a dose recomendada. O estágio de desenvolvimento das lagartas no momento da exposição também interfere nos valores de mortalidade relatados. Exposições por NPVs em *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* resultaram em maior mortalidade com o aumento da dose (PIB  $\text{mm}^{-2}$ ), mas foram inferiores a 50% quando lagartas de 4º, 5º ou 6º estágio alimentaram-se de dietas artificiais emergidas em soluções contendo as diferentes doses de vírus (YOUNG; YEARIAN, 1982). Diferenças na  $DL_{50}$  entre o 9º e 19º daa via exposição por ingestão de dietas artificiais pulverizadas com SfMNPV também indicaram a menor susceptibilidade de lagartas maiores de *S. frugiperda* (ZAMORA-AVILÉS et al., 2013). Extratos brutos de baculovírus (lagartas equivalentes) possuem componentes de proteção natural contra a radiação UV e são capazes de aderir de forma satisfatória às superfícies vegetais. Isso devido ao conteúdo da hemolinfa das lagartas que contém proteínas e outras substâncias que agem favorecendo a persistência e aderência das partículas virais (SILVA; MOSCARDI, 2002) e, conseqüentemente, sua virulência.

A mortalidade das lagartas submetidas ao tratamento controle foi de 42% e 28% nos espaçamentos de 0,5 m e 0,7 m, respectivamente, ao final do período de 12 daa. A migração de lagartas para áreas dentro das parcelas experimentais ou atuação de algum fator de mortalidade biótica pode ter influenciado esse resultado. Lavouras de soja são reconhecidas pela sua capacidade de suportar populações de inimigos naturais, mas sua ocorrência foi numericamente insignificante nas amostragens por pano de batida. Além disso, parasitoides não foram observados em amostras coletadas de lagartas vivas de diferentes tamanhos e mantidas em laboratório. Ao contrário dos nossos resultados, diversos estudos relatam parasitoides como importantes agentes de mortalidade natural de Noctuidae em plantios de soja, inclusive potencializando o controle exercido pelo vírus. Ambos parasitoides e predadores são capazes de disseminar partículas virais após o contato com lagartas previamente infectadas por oviposição ou contato pelas mandíbulas (ou estiletos) na predação, respectivamente (CARTER, 1984; JIANG et al., 2011). Provavelmente, o fato de o maior número de lagartas no início dos testes terem sido de tamanho pequeno pode não ter propiciado um índice de parasitismo adequado. Lagartas maiores de *C. includens* dão maior suporte às populações de inimigos naturais, devido à maior massa e, portanto, maior quantidade disponível de alimento por indivíduo (PEREIRA et al., 2018). O histórico da área utilizada para os ensaios experimentais, com uso de inseticidas sintéticos em safras consecutivas, também pode ter influenciado nas menores quantidades de organismos não-alvo amostradas.

### **Nível de desfolha**

As médias do percentual de desfolha na soja apresentados no presente trabalho não ultrapassaram 14%, situando-o próximo ao nível máximo tolerável de desfolha para *C. includens* no estágio reprodutivo da soja, que é de 15% (BORTOLOTTO et al., 2015). A população de lagartas médias e grandes (que possuem grande potencial de desfolha) reduziu drasticamente com o tempo, principalmente no espaçamento 0,5 m. No caso das populações sob o espaçamento 0,7 m entre linhas, a quantidade de lagartas foi bem inferior, independente do seu tamanho. Isso pode ter contribuído para os baixos percentuais de desfolha observados. A desfolha foi maior no terço superior das plantas do que no médio e inferior. Esse comportamento contrapõe aos estudos que relatam o fato de *C. includens* preferirem o terço inferior, em plantas de soja, para oviposição, alimentação, bem como abrigo (HAMADAIN; PITRE, 2002). Além disso, as folhas do

terço superior tendem a receber maior incidência luminosa, principalmente no comprimento de onda UV-B, o que estimula a síntese de compostos secundários como os taninos, que promovem menor palatabilidade aos tecidos vegetais (WAR et al., 2012). Por outro lado, infecções viróticas causadas por baculovírus em lagartas desfolhadoras tem sido associada com alterações comportamentais (*tree-top disease*), como a subida no terço superior das plantas para sucumbirem nas folhas mais altas e, dessa forma, facilitarem a dispersão virótica (TAKAHASHI et al., 2015; VAN HOUTE et al., 2018). Não coletamos evidências científicas suficientes para a comprovação desse fato, mas a preferência de desfolha no terço superior das folhas de soja, apesar das condições desfavoráveis acima reportadas para isso, podem ser evidências a serem convenientemente avaliadas em próximos trabalhos.

## **Produtividade**

Os valores de produtividade da soja estimados no presente trabalho foram superiores à média brasileira de cerca de 47,83 sacas ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). Isso pode ter ocorrido devido ao potencial genético da cultivar utilizada (Syngenta 1163 RR<sup>®</sup>) demonstrando ótima adaptabilidade às condições edafo-climáticas apresentadas na safra 2018, para o município de Campo Alegre de Goiás. O manejo de irrigação adotado também pode ter contribuído com os altos índices produtivos pelo fato da mesma cultivar, sob condições de sequeiro, ter apresentado desempenho bem inferior ao observado no presente trabalho (CORREA et al., 2017). O espaçamento de 0,5 m entre linhas originou maiores valores de produtividade em comparação ao 0,7 m. O aumento do espaçamento da soja (entre linhas de plantio) de 20 cm para 40 cm (RAMBO et al., 2003), de 22,5 cm para 67,5 cm (KNEBEL et al., 2006) e de 45 cm para 60 cm (TOURINO et al., 2002) também significou menores produtividades devido à melhor distribuição espacial das plantas. Menores espaçamentos entre plantas de soja permitem que as plantas fechem os espaços entre linhas de forma precoce atingindo de forma mais rápida 95% da radiação incidente. A maior interceptação da radiação solar durante o período vegetativo resulta em maior capacidade em desenvolver seu aparato fotossintético, gerando, dessa forma, maiores produtividades (PIRES et al., 1998).

A dose+½ do ChinSNPV foi aquela que originou maior produtividade em comparação aos demais tratamentos, apenas, no espaçamento 0,5 m entre linhas. Doses de NPVs não são comumente reportadas como influenciadoras no aumento de

produtividade em plantas de soja. Na verdade, essa ferramenta de proteção de plantas possui maior capacidade em anular determinado agente biótico (como lagartas desfolhadoras) com potencial em interferir negativamente em algum componente de produção da planta. Todavia, a complexidade das relações ecológicas existentes em um sistema interativo composto por planta-herbívoro-NPV ainda não são convenientemente bem exploradas e, portanto, esclarecidas. Em um interessante estudo tendo como modelo o sistema soja-*Spodoptera*-NPV, Wan et al. (2017) demonstraram que plantas de soja não infestadas por *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) liberaram 7 compostos voláteis, enquanto que aquelas plantas infestadas por lagartas infectadas por NPV liberaram 15 compostos voláteis. Compostos voláteis tem sido demonstrado como importantes influenciadores no desenvolvimento vegetal, como aqueles induzidos por fungos e bactérias em *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) (KANCHISWAMY et al., 2015). De qualquer forma, estudos com outro foco devem medir esforços para aprofundar o entendimento e suas consequências dessa interação tritrófica envolvendo herbívoros, plantas de importância agrícola e NPVs.

A mudança no arranjo espacial das plantas de soja avaliada gerou um impacto na população de *C. includens*, bem como na performance do vírus ChinSNPV sob condições de campo. Apesar do forte apelo em reduzir a pressão por doenças nas plantas de soja, a produtividade não acompanhou as perspectivas para o aumento do espaço entre linhas de plantio. Portanto, nossos resultados devem ser extrapolados e recomendados com cautela, no sentido de respeitar o histórico de incidências de insetos e doenças para cada propriedade agrícola. O espaçamento de 0,5 m aparenta ser mais apropriado para aquelas regiões com baixas pressões de lagartas e geraram maiores produtividades. Apesar da maior incidência de *C. includens*, métodos de controle (incluindo os virais) podem ser mais responsivos, no espaçamento 0,5 m. Para ambos os espaçamentos, o time de aplicação deve ser preconizado, através de amostragens prévias ao estágio R1 da soja. A ½dose do ChinSNPV demonstrou eficiência superior (e comportamento mais estável ao longo do tempo) do que as outras dosagens virais, bem como ao inseticida avaliado, provando a alta virulência desse isolado no controle da lagarta-falsa-medideira. Todavia, o espaçamento 0,7 m foi aquele menos preferido para colonização por *C. includens*, o que pode ser uma importante forma de controle cultural, representando mais uma estratégia para inibir a presença de *C. includens* nas lavouras de soja. Todavia, métodos de controle podem ser ineficientes caso as populações desse noctuídeo ultrapassem níveis toleráveis de controle, no arranjo menos adensado da soja.



## CONCLUSÕES

1. O time de aplicação dos tratamentos para controle de *Chrysodeixis includens* ocorreu aos 70 dias após o plantio da soja, coincidindo com o estágio R1 (início da floração);
2. Um maior número de lagartas foi encontrado na soja com espaçamento 0,5 m entre linhas;
3. A EC% de lagartas pequenas de falsa-medideira pelo ChinSNPV, no espaçamento de 0,5 m entre linhas de soja, apresentou tendência de aumento (apesar das oscilações) com o decorrer do tempo;
4. Uma baixa EC% das doses de ChinSNPV, bem como do inseticida, independente dos espaçamentos adotados, foi observada em lagartas de tamanho médio e grande;
5. A interação significativa do fator tamanho das lagartas com os dois espaçamentos, comprova a importância do ambiente como fator chave na dinâmica de infecção do vírus ChinSNPV para *Chrysodeixis includens*, em soja;
6. As médias do percentual de desfolha na soja apresentados no presente trabalho não ultrapassaram 14%, situando-o próximo ao nível máximo tolerável de desfolha para *C. includens* no estágio reprodutivo da soja (que é de 15%);
7. Os valores de produtividade da soja estimados no presente trabalho foram superiores à média brasileira. O espaçamento de 0,5 m entre linhas originou maiores valores de produtividade em comparação ao 0,7 m. A dose+½ do ChinSNPV foi aquela que originou maior produtividade em comparação aos demais tratamentos, apenas, no espaçamento 0,5 m entre linhas;
8. A mudança no arranjo espacial das plantas de soja avaliada no presente estudo gerou impacto na população de *C. includens*, bem como na performance do vírus ChinSNPV sob condições de campo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq e ao IF Goiano (Campus Urutaí) pela concessão de apoio financeiro em forma de bolsas de estudo. A equipe de alunos do curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano (Campus Urutaí) que auxiliaram na execução das atividades de campo e laboratório. 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 Simbiose<sup>®</sup> Agrotecnologia Biológica pelo apoio na concessão do produto avaliado. Ao Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, pelo suporte ao desenvolvimento desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, A.; YONG, S. Y. Influence of Larval Age and Temperature on Effectiveness of a Nuclear Polyhedrosis Virus in the Soybean Looper, *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on Soybean. **Control biological**, v. 1, p. 334-338, 1991.
- ANDRADE, K. et al. Bioecological characteristics of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different hosts. **Austral Entomology**, v. 55, p. 449-454, 2016.
- Beach R.C. An Introduction to Curves and Surfaces of Computer-Aided Design. Van Nostrand Reinhold. iv. 1991.
- BEACH, R. M.; et al. Field Efficacy and Persistence of a Nuclear Polyhedrosis Virus of the Velvetbean Caterpillar in Soybean. **Journal of Agricultural Entomology**. v. 1 (3); p. 296-304, 1984.
- BERNAL, A.; SIMÓN, O.; et al. *Chrysodeixis chalcites* Single-Nucleocapsid Nucleopolyhedrovirus Population from the Canary Islands Is Genotypically Structured to Maximize Survival. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 24, p. 7709-7718, 2013.
- BORTOLOTTO, O. C.; et al. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**. v. 1, n. 1, p. 25 - 32, 2015.
- BUENO, A. F.; et al. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, p. 937–945, 2011.
- CARTER, J. B. Viruses as Pest-Control Agents. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**. v. 1, n. 13, p. 375 – 419, 1984.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A produtividade da soja: análise e perspectivas. Brasília: CONAB, 2017. 35p.
- CORREA, F. de S.; et al. Produtividade De Cultivares De Soja em Sequeiro no Município De Perdizes, MG. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - GO, v. 14, n. 25. p. 1064, 2017.
- CORRY, J.S. e MYERS, J.H. The Ecology and Evolution of Insect Baculoviruses. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic**. n. 34, p. 239–272. 2003.
- COSTA, J.A. et al. Redução no espaçamento entre linhas e potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto.**, Passo Fundo, Edição Março/Abril, p. 22-28, 2002.
- CRUZ, I.; et al. Application Rate Trials with a Nuclear Polyhedrosis Virus to Control *Spodoptera frugiperda* (Smith) on Maize. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. Embrapa Sete Lagoas, MG. v. 6(1), p. 145-152. 1997.
- EGER J. E. Jr; et al. Durability of a novel durable bait for control of subterranean termites

(Isoptera: Rhinotermitidae): results of five-year field aging studies. **Journal of Economic Entomology**, v.107, p. 1201– 1205. 2014.

EVANS, H.F., et al. Growth of nuclear polyhedrosis virus in larvae of the cabbage moth, *Mamestra brassicae* L. **Archives of Virology**. n. 70, p. 207-214. 1981.

FENG, C.; et al. Log-transformation and its implications for data Analysis. **Shanghai Archives of Psychiatry**, v. 26, n. 2, 2014.

HAMADAIN, E.I.; PITRE, H.N. Oviposition and Larval Behavior of Soybean Looper, *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae), on Soybean with Different Row Spacings and Plant Growth Stage. **Department of Entomology and Plant Pathology**, v. 19, n. 1, 2002.

HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Test with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**. v. 43(2), p. 157-161. 1995.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; et al. Pragas da Soja no Brasil e seu Manejo Integrado. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, (Embrapa-soja, Circular Técnica 30). 2000. 63p.

JIANG J., et al. Combined effect of nucleopolyhedrovirus and *Microplitis pallidipes* for the control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. **Pest Management Science**. v. 67, p. 705-713. 2011.

KANCHISWAMY, C.; et al. Bioprospecting bacterial and fungal volatiles for sustainable agriculture. **Trends Plant Science**. v. 20, p. 206-211. 2015.

KENEBEL, J.L.; et al. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. **Acta Science Agronomia**. v. 28, n. 3, p. 385-392. 2006.

KOGAN, M.; COPE, D. 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**, v. 67, n. 1, p. 66-72, 1974.

LIVINGSTON, J. M.; et al. Laboratory and field evaluation of a nuclear polyhedrosis virus of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. **Journal of Georgia Entomological Society**, v. 15, n. 2, p. 194-199. 1980.

MOHAMED, M. A.; et al. Persistence in soil and on foliage of nucleopolyhedrosis virus of the European pine sawfly, *Neodiprion sertifer* (Hymenoptera: Diprionidae). **Environmental Entomology**. v. 11, p.1116–1118. 1982.

MOSCARDI, F. Utilização de Baculovírus anticarsia no controle de lagarta da soja, *Anticarsia gemmatilis*. Londrina, PR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Soja, (Embrapa-soja, Comunicado Técnico 23). 1983. 21p.

MOSCARDI, F. 1986. Utilização de vírus para controle da lagarta-da-soja. p. 188-202.

In S. B. ALVES. Cood. Controle microbiano de insetos. Manole. São Paulo. 407p.

MOSCARDI, F.; et al. Production of Nuclear Polyhedrosis Virus of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae): Effect of Vírus Dosage, Host Density and Age. **Annals of the Entomological Society of Brazil**. 26(1), p. 121-132. 1997.

PEREIRA, R. R.; et al. Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. **Bulletin of Entomological Research**, p. 1-12. 2018.

PIRES, J. L. F. et al. Rendimento de Grãos de Soja Influenciado pelo Arranjo de Plantas e Níveis de Adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n. 2, p. 183-188, 1998.

PRITCHETT, D. W.; et al. Proteolytic activity in the digestive fluid of larvae of *Trichoplusia ni*. **Insect Biochemistry**, v. 11, p. 523-526. 1981.

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

REED, G. F.; et al. Use of Coefficient of Variation in Assessing Variability of Quantitative Assys. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**. v. 9. n. 6, p. 1235-1239, 2002.

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

SANTHARAM, G.; JAYARAJ, S. Studies on the Transmission of Nuclear Polyhedrosis Virus of *Spodoptera litura* (Fabricius) to its Progenies. **Journal of Biological Control**, v. 3 (1), p. 40 – 43. 1989.

SANTOS, S. R. dos.; et al. Interseasonal variation of *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) populations in the Brazilian Savanna. **Brazilian Journal of Entomology**, 61, n. 4, p. 294-299. 2017.

SCHILICK-SOUZA, E. C.; BALDIN, E. L. L.; et al. Antixenosis to *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) among soybean genotypes. **Plant Protection**, v. 77, n. 1, p. 124-133. 2017.

SILVA, M.T.B.; MOSCARDI, F. 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 Nozzl. **Neotropical Entomology** v. 31(1), p. 075-083. 2002.

SILVA, M. T. B. Controle da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 – Lepdoptera: Noctuidade). II. Baculovirus anticarsia, **Ciência Rural**, v. 22(3), p. 261-265.1992.

STÜRMER, G. R.; et al. Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1177-1186. 2014.

SZEWCZYK, B.; et al. Baculoviruses-re-emerging biopesticides. **Biotechnology Advances** v. 24, p. 143-160. 2006.

TAKAHASHI, M.; et al. Field Efficacy and Transmission of Fast- and Slow-Killing Nucleopolyhedroviruses that Are Infectious to *Adoxophyes honmai* (Lepidoptera: Tortricidae). **Viruses** v. 7, p. 1271-1283. 2015.

TOURINO, M. C. C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

VALICENTE, F.H.; CRUZ, I. Controle biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda*, com baculovirus. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas (Embrapa Milho e sorgo, Comunicado Técnico 15). 1991. 23p.

VAN HOUTE, S.; et al. Baculovirus infection triggers a positive phototactic response in caterpillars to induce 'tree-top' disease. **Biologic letters**. v. 10. p. 1-4. 2018.

VASCONCELOS, S.D.; et al. Host Stage Structure and Baculovirus Transmission in *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae: a Laboratory Examination of Small Scale Epizootics. **Neotropical Entomology**, v. 31(3), p. 391-396. 2002.

WAN, N. F. et al. Nucleopolyhedrovirus infection enhances plant defences by increasing plant volatile diversity. **Biocontrol Science and Technology**. v. 27, p. 2-16. 2017.

WAR, A.R.; et al. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, v.7, p.1306-1320, 2012.

YOUNG, S.Y.; YEARIAN, W. C. Secondary Transmission of Nuclear Polyhedrosis Virus by *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis* Larvae on Semisynthetic Diet. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 51, p. 133-138. 1988.

YOUNG, S.Y. e YEARIAN, W.C. Persistence of *Heliothis* NPV on Foliage of Cotton, Soybean, and Tomato. **Environmental Entomology**, v. 3, n. 2. P. 253-255. 1974.

YOUNG, S.Y.; YEARIAN, W.C. Nuclear Polyhedrosis Virus Infection of *Pseudoplusia includens* [Lep.: Noctuidae] Larvae: Effect on Post Larval Stages and Transmission. **Entomophaga**, v. 27 (1), p. 61-66. 1982.

ZAMORA-AVILÉS, N.; et al. Effects of a nucleopolyhedrovirus in mixtures with azadirachtin on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and viral occlusion body production. **Biocontrol Science and Technology**, v. 23, n. 5, p. 521-534. 2013.