

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO CONCENTRADO
EMULSIONÁVEL DE INDOXACARBE NO CONTROLE DE
Helicoverpa armigera (HÜBNER) E *Chrysodeixis includens*
(WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM SOJA

Marina Gomes da Silva
Engenheira Agrônoma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO CONCENTRADO
EMULSIONÁVEL DE INDOXACARBE NO CONTROLE DE
Helicoverpa armigera (HÜBNER) E *Chrysodeixis includens*
(WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM SOJA**

Marina Gomes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola)

2016

Silva, Marina Gomes da
S586a Avaliação da formulação concentrado emulsionável de indoxacarbe
no controle de *Helicoverpa armigera* (Hübner) e *Chrysodeixis*
inclusens (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja / Marina Gomes
da Silva. -- Jaboticabal, 2016
xi, 56 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Odair Aparecido Fernandes
Banca examinadora: Pedro Takao Yamamoto, Daniel Junior de
Andrade
Bibliografia

1. Curva dose-resposta. 2. Inseticidas. 3. Lepidópteros-praga da
soja. 4. Manejo integrado de pragas. 5. Movimento translaminar. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.78:633.34

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO CONCENTRADO EMULSIONÁVEL DE INDOXACARBE NO CONTROLE DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) E *Chrysodeixis includens* (WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM SOJA

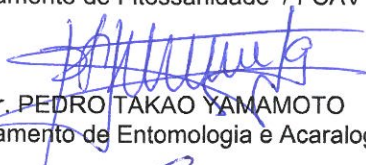
AUTORA: MARINA GOMES DA SILVA

ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. PEDRO TAKAO YAMAMOTO
Departamento de Entomologia e Acarologia / USP - Piracicaba/SP



Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de julho de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Marina Gomes da Silva, filha de Eduarda Fantoni da Silva e Marcio Gomes da Silva, nascida em 05 de novembro de 1987, natural da cidade de Tatuí, estado de São Paulo. É graduada em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus de Araras em 2013. Durante a graduação, em 2008, foi monitora da disciplina “Tópicos em Cálculo I”. No período de 2009 a 2010 estagiou na área de fitopatologia no Laboratório de Genética Molecular (LAGEM) onde conduziu estudos com os fungos *Thielaviopsis paradoxa* e *Rhizoctonia solani*. Em 2010 a 2011 estagiou na área de nutrição mineral de plantas onde foi bolsista de iniciação científica pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Seu projeto de pesquisa, também utilizado como Trabalho de Conclusão de Curso foi intitulado: “Nutrição mineral nas fases de semeadura e individualização de *seedlings* do melhoramento genético de cana-de-açúcar”. Em 2012, no último ano de graduação, estagiou na Estação Experimental do Departamento de Proteção de Plantas da DuPont do Brasil S.A localizado na cidade de Paulínia, estado de São Paulo. Neste período, participou de trabalhos de pesquisas nas áreas de Entomologia, Matologia, Fitopatologia e Nematologia. Atualmente, é pesquisadora na área de nematologia do Departamento de Proteção de Plantas da DuPont do Brasil S.A.

“Eu tentei 99 vezes e falhei. Mas na centésima tentativa eu consegui. Nunca desista de seus objetivos, mesmo que eles pareçam impossíveis. A próxima tentativa pode ser a vitoriosa. ” (Albert Einstein)

DEDICO.

**Aos meus pais Eduarda Fantoni da Silva e
Marcio Gomes da Silva.**

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre estar sempre presente em minha vida e me mostrar que tudo vale a pena quando nos dedicamos ao que fazemos e realizamos tudo com amor.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (FCAV) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Jaboticabal.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) pela oportunidade de obtenção do título de mestre.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da UNESP, campus de Jaboticabal, pelo grande aprendizado obtido durante as disciplinas cursadas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes pela confiança e credibilidade depositada em minha capacidade de trabalhar e força de vontade em aprender. Juntos, nós conseguimos superar diversos desafios durante a minha trajetória na pós-graduação.

À DuPont do Brasil S.A pela oportunidade, confiança e todo suporte necessário para meu desenvolvimento profissional e realização deste projeto.

À Dra. Rosana Serikawa, pela confiança e incentivo para que eu continuasse meus estudos e também por toda a orientação necessária para meu aprendizado e para a realização deste projeto.

Ao Dr. Fabio Silva pela confiança, oportunidade e por todo o suporte técnico necessário para a realização deste projeto.

Aos meus pais Eduarda Fantoni e Marcio Gomes por todo apoio, suporte e incentivo para eu buscar o meu melhor sempre.

Ao meu namorado João Paulo Oliveira pelo companheirismo, paciência e incentivo durante todo o período da pós-graduação.

Ao meu irmão e toda a minha família pela torcida e orações realizadas para que eu continuasse a buscar meus objetivos.

Aos (às) estagiários (as), funcionários (as) e amigos (as) da DuPont do Brasil S.A. pela contribuição para a realização deste trabalho.

Aos amigos da UNESP de Jaboticabal pela amizade e companheirismo em momentos importantes: Mariana Antunes, Kerly Cristina, Marilene Costa, Tarciso

Bortolin, Mariana Rodrigues, Rivanildo Junior Ferreira, Valmir Ribeiro da Silva, André Maurício Muscari, Luís Fernando Veloso, Éllen Carbognin, Anne Elise Cesarin, Ricardo Decaro, Livia Barreto e a todos os meus colegas de disciplinas. Foram momentos inesquecíveis.

À minha psicóloga Ariela Santana pelas orientações necessárias para que eu continuasse minha caminhada.

Aos taxistas Sr. Wilson Del Vecchio e Sr. Caetano de Albuquerque pela segurança nas inúmeras viagens necessárias para que eu continuasse meus estudos em Jaboticabal.

A todas as pessoas que indiretamente ou diretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
Resumo.....	VX
Abstract.....	xvi
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. A CULTURA DA SOJA	3
2.2. PRINCIPAIS PRAGAS NA CULTURA DA SOJA.....	4
2.2.1. <i>Helicoverpa armigera</i> (Lepidoptera: Noctuidae).....	5
2.2.2. <i>Chrysodeixis includens</i> (Lepidoptera: Noctuidae).....	8
2.3. TÁTICAS UTILIZADAS PARA O CONTROLE DE LAGARTAS NA SOJA.....	12
2.4. INDOXACARBE.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. EFEITO RESIDUAL DO INDOXACARBE (FORMULAÇÕES EC E SC) NA CULTURA DA SOJA.....	16
3.1.1. INSTALAÇÃO DA CULTURA NO CAMPO.....	16
3.1.2. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	16
3.1.3. COLETA DE FOLÍOLOS TRATADOS.....	17
3.1.4. INFESTAÇÃO COM LAGARTAS DE <i>H.armigera</i> E <i>C. includens</i>	18
3.1.5. AVALIAÇÃO	18
3.2. DETERMINAÇÃO DA CURVA DOSE - RESPOSTA DO INSETICIDA INDOXACARBE (FORMULAÇÕES EC E SC)	20
3.2.1. PREPARAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA PARA COLETA DE FOLÍOLOS.....	20
3.2.2. TRATAMENTO DOS FOLÍOLOS EM LABORATÓRIO.....	20
3.2.3. INFESTAÇÃO COM LAGARTAS DE <i>H. armigera</i> E <i>C. includens</i>	21
3.2.4. AVALIAÇÃO.....	21
3.3. ESTUDO DA AÇÃO TRANSLAMINAR DO INDOXACARBE (FORMULAÇÃO EC E SC).....	21
3.3.1. PROTEÇÃO DAS PLANTAS.....	21

3.3.2. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	22
3.3.3. INFESTAÇÃO UTILIZANDO 'CLIP CAGES'	23
3.3.4. AVALIAÇÃO.....	24
4. ANÁLISE DE DADOS.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1. EFEITO RESIDUAL DAS FORMULAÇÕES DE INDOXACARBE.....	26
5.1.1. <i>Helicoverpa armigera</i>	26
5.1.2. <i>Chrysodeixis includens</i>	30
5.2. Curva dose-resposta para as espécies <i>Helicoverpa armigera</i> e <i>Chrysodeixis includens</i>	36
5.2.1. <i>Helicoverpa armigera</i>	36
5.2.2. <i>Chrysodeixis includens</i>	37
5.3. AÇÃO TRANSLAMINAR DO INDOXACARBE.....	39
6. CONCLUSÕES.....	42
7. REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE I	56

AVALIAÇÃO DA FORMULAÇÃO CONCENTRADO EMULSIONÁVEL DE INDOXACARBE NO CONTROLE DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) E *Chrysodeixis includens* (WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM SOJA

RESUMO – Atualmente, insetos praga estão impactando a produção de soja e táticas de controle não estão sendo eficientes, por causa do uso inadequado no campo. Assim opções para manejo de pragas precisam ser desenvolvidas, tais como novos compostos químicos. Devido a disponibilidade de formulação recentemente desenvolvida (concentrado emulsionável – EC) de indoxacarbe, os objetivos com este estudo foram avaliar a eficiência desta formulação no controle de *Helicoverpa armigera* (Hübner) e *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja. Um experimento a campo foi conduzido usando duas formulações (EC e solução concentrada – SC) de indoxacarbe (30 e 60 g i.a. ha⁻¹) e testemunha. Após a pulverização, folíolos foram coletados das regiões mediana e superior das plantas em diferentes períodos. Os folíolos foram infestados com lagartas de 3º. instar de *H. armigera* e *C. includens*. As duas formulações do indoxacarbe foram eficientes no controle de ambas as pragas, independente da região da planta. As maiores dosagens causaram mortalidade > 80% em *H. armigera* somente 1h após a aplicação e em *C. includens* até 3 dias. No experimento de laboratório, folíolos recém-coletados de soja cultivada em casa-de-vegetação e imersos em soluções com concentrações crescentes das duas formulações de indoxacarbe para construção das curvas dose-resposta. Após secagem, os folíolos foram infestados com lagartas de 3º. instar de *H. armigera* e *C. includens*. As curvas dose-resposta foram similares para ambas as formulações. Para a espécie *H. armigera*, as formulações EC e SC de indoxacarbe apresentaram CL₅₀ de 0,113 e 0,111 µg i.a. mL⁻¹, enquanto que para a espécie *C. includens*, elas apresentaram CL₅₀ de 0,065 e 0,127 µg i.a. mL⁻¹, respectivamente. Para avaliar movimento translaminar de indoxacarbe, folíolos de soja foram tratados com as duas formulações de indoxacarbe (30 e 60 g i.a. ha⁻¹) e foram então infestados com lagartas neonatas de *C. includens*. As formulações do indoxacarbe não apresentaram ação translaminar. A espécie *C. includens* mostrou ser mais sensível ao indoxacarbe do que *H. armigera*. De modo geral, a formulação EC é tão eficaz quanto a formulação SC no controle de *H. armigera* e *C. includens* em soja e pode ser utilizada como ferramenta no Manejo Integrado de Pragas.

Palavras-chaves: concentração letal, curva dose-resposta, inseticidas, lepidópteros-praga da soja, Manejo Integrado de Pragas, movimento translaminar

EVALUATION OF EMULSIFIABLE CONCENTRATE FORMULATION OF INDOXACARB ON THE CONTROL OF *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) AND *Chrysodeixis includens* (WALKER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) IN SOYBEAN

ABSTRACT – Currently, insect pests are impacting soybean yield and control tactics are not efficient because of their inappropriate use in the field. Therefore, options for pest management ought to be developed, such as new chemical compounds. Because of the availability of recent developed formulation (emulsifiable concentrate - EC) of indoxacarb, the objectives of this study were to evaluate the effectiveness of this formulation for the control of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean. A field experiment was carried out using two formulations (EC and suspension concentrate - SC) of indoxacarb (30 and 60 g a.i. ha⁻¹) and an untreated control. After spray, leaflets were collected from mid and upper regions of the plants at different times. The leaflets were infested with 3rd instar larvae of *H. armigera* and *C. includens*. The two indoxacarb formulations were effective in controlling both species, regardless of plant region. Higher doses caused > 80% mortality of *H. armigera* only 1h after application and of *C. includens* up to 3 days. In a lab experiment, fresh soybean leaflets were collected from greenhouse and immersed in solutions with increasing concentrations of the two indoxacarb formulations to build the dose-response curves. After drying, they were infested with 3rd instar larvae of *H. armigera* and *C. includens*. The dose-response curves were similar for both formulations. For *H. armigera*, the EC and SC indoxacarb formulations showed LC₅₀ of 0.113 and 0.111 µg a.i. mL⁻¹ while for *C. includens*, they showed LC₅₀ of 0.065 and 0.127 µg a.i. mL⁻¹, respectively. To evaluate translaminar movement of indoxacarb, soybean leaflets were treated with both indoxacarb formulations (30 and 60 g a.i. ha⁻¹) and were then infested with neonate larvae *C. includens*. No translaminar movement was detected. The species *C. includens* was more sensitive to indoxacarb than *H. armigera*. Overall, the EC formulation is as effective as the SC formulation for the control of *H. armigera* and *C. includes* on soybean and can be used as a tool in Integrated Pest Management.

Keywords: lethal concentration, dose-response curve, insecticides, soybean lepidopteran pests, Integrated Pest Management, translaminar movement

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de lagartas desfolhadoras impacta o crescimento econômico da cultura da soja (*Glycine max* [L.] Merrill) (JUHÁSZ et al., 2013; MAINARDI; ASMUS, 2015). Dentro do complexo de lagartas desfolhadoras destacam-se as espécies da família Noctuidae: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858). Os relatórios referentes aos danos ocasionados por *H. armigera* mundialmente nas diferentes culturas mostraram valores anuais de 5 bilhões de dólares (LAMMERS; MACLEOD, 2007). *Chrysodeixis includens* pode reduzir drasticamente a área foliar e ocasionar intenso dano econômico, especialmente se a desfolha ocorrer durante o período reprodutivo da cultura. Quando não manejados, lagartas desfolhadoras podem ser responsáveis pelo desfolhamento total das plantas, reduzindo a produtividade de grãos (LOURENÇÃO et al., 2010).

Dentre os métodos disponíveis para o manejo de *H. armigera* e *C. includens* na soja, o uso de cultivares resistentes como soja *Bt*, controle biológico e inseticidas podem ser destacados. Todavia, em apenas alguns anos, os problemas relacionados à resistência de insetos a algumas dessas tecnologias começaram a surgir. A estratégia mais efetiva no combate à resistência é implantar diversas táticas do Manejo Integrado de Pragas. Recomenda-se a implantação de programas de manejo destacando três componentes básicos: monitoramento do complexo de pragas no campo para avaliação de mudanças na densidade populacional, foco em níveis de dano econômico e integração de múltiplas estratégias de controle (NUMMER, 2015).

O uso de inseticidas é uma das práticas mais utilizadas nos ambientes agrícolas para o controle de insetos-praga, pois reduzem a ocorrência de dano econômico na cultura da soja e representam uma das ferramentas do MIP (MARTINS et al., 2015). Entretanto, o uso abusivo e sem critérios técnicos poderão acarretar em sérios problemas comprometendo a sustentabilidade, como o desenvolvimento de resistência de insetos-praga a esses inseticidas (PAPA; CELOTO, 2007).

Visando a busca pelo equilíbrio e sustentabilidade do sistema produtivo como um todo, devem ser priorizados o uso de inseticidas seletivos, aqueles capazes de

controlar eficientemente os insetos-praga, causando pouco ou nenhum impacto sobre os inimigos naturais (MOURA; ROCHA, 2006). O indoxacarbe apresenta atividade sobre lagartas desfolhadoras da ordem Lepidoptera (SANSONE; MINZENMAYER, 2000) e possui características favoráveis ao seu uso na agricultura, como baixa toxicidade ao meio ambiente (McCANN et al., 2001) e aos organismos não-alvo (MICHAUD; GRANT, 2003).

No mercado brasileiro de inseticidas químicos, o indoxacarbe estava disponível na formulação suspensão concentrada – SC (Avaunt 150[®]). Entretanto, esta formulação apresentou algumas adversidades durante seu uso. Em condições de armazenamento, houve separação de fases, decantação do produto na embalagem e entupimento de bicos, reduzindo sua eficácia no campo (SILVA, observação pessoal). Diante das dificuldades e implicações apresentadas pelo uso do indoxacarbe na formulação SC, foi desenvolvida e disponibilizada a formulação concentrado emulsionável – EC (Avatar 150[®]). Esta formulação mostrou ser mais estável, não havendo separação de fases e formação de precipitados na embalagem (SILVA, observação pessoal).

Diante de um cenário de ocorrência de insetos-pragas de grande impacto na cultura da soja como *H. armigera* e *C. includens* e da perda da eficácia de algumas táticas de controle em virtude de seu uso inadequado no campo, há a necessidade de se buscar mais opções para o manejo dessas espécies. O inseticida indoxacarbe torna-se uma ferramenta de controle adequada em virtude de apresentar características compatíveis aos princípios do Manejo Integrado de Pragas. Embora o inseticida indoxacarbe já esteja sendo utilizado para controle de pragas há vários anos, a curva básica de suscetibilidade para lepidópteros-praga ainda não havia sido determinada. Esta curva, necessária para avaliação do nível de suscetibilidade da população a tática de controle, bem como efeito residual, eficácia em diferentes regiões das plantas e ação translaminar ainda não haviam sido abordados para este produto, inclusive na nova formulação. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho estudar e comparar a eficácia das formulações EC (concentrado emulsionável) e SC (suspensão concentrada) do inseticida indoxacarbe para o controle de *H. armigera* e *C. includens* na cultura da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DA SOJA

A soja é uma planta oleaginosa cujos grãos são fontes de matéria-prima para a produção de óleos para consumo humano. Pode também ser muito utilizada para produção de rações e concentrados usados na alimentação animal (SOUZA et al., 2015). Trata-se de uma *commodity* agrícola cultivada em quase todo o território brasileiro, com destaque para a região centro-oeste, principal produtora da oleaginosa no país (CONAB, 2014). Impulsionada pelo aumento nos preços dos grãos e pela crescente demanda, principalmente internacional, a cultura da soja tem se expandido também para regiões mais ao nordeste do país (MELO et al., 2015).

No Brasil, a soja é responsável por mais de 56% da área cultivada, sendo a principal cultura responsável pelo aumento da expansão da área agrícola no país. Na safra 2014/2015, obteve-se uma produção de 96 milhões de toneladas com média de produtividade de 3 ton/ ha (CONAB, 2015). A estimativa de crescimento é 3,5% (1,1 milhão de hectares) na área cultivada com a oleaginosa na safra 2015/2016 e com alcance de produtividades superiores à safra anterior em todos os estados produtores (CONAB, 2016). Sua produção é crescente, devido à alta tecnologia aplicada à cultura, emprego de materiais genéticos de alto potencial produtivo e pela crescente profissionalização dos produtores rurais (COSTAMILAN; BERTAGNOLLI, 2004). Além do destaque econômico para a agricultura nacional, a cultura tem grande relevância para a agricultura internacional. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), os EUA, Brasil e Argentina foram responsáveis por 81,40% de toda a produção mundial de soja em grão na safra 2013/2014 (CONAB, 2014). No relatório da safra 2015/2016, o USDA manteve a estimativa da produção americana em 108,35 milhões de toneladas, o Brasil em 100 milhões de toneladas e a Argentina em 57 milhões de toneladas. Com isso, a expectativa de produção mundial de soja para a safra 2015/2016 deve ser de 320,11 milhões de toneladas (CONAB, 2016).

2.2. PRINCIPAIS PRAGAS NA CULTURA DA SOJA

O cenário apresentado sobre a expectativa crescente de produção agrícola brasileira de soja pode ser impactado por problemas fitossanitários (AVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013), dentre os quais destacam-se as lagartas desfolhadoras, os insetos sugadores, doenças como a ferrugem-asiática e o mofo-branco, os nematoides (ASMUS; GRIGOLLI, 2015) e a qualidade fisiológica e sanitária das sementes produzidas (JUHÁSZ et al., 2013).

A cultura da soja está sujeita ao ataque de insetos desde a emergência das plantas até a maturação fisiológica dos grãos (PANIZZI, 2006), destacando o ataque do complexo de lagartas. Neste grupo encontram-se a lagarta-falsa-medideira, *C. includens*; a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae); a lagarta-enroladeira, *Omiodes indicata* (Fabricius, 1775), as lagartas do gênero *Spodoptera*, *S. cosmioides* (Walker, 1858), *S. eridania* (Stoll, 1782) e *S. frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (MOSCARDI et al., 2012) e as lagartas da subfamília Heliothinae. Três espécies de lagartas desta subfamília têm sido observadas causando danos na soja: *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (lagarta-das-maçãs-do-algodoeiro), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (lagarta-da-espiga-do-milho) e, recentemente introduzida, *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae) (AVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013).

Além dessas espécies, a cultura da soja também pode ser atacada pela lagarta elasmô, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae), pelos corós (Coleoptera: Scarabaeidae), pelo complexo dos percevejos, *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae), percevejos-castanhos-da-raiz (*Scaptocoris castanea* Perty, 1830 e *Atarsocoris brachiariae* Becker, 1996) (Hemiptera: Cydnidae) (MOSCARDI et al., 2012), ácaros *Mononychellus planki* (McGregor, 1950) (Acari: Tetranychidae), *Tetranychus urticae* (Koch, 1836), *T. ludeni* (Zacher, 1913), *T. desertorum* (Banks, 1900) (Acari: Tetranychidae) e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae) e também pela mosca-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Dentre esses artrópodes-praga, Reunião (2010) considera os insetos-praga da

Ordem Lepidoptera os agentes que provocam os danos mais consideráveis durante todos os estádios fenológicos da cultura da soja.

2.2.1. *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae)

A espécie *H. armigera* é polífaga, alimenta-se de uma grande variedade de espécies de plantas hospedeiras de diferentes famílias botânicas (JALLOW; CUNNINGHAM; ZALUCKI, 2004), tais como soja, algodão, milho, trigo, tomate, sorgo, girassol, tremoços, tabaco, alface, feijão, crisântemos e rosas (ZALUCKI et al., 1994). O ataque de *H. armigera* foi responsável por perdas de até 80% de produtividade na cultura do algodão da Bahia, um importante estado agrícola no Brasil, na safra 2011/2012. Na safra seguinte, novamente foi verificada a incidência de *H. armigera* nos cultivos de algodão, milho e feijão e também houve o primeiro relato do ataque de *H. armigera* na cultura da soja do Brasil (CZEPAK et al., 2013; SPECHT et al., 2013). Entretanto segundo dados de Sosa-Gómez et al. (2016), há evidências de que a introdução de *H. armigera* ocorreu antes de 2008, sendo considerável inferir que esta espécie obteve tempo suficiente para aumentar sua população, com ocorrência de surtos na safra 2012/2013. Inicialmente, acreditava-se que os danos ocorridos na cultura da soja poderiam ser provocados pelo ataque da espécie *H. zea*, já que era frequentemente encontrada em culturas de milho e tomate no Brasil (DEGRANDE; OMOTO, 2013). Os relatórios referentes aos danos ocasionados por *H. armigera* mostraram perdas de aproximadamente US \$ 800 milhões (BUENO et al., 2014). A produção da cultura do milho também foi prejudicada pela presença de *H. armigera* na ocasião, pois este ataque ocorreu mesmo em plantas geneticamente modificadas (plantas *Bt*) disponíveis naquele momento (CZEPAK et al., 2013).

Segundo Tay et al. (2013), a espécie *H. armigera* é considerada um da mais importantes insetos-praga no mundo e de grande impacto para os produtores brasileiros de soja (BUENO et al., 2010). As lagartas desta espécie de inseto podem se alimentar tanto de órgãos vegetativos como reprodutivos de várias espécies de plantas de importância econômica, principalmente da cultura da soja. Podem ocorrer em qualquer fase do ciclo da soja, agindo como pragas iniciais, desfolhadoras típicas

ou atacando flores e legumes. No Brasil, a intensidade de dano econômico causado por lagartas de *H. armigera* ocorre pelo fato de se alimentarem de folhas, botões florais, frutos, maçãs, espigas e inflorescências, causando deformações ou podridões nestas estruturas, provocando inclusive sua queda (CZEPAK et al., 2013; SPECHT et al., 2013). Essa inerente capacidade de *H. armigera* causar danos nas partes reprodutivas das culturas, em associação à sua habilidade de atacar grande número de hospedeiros, são fatores que elevam o status de importância econômica da praga (CUNNINGHAM et al., 1999).

O atraso entre a introdução e a identificação de *H. armigera* restringiu as decisões de manejo que poderiam minimizar seu impacto em várias culturas. Possivelmente, este atraso na sua identificação poderia ser justificado em função da grande dificuldade de diferenciar *H. armigera* de outras espécies da mesma subfamília Heliothinae baseando-se somente nas características morfológicas do inseto (TAY et al., 2013). A identificação de *H. armigera* é baseada na morfologia dos órgãos genitais dos machos e na confirmação do sequenciamento do gene mitocondrial desses insetos (SPECHT et al., 2013; BUENO et al., 2014; SOSA-GÓMEZ, 2014). Embora a identificação desta espécie através da morfologia da genitália masculina tenha sido amplamente utilizada, Pogue (2004) e Tay et al. (2013) relatam que dificuldades ainda existem ao se tentar diferenciar *H. armigera* de *H. zea*.

O desenvolvimento de larvas de *H. armigera* pode apresentar 5 a 7 instares com ciclo de vida de 2 a 3 semanas dependendo das condições climáticas (MIRONIDIS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008). A temperatura ideal para seu desenvolvimento encontra-se entre 31 e 34 °C, com um limite superior entre 37 e 42°C (MIRONIDIS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008). A partir do quarto instar, as lagartas apresentam, no primeiro segmento abdominal, o formato de "sela", devido à presença de tubérculos abdominais escuros e visíveis. No último instar, a lagarta possui comprimento de 30 a 40 mm e coloração variando do verde ao amarelo claro, marrom avermelhado ou preto (EPPO, 1981). Além dessas características, linhas finas brancas laterais, presença de pelos e cápsula cefálica de cor parda clara são característicos de *H. armigera* (MATTHEWS, 1999). Outra característica observada nesta espécie diz respeito à textura do tegumento, que se apresenta com aspecto

levemente coriáceo, diferenciando das demais espécies de noctuídeos que ocorrem no Brasil. Quando perturbada, encurva a cápsula cefálica até o primeiro par de falsas pernas, permanecendo assim por algum tempo (CZEPAK et al., 2013).

Sobre as margens das asas anteriores, o adulto apresenta uma linha com sete a oito manchas e, logo acima, uma faixa marrom ampla, irregular e transversal. Na região central há uma marca em forma de vírgula. Já as asas posteriores são mais claras e apresentam uma borda marrom escura na extremidade apical, com uma mancha clara ao centro. Os machos apresentam o primeiro par de asas de cor cinza esverdeado e as fêmeas pardo alaranjado, caracterizando dimorfismo sexual (EPPO, 1981; 1996). As fêmeas de *H. armigera* possuem alto potencial reprodutivo, sendo que cada fêmea tem a capacidade de ovipositar de 1.000 a 1.500 ovos, sempre de forma isolada, sobre talos, flores, frutos e folhas, preferencialmente no período noturno. Para a postura, a fêmea prefere a face adaxial das folhas e superfícies pubescentes (EPPO, 1981). Em condições de laboratório, podem ovipositar até 3000 ovos, embora esta quantidade dependa da disponibilidade do hospedeiro e das condições do ambiente (MIRONIDIS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008). Segundo Soleimannejad, Fathipour e Moharramipour (2010), a fecundidade depende também da longevidade dos adultos, que pode durar de 7 a 20 dias em condições de laboratório. Em condições de campo, ainda não existem boas estimativas sobre a fecundidade destes insetos (MAELZER; ZALUCKI, 2000).

A fase de pupa ocorre no solo e o inseto pode entrar em diapausa dependendo das condições climáticas (KARIM, 2000). Em áreas de clima tropical, a porcentagem da população do inseto que entra em diapausa é muito menor do que em regiões temperadas, uma vez que as condições climáticas são favoráveis (chuva e temperatura mais alta) para permitir que existam as populações se desenvolvam durante todo o ano. Os adultos de *H. armigera* são migratórios e podem se mover entre os campos dentro de uma região ou a centenas de quilômetros entre as diferentes regiões (ZHOU; APPLEBAUM; COLL, 2000).

O nível de dano causado pela espécie *H. armigera* depende da abundância de mariposas, do número de ovos que elas depositam e do número de lagartas sobreviventes para se desenvolverem em lagartas maiores e prejudiciais. Isto também pode ser determinado por fatores do sistema de cultivo, culturas

hospedeiras presente na região, além de condições climáticas favoráveis como precipitação e temperatura adequada para todas as fases do ciclo de vida do inseto (MAELZER; ZALUCKI, 2000).

Outros fatores foram atribuídos ao aumento populacional de *Helicoverpa* sp. nas áreas de produção. O atual modelo de produção (milho – feijão – sorgo – caupi – milheto – algodão – milho irrigado – soja) inclui diversificação e sucessão de culturas muito favoráveis à praga. Conforme apontado por Degrande e Omoto (2013), a partir do mês de fevereiro de 2012, na região oeste da Bahia, sul do Maranhão e do Piauí, ocorreu desequilíbrio climático, caracterizado por uma longa seca, que favoreceu a sobrevivência desses insetos. Além disso, os autores informam que a eficiência dos inseticidas comerciais atuais em lagartas de tamanhos médio e grande ocorre de forma reduzida, não contribuindo para uma boa proteção de plantas. A retirada do inseticida endossulfan do mercado pode também ter favorecido o surgimento da praga no algodão de acordo com algumas evidências a campo. Além dessas informações descritas, a falta de assistência técnica de qualidade aos produtores dificultou, por exemplo, na diferenciação de lagartas de *Helicoverpa* sp. e *H. virescens*, além de não ter existido recomendação adequada para o controle desses insetos no início da infestação no campo.

2.2.2. *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae)

No Brasil, a espécie *C. includens* tem aumentado sua importância, tornando-se uma praga-chave na cultura da soja (BUENO et al., 2010). Popularmente conhecida como lagarta falsa-medideira, pertence à subfamília Plusiinae (Lepidoptera). Essa subfamília compreende espécies que são importantes pragas agrícolas, das quais *C. includens* é a mais abundante (ALFORD; HAMMOND, 1982). Esta espécie foi por muito tempo referida como *Pseudoplusia includens*. Ao reavaliarem o gênero *Pseudoplusia*, Goater et al. (2003) o reclassificaram para o gênero *Chrysodeixis*.

Trata-se de uma espécie polífaga com capacidade de se desenvolver em 73 plantas hospedeiras pertencentes a 29 famílias no Brasil (BERNARDI, 2012); característica esta que pode colaborar com a dinâmica populacional do inseto,

caracterizando-o como importante praga agrícola. Suas populações podem se desenvolver, simultaneamente, em diferentes plantas hospedeiras dentro de uma região ou podem persistir no ambiente em baixa densidade até a fêmea encontrar um hospedeiro capaz de sustentar o desenvolvimento das lagartas (MOSCARDI et al., 2012). Dentre as plantas hospedeiras de *C. includens*, há culturas de grande importância econômica como algodão, feijão, tomate, batata, fumo, amendoim, girassol (HERZOG, 1980; BUENO et al., 2007). Apesar dessa grande gama de hospedeiros, a lagarta-falsa-medideira é um inseto com preferência e melhor adaptação à cultura da soja (BERNARDI, 2012).

Os adultos desta espécie são mariposas com 35 mm de envergadura. As asas anteriores são de coloração escura, com duas manchas prateadas brilhantes na parte central, e as asas posteriores são de coloração marrom (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). Estas características morfológicas das asas, juntamente outras características como o formato da mandíbula e disposição das cerdas, contribuem para a diferenciação das espécies da subfamília Plusiinae. Outra característica marcante desta subfamília é que as lagartas apresentam apenas dois pares de pseudopernas abdominais. Isso as obriga ter um movimento característico, formando um arco com o corpo ao se locomoverem, caracterizando seu nome comum de falsa-medideira ou lagartas do tipo “mede-palmo” (EICHLIN; CUNNINGHAM, 1978; SILVIE et al., 2007).

Em condições de temperatura e umidade favoráveis (geralmente condições controladas de criações em laboratório), cada fêmea pode ovipositar, em média, 700 ovos durante seu ciclo de vida (JOST; PITRE, 2002). Os ovos são colocados isoladamente na face inferior das folhas e nos ponteiros (FUNICHELLO et al., 2013). Ao eclodirem, as lagartas são de coloração verde-clara, com listras longitudinais brancas e pontuações pretas. Quando desenvolvidas, elas atingem de 40 a 45 mm de comprimento no último estágio larval (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). Do primeiro ao terceiro instar, as lagartas preferem alimentar-se de folhas novas, com baixo teor de fibras. Ao estarem mais desenvolvidas, tornam-se menos exigentes, passando a se alimentar de folhas mais velhas e mais fibrosas (BERNARDI, 2012).

As lagartas de *C. includens* têm sido frequentemente encontradas no terço mediano e inferior das plantas e de folhas tenras de ramos secundários em plantas

de soja e algodão (PAPA; CELOTO, 2007; SANTOS; BARBOSA; PEDROSA, 2010). Quando estão no primeiro e segundo instar, as lagartas de *C. includens* apenas raspam as folhas. A partir do terceiro instar, conseguem perfurá-las, deixando as nervuras centrais e laterais intactas. Esse aspecto característico de folhas rendilhadas difere a injúria de *C. includens* de outras injúrias causadas por outros desfolhadores (HERZOG, 1980; BUENO et al., 2007). Além da desfolha causada, é comum ser observado a campo o ataque de lagartas, geralmente grandes, em vagens já formadas de soja, potencializando os danos causados pela praga (MARTINS; TOMQUELSKI, 2015). A espécie *C. includens* pode reduzir drasticamente a área foliar e ocasionar intenso dano econômico, especialmente se a desfolha ocorrer durante o período reprodutivo da cultura.

Na safra de soja 2014/2015, a espécie *C. includens* ocorreu de forma generalizada, apresentando pico populacional na fase reprodutiva da cultura. Nesta fase, a soja apresenta área foliar máxima, que reduz a penetração dos inseticidas quando pulverizados, para as folhas do estrato mediano e inferior da planta. Como a maior parte das lagartas de *C. includens* é encontrada nessas regiões da planta, a eficiência de controle acaba sendo menor. A estiagem presente em algumas regiões produtoras também favoreceu o aumento populacional da praga nessa mesma safra, já que ela é favorecida por condições de seca (BUENO et al., 2011). As altas temperaturas e baixa umidade do ar aceleraram o crescimento populacional do inseto e reduziram a ação dos agentes de controle biológico (BUENO et al., 2011).

Por muitos anos, *C. includens* foi considerada uma praga secundária na cultura da soja e raramente exigia medidas específicas de controle, pois foi mantida sob controle natural por parasitoides e fungos entomopatogênicos (SOSA-GÓMEZ et al., 2003). Dentre os microrganismos, destacam-se o fungo *Metarhizium rileyi* [(Farlow) Kepler, S.A.Rehner &Humber (Hypocreales: Clavicipitaceae)] (KEPLER et al., 2014)

Diversos são os agentes de controle biológico associados ao controle de *C. includens*. Destacam-se os taquinídeos *Patelloa similis* (Townsend, 1927), *Voria ruralis* (Fallen, 1810) e *Lespesia* sp. (Diptera: Tachinidae). Entre os insetos da ordem Hymenoptera, são comuns *Microcharops bimaculata* (Ashmead, 1895), *Campoletis grioti* (Blanchard, 1946) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Meteorus* sp., *Apanteles*

marginiventris (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Braconidae), *Litomastix* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) (MORAES; LOECK; BELARMINO, 1991) e o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (BUENO; PARRA; BUENO, 2007).

Grandes mudanças ocorridas no sistema produtivo da soja contribuíram para que *C. includens* passasse a ser considerada praga-chave em várias regiões brasileiras (BUENO et al., 2007). O surgimento da ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow (Uredinales: Phakopsoraceae) pela primeira vez no Brasil em 2001, espalhou-se rapidamente pelas principais regiões produtoras (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004) e aumentou consideravelmente o uso de fungicidas nas lavouras de soja (GARCÉS-FIALLOS, 2011). Certamente esses fungicidas utilizados para o controle da ferrugem-da-soja estão também afetando negativamente os fungos que naturalmente mantinham em equilíbrio a população de *C. includens* (SOSA-GÓMEZ, 2012). O excessivo uso desses fungicidas tem sido associado ao aumento da intensidade de ataque da falsa-medideira (ROGGIA, 2015).

Este cenário juntamente com o uso indiscriminado de inseticidas não seletivos, de amplo espectro de ação (geralmente piretroides), em misturas com herbicidas na dessecação e na aplicação de herbicidas pós-emergentes em sistema de plantio direto para o aproveitamento de operações agrícolas, também estão contribuindo para o desequilíbrio no agroecossistema da soja. Estas ações prejudicam o controle biológico natural por parasitoides e predadores, reduzindo a população de inimigos naturais na área e influenciando diretamente no controle da lagarta-falsa-medideira (MOSCARDI, 2008; EMBRAPA, 2009).

Os produtores de soja têm realizado um número excessivo de aplicações de inseticidas, sem realizar o monitoramento da lavoura e, portanto, sem considerar os níveis populacionais das pragas. Aplicações de inseticidas realizadas junto aos herbicidas e fungicidas em misturas de tanques e não mais no momento apropriado têm trazido resultados desastrosos para o controle das pragas na soja. O sistema produtivo se torna desequilibrado permitindo que populações de pragas antes consideradas secundárias como *C. includens*, aumentem drasticamente, tornando-se pragas-chave da cultura (BUENO et al., 2007, 2010). A alta capacidade de

consumo de área foliar de *C. includens* juntamente ao fato de estar presente em altas populações em quase todas as lavouras de soja na safra 2014/2015, exigiu cuidados para que seu controle fosse realizado em praticamente todo o período de desenvolvimento da cultura.

2.3. TÁTICAS UTILIZADAS PARA O CONTROLE DE LAGARTAS NA SOJA

O controle de lagartas desfolhadores na cultura da soja deve ocorrer quando a porcentagem de desfolha atingir 30% no período vegetativo ou 15% no período reprodutivo de desenvolvimento (EMBRAPA, 2011). O controle de *C. includens* deve também considerar a infestação na área. Portanto, se a infestação for igual ou superior a 20 lagartas por metro de linha da cultura, obtido meio de batida de pano, o nível de controle é recomendado (EMBRAPA, 2015.). O nível de infestação de *H. armigera* a ser considerado para controle é de 4 lagartas pequenas por metro de linha na fase vegetativa e 2 lagartas pequenas por metro na fase reprodutiva. São consideradas lagartas pequenas aquelas com menos de 2 cm de comprimento (SALVADORI; SUZANA, 2015).

Os métodos disponíveis na prática para o manejo de *H. armigera* e *C. includens* em soja são o uso de cultivares resistentes, controle biológico e inseticidas. O tratamento de sementes com inseticidas químicos pode ser uma tática interessante com vistas a controlar infestações muito precoces, oriundas de posturas feitas na soja, logo após a emergência das plantas. Cultivares de soja *Bt*, que expressam a proteína entomotóxica Cry 1Ac, derivada da bactéria *Bacillus thuringiensis* Berliner, que tem efeito sobre as principais espécies de lagartas da soja (SALVADORI; SUZANA, 2015) também estão disponíveis e podem ser utilizadas no manejo dessas lagartas.

Os danos de algumas espécies de lagartas na cultura do milho até meados de 2007, eram crescentes no Brasil. A disponibilidade de tecnologias *Bt* na cultura do milho reduziu as perdas causadas por lepidópteros desfolhadores, principalmente em um cenário onde as aplicações de inseticidas não se mostravam eficazes para o controle destas pragas. O sucesso no controle provocou a falsa impressão de que o Manejo Integrado de Pragas (MIP) poderia ser descartado pelo agricultor (PASSINI,

2015). Todavia, em apenas alguns anos, os problemas relacionados à resistência de insetos a estas tecnologias começaram a surgir. As plantas *Bt*, diferentemente dos inseticidas exercem uma pressão maior de seleção sobre populações de insetos-praga, aumentando o risco de desenvolvimento de populações resistentes.

Com a introdução da tecnologia *Bt* na soja, a evolução de resistência de populações a esta tecnologia tornou-se uma das grandes preocupações existentes para os agricultores, pesquisadores e empresas agrícolas. Portanto, podem eliminar os benefícios econômicos e ambientais dessa tecnologia, limitando sua eficácia no controle de pragas. A estratégia mais efetiva no combate à resistência é implantar diversas práticas do MIP. Recomenda-se a implantação de programas de manejo destacando três componentes básicos: monitoramento do complexo de pragas no campo e mudanças na densidade populacional, foco em níveis de dano econômico e integração de múltiplas estratégias de controle (NUMMER, 2015).

Uma das práticas mais utilizadas para o controle de insetos-praga envolve a utilização dos inseticidas, pois eles reduzem a ocorrência de dano econômico na cultura da soja e representam uma das ferramentas do MIP (MARTINS et al., 2015). Todavia, seu uso inadequado no campo, pode acarretar em sérios problemas como desenvolvimento de resistência de insetos-praga a esses inseticidas, comprometendo a sustentabilidade (PAPA; CELOTO, 2007).

Para isso, inseticidas seletivos, aqueles capazes de controlar eficientemente os insetos-praga, causando pouco ou nenhum impacto sobre os inimigos naturais, devem ser priorizados. A utilização de produtos considerados seletivos é de suma importância para que se possa realizar um manejo racional dos organismos-praga, objetivando minimizar os danos à cultura de forma econômica (MOURA; ROCHA, 2006). Essas ações seletivas de manejo permitem o estabelecimento dos inimigos naturais como predadores e parasitoides no agroecossistema; decisão que proporcionará reflexos positivos em razão da manutenção do equilíbrio ecológico (AVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013). A rotação de produtos com modos de ação e grupos químicos diferentes deve também ser considerada a fim de diminuir a ocorrência de resistência de insetos aos inseticidas (GONÇALVES; BLEICHER, 2006). O uso de inseticidas fosforados e piretroides que são altamente tóxicos aos inimigos naturais também devem ser evitados.

Os inseticidas representam, portanto, ferramentas importantes para o manejo de *H. armigera* e *C. includens* na cultura da soja e estão integrados às necessidades do MIP. Para isso devem ser utilizados produtos registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), preferencialmente seletivos aos inimigos naturais e nas doses recomendadas na bula dos produtos.

2.4. INDOXACARBE

O inseticida indoxacarbe está registrado no Brasil pela empresa DuPont do Brasil S.A. Trata-se de do primeiro inseticida do grupo químico das oxidiazinas (McCANN et al., 2001) que age por contato ou ingestão nos insetos (JONES; BRYANT, 2012) e não apresenta ação sistêmica (McKINLEY, 2002). De acordo com a classificação dos grupos de modo de ação dos inseticidas pelo IRAC (Comitê de Ação de Resistência a Inseticidas), o indoxacarbe pertence ao Grupo 22A, bloqueadores dos canais de sódio dependentes de voltagem (IRAC, 2015).

O bloqueio dos canais de sódio é provocado pelo metabólito JT333 (N-decarbomethoxylated), que é resultado da bioativação do indoxacarbe através da ação de enzimas (esterases/amidases) presentes no inseto. Esse processo de metabolização do indoxacarbe em JT333 está relacionado ao surgimento de sintomas de neurointoxicação, que compreendem desde pequenas convulsões até a paralisia do inseto seguida de morte (WING et al., 2000). A alimentação pelos insetos também é inibida após o tratamento com indoxacarbe dentro de algumas horas (PLUSCHKELL et al., 1998; WING et al., 1998).

O indoxacarbe apresenta atividade sobre larvas desfolhadoras da ordem Lepidoptera (SANSONE; MINZENMAYER 2000), podendo ser utilizado no controle químico de *H. zea*, *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) (MARTINELLI et al., 2003), *Spodoptera* sp. (RAI et al., 2007, SHIVALINGASWAMY et al., 2008), bem como determinados insetos homópteros (*Lygus* sp., *Empoasca* sp.) e coleópteros (PLUSCHKELL et al., 1998; TONG-XIAN et al., 2002).

Este inseticida possui características favoráveis ao seu uso na agricultura, como baixa toxicidade ao meio ambiente (McCANN et al., 2001) e aos organismos não-alvo, tais como o parasitoide *Aphidius rhopalosiphi* (DeStephani-Perez, 1902)

(Hymenoptera: Aphidiidae), o ácaro predador *Typhlodromus pyri* (Scheuten, 1857) (Acari: Phytoseiidae) e o predador *Episyrphus balteatus* (DeGeer, 1776) (Diptera: Syrphidae) (HARDER et al., 1996, WING et al., 1998). É também considerado seguro aos insetos benéficos devido à sua baixa toxicidade cutânea (MICHAUD; GRANT, 2003).

No mercado brasileiro de inseticidas químicos, o indoxacarbe estava disponível na formulação em suspensão concentrada – SC (Avaunt 150[®]). Nesta formulação, o ingrediente ativo é praticamente insolúvel no solvente utilizado como diluente. No processo de formulação, o ingrediente ativo é moído e já disperso no diluente. O produto passa a ser estabilizado pela ação de agentes dispersantes, umectantes, espessantes, anticongelantes e biocidas (CASTRO, 2007).

Entretanto, esta formulação apresentou algumas adversidades durante seu uso. Em condições de armazenamento, houve separação de fases, decantação do produto na embalagem e entupimento de bicos, reduzindo sua eficácia no campo (SILVA, observação pessoal). Uma formulação não adequada pode resultar em separações de fase, formação de flocos e precipitações na embalagem. Ainda podem ocorrer incrustações no tanque, nas barras e pontas de pulverização, dificultando a limpeza e funcionamento do equipamento, de forma a resultar em tratamentos de baixa eficiência (MILLER; BUTLER ELLIS, 2000).

Para a obtenção de formulados de qualidade e comercialmente viáveis, alguns critérios devem ser respeitados. As formulações líquidas devem ser facilmente dispersas, garantindo uma distribuição adequada do ingrediente ativo e devem ser estáveis sob condições ambientais. A atividade inseticida deve ser mantida e/ou aumentada durante o processo de formulação assim como facilitar o manuseio e a aplicação no campo, aumentando a eficiência, diminuindo os custos de armazenamento e a perda na qualidade (COUCH, 2000).

Diante das dificuldades e implicações apresentadas pelo uso do indoxacarbe na formulação SC, formulação em concentrado emulsionável – EC (Avatar 150[®]) deste inseticida foi desenvolvida e disponibilizada ao mercado. A estabilidade da emulsão é muito melhor que a da suspensão e, portanto, a necessidade de agitação não é tão crítica. A calda fica com aspecto leitoso. O ingrediente ativo é dissolvido em um solvente orgânico apolar. A formulação contém aditivos que garantem a

emulsificação do produto no momento da aplicação. A estabilidade da emulsão é muito melhor que a da suspensão e, portanto, a necessidade de agitação não é tão crítica (CASTRO, 2007). Logo, a formulação EC de indoxacarbe mostrou ser mais estável, não havendo separação de fases e formação de precipitados na embalagem (SILVA, observação pessoal).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos a campo, casa-de-vegetação e em laboratório localizados no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da DuPont do Brasil S.A. em Paulínia-SP.

3.1. EFEITO RESIDUAL DO INDOXACARBE (FORMULAÇÕES EC E SC) NA CULTURA DA SOJA

3.1.1. INSTALAÇÃO DA CULTURA NO CAMPO

O plantio de sementes de soja cultivar BMX Potencia[®], de crescimento indeterminado, foi realizado com o auxílio de uma plantadeira modelo SPE 400 Baldan em uma área de 800 m², em junho de 2015. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 m e foram distribuídas 16 sementes de soja por metro a 5 cm de profundidade. A adubação de plantio foi realizada com 352 kg ha⁻¹ de N-P-K na formulação 4-14-8. A cultura foi irrigada por aspersão até a instalação do experimento. Após seu florescimento, há ainda produção de nós no caule principal e emissão de novas folhas a partir do último trifólio expandido.

3.1.2. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

As dosagens utilizadas para os tratamentos com indoxacarbe foram selecionadas de acordo com a recomendação de bula. No tratamento controle (testemunha) foi aplicado somente água (Tabela 1). O volume de calda considerado

foi de 200 L ha⁻¹ e o delineamento experimental foi em blocos com parcelas casualizadas, com quatro repetições por tratamento.

Tabela 1. Dosagens das formulações do indoxacarbe utilizadas para avaliação de controle de *Chrysodeixis includens* e *Helicoverpa armigera* em soja

Tratamento	Inseticida/ formulação	Dosagem (g i.a. ha ⁻¹)
1	indoxacarbe/ EC (Avatar 150 [®])	30
2	indoxacarbe/ EC (Avatar 150 [®])	60
3	indoxacarbe/ SC (Avaunt 150 [®])	30
4	indoxacarbe/ SC (Avaunt 150 [®])	60
5	Testemunha (somente água)	0

As parcelas (repetições) foram compostas de 7 linhas de soja com 6 m de comprimento (3,5 x 6 m). Os tratamentos foram aplicados em área total com pulverizador costal manual acoplado a uma barra com 6 pontas de pulverização XR 11001 VS (Teejet), operando com pressão constante de 2,1 bar. As condições climáticas médias durante a aplicação foram: umidade relativa média de 43,5% (UR_{min}=32%; UR_{máx}=55%), temperatura média de 34 °C (T_{min}= 33 °C; T_{máx}=35 °C) e velocidade média do vento de 3,15 km h⁻¹ (V_{min}= 3,1 km h⁻¹; V_{máx}= 3,2 km h⁻¹).

Antes da aplicação da calda, papéis hidrossensíveis foram distribuídos em todas as parcelas para avaliação da deposição de gotas nas plantas. Esses papéis foram posicionados em duas regiões em cada parcela: região superior e mediana das plantas.

3.1.3. COLETA DE FOLÍOLOS TRATADOS

As coletas dos folíolos foram realizadas aos 0 (1h), 3, 7, 10 e 16 dias após a aplicação dos tratamentos. Para cada um dos períodos de coleta, 128 folíolos foram retirados de maneira aleatória das plantas de soja localizadas em cada parcela, sendo que metade (64) foi oriunda da região superior e a demais da região mediana. A partir dos 64 folíolos retirados da região superior, 32 foram destinados à infestação

com lagartas de *H. armigera* e os outros 32 folíolos foram infestados com lagartas de *C. includens*. O mesmo procedimento foi executado com os folíolos extraídos da região mediana das plantas. Não foram coletados folíolos das plantas que estavam localizadas na região de passagem do aplicador, em virtude da possibilidade de remoção de calda nas folhas pelo EPI.

Além disso, para auxiliar na coleta de folíolos que foram pulverizados, 10 plantas de soja por parcela foram escolhidas aleatoriamente e marcadas com fitas de cetim. A marcação foi realizada na última folha de soja expandida da região superior da planta. Isto permitiu identificar o ponto de desenvolvimento da planta, de forma que folíolos localizados acima da marcação foram desconsiderados na coleta, uma vez que não foram tratados.

Os folíolos de soja foram recortados com o auxílio de uma tesoura nas dimensões de 4,5 x 3,0 cm para assegurar o preenchimento da base de cada uma das 16 células de bandeja plástica (HISTrai, Advento do Brasil) utilizada no experimento. Essas bandejas plásticas foram, anteriormente, preenchidas com papel filtro e umedecidas com 200 µL de água destilada.

3.1.4. INFESTAÇÃO COM LAGARTAS DE *H.armigera* E *C. includens*

A infestação foi realizada com lagartas de 3°. instar de *H. armigera* e *C. includens* com auxílio de um pincel com cerdas macias (SCHMIDT, 2002). Essas espécies foram fornecidas a partir de populações do Laboratório de Entomologia da Dupont do Brasil S.A, obtidas a campo nos anos de 2013 e 2008, respectivamente. Após a infestação, as bandejas foram tampadas e mantidas em sala climatizada (26±1 °C, UR 60% e fotofase de 14 h). Pelo fato de existirem muitos folíolos a serem coletados nos diferentes períodos, assim como a necessidade de preparo de um número grande de bandejas plásticas, as infestações ocorreram sempre 24 horas após cada data de coleta.

3.1.5. AVALIAÇÃO

A avaliação ocorreu 96 horas após a infestação, conforme sugestão de Schmidt (2002). Foi contabilizado o número de lagartas vivas, mortas e moribundas. Foi considerada como moribunda a lagarta que não reagiu com rapidez aos estímulos provocados pelo toque do pincel. Os dados foram expressos em porcentagem de mortalidade (mortas + moribunda) em relação ao número de insetos expostos em cada tratamento. Foram descartadas para este cálculo, informações de células onde as lagartas estavam mortas por excesso de umidade e consequentemente ataque de fungos, folhas secas ou por outro fator que não relacionasse a morte delas com a alimentação do folíolo tratado.

Além dos dados de porcentagem de mortalidade, foram quantificados os dados de porcentagem de desfolha causada pela alimentação das lagartas. Isto foi realizado por meio da avaliação visual do percentual de desfolha causado por *H. armigera* e *C. includens* adotando-se padrão apresentado na Figura 1.

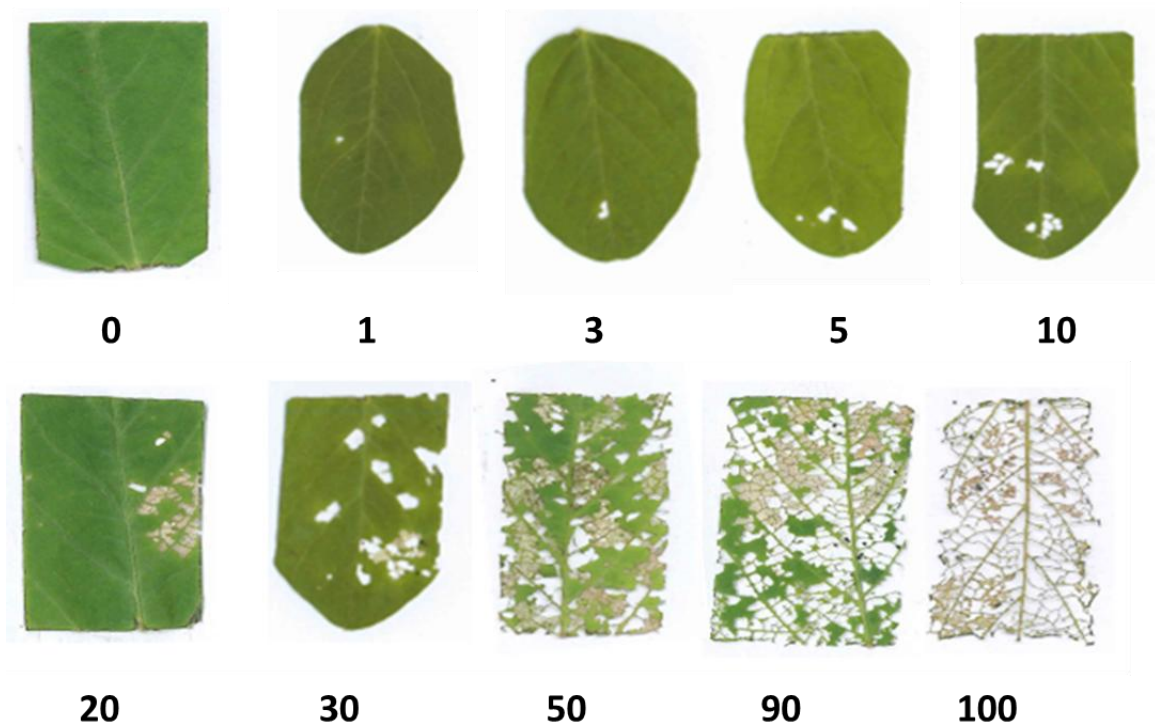


Figura 1. Escala de desfolha (%) para *H. armigera* e *C. includens* em folíolos de soja.

3.2. DETERMINAÇÃO DA CURVA DOSE-RESPOSTA DO INSETICIDA INDOXACARBE (FORMULAÇÕES EC E SC)

As curvas dose-resposta foram obtidas por meio da exposição de lagartas de *H. armigera* e *C. includens* a folíolos de soja tratados com as formulações do inseticida indoxacarbe. Os valores encontrados para cada espécie foram baseados na sumarização de três experimentos (réplicas). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

3.2.1. PREPARAÇÃO DE PLANTAS DE SOJA PARA COLETA DE FOLÍOLOS

Inicialmente, 50 vasos plásticos (7,0 x 10,0 x 8,0 cm) foram preenchidos com uma mistura homogênea composta por duas partes de solo argiloso e uma parte de substrato orgânico. Em seguida, três sementes de soja BMX Potencia[®] foram semeadas em cada vaso. Todos os vasos foram mantidos em casa-de-vegetação, onde a temperatura variou entre 19 e 28 °C. A preparação dos vasos e a semeadura da soja foram executadas quinzenalmente, a fim de se obter folíolos necessários para a realização dos três experimentos. Antes das plantas atingirem o início da fase reprodutiva (floração), folíolos foram destacados de maneira aleatória das plantas para serem tratados em condições de laboratório.

3.2.2. TRATAMENTO DOS FOLÍOLOS EM LABORATÓRIO

Os folíolos de soja foram imersos em soluções crescentes das formulações EC e SC do inseticida indoxacarbe. As concentrações utilizadas foram: 0; 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100 e 250 ppm ($\mu\text{g i.a. mL}^{-1}$). Os folíolos foram transferidos para um copo plástico de 500 mL contendo a solução tratamento e agitado manualmente por 10 segundos. Foram tratados 64 folíolos por tratamento. Para obter uma cobertura homogênea desses folíolos, a imersão foi realizada em grupos de 16 unidades. Em seguida, metade dos folíolos tratados foi infestada com *H. armigera* e outra metade com *C. includens*. No tratamento controle (testemunha), os folíolos foram imersos somente em água destilada.

Após a imersão, os folíolos tratados foram distribuídos sobre grades de alumínio e mantidos em temperatura de 25 ± 1 °C para secagem natural por 2 h. Após a secagem, os folíolos foram individualizados nas células das bandejas plásticas como descrito no item 3.1.3.

3.2.3. INFESTAÇÃO COM LAGARTAS DE *H. armigera* E *C. includens*

Nos três experimentos, a infestação foi realizada de forma semelhante ao descrito no item 3.1.4.

3.2.4. AVALIAÇÃO

A avaliação de porcentagem de mortalidade de ambas as espécies foi realizada conforme descrito no item 3.1.5.

3.3. ESTUDO DA AÇÃO TRANSLAMINAR DO INDOXACARBE (FORMULAÇÃO EC E SC)

3.3.1. PROTEÇÃO DAS PLANTAS

Antes da aplicação dos tratamentos sobre as plantas, houve a proteção de 30 folíolos assim como a base das plantas com o auxílio de papel alumínio (Figura 2). Esse procedimento foi realizado para garantir que não houve depósito de gotas na superfície abaxial desses folíolos durante a pulverização. A proteção também foi realizada na base das plantas com auxílio de papel alumínio, pois o inseticida clorantniliprole, adotado como tratamento comparativo, possui ação sistêmica, cuja translocação ocorre por meio do xilema (KUSS, 2015).



Figura 2. Proteção da face abaxial das folhas de soja para avaliação de ação translaminar do inseticida indoxacarbe.

3.3.2. APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

As dosagens utilizadas para os tratamentos com indoxacarbe e clorantraniliprole foram selecionadas de acordo com a recomendação de bula e no tratamento controle (testemunha), foi aplicado somente água (Tabela 2). O volume de calda considerado foi de 200 L ha⁻¹ e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento.

Tabela 2: Tratamentos adotados para avaliação da ação translaminar de indoxarbe em folhas de soja.

Tratamento	Inseticida/ Formulação	Dosagem (g i.a. ha ⁻¹)
1	indoxacarbe/ EC (Avatar 150 [®])	30
2	indoxacarbe/ EC (Avatar 150 [®])	60
3	indoxacarbe/ SC (Avaunt 150 [®])	30
4	indoxacarbe/ SC (Avaunt 150 [®])	60
5	clorantraniliprole/ SC (PREMIO [®])	10
6	Testemunha (somente água)	0

A aplicação foi feita em uma câmara de aplicação constituída de 1 bico com modelo de ponta XR 11001 VS operando de acordo com as recomendações para o equipamento: pressão constante de 3 bar a uma velocidade de 1 km h^{-1} (Figura 3).

O indoxacarbe nas formulações EC e SC assim como o clorantianiliprole foram diluídos em garrafas plásticas de 100 mL. As condições ambientais médias durante a aplicação foram: umidade relativa $50 \pm 2\%$ e temperatura $31 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Não há dados de velocidade de vento, visto que a pulverização foi realizada em um ambiente protegido.



Figura 3. Pulverização dos tratamentos na câmara de aplicação.

3.3.3. INFESTAÇÃO UTILIZANDO ‘CLIP CAGES’

Larvas neonatas de *C. includens* obtidas de populações da criação do Laboratório de Entomologia da Dupont do Brasil S.A. foram utilizadas como inseto indicador da ação translaminar dos inseticidas.

A infestação com *C. includens* ocorreu nos períodos de 2 e 18 h após a aplicação dos tratamentos. Assim, 2 h após a aplicação dos tratamentos, 30 vasos foram selecionados aleatoriamente. Imediatamente após a remoção do papel alumínio, uma larva neonata de *C. includens* foi colocada na face abaxial de cada folíolo tratado. Os insetos foram confinados na folha com auxílio de gaiolas tipo ‘clip cage’ (MacGILLIVRAY; ANDERSON, 1957), adaptadas a partir de tubos de

isolamento térmico de espuma em polietileno com tecido voile. Para evitar lesão aos folíolos, gaiolas 'clip cage' também foram colocadas na face adaxial dos folíolos e fixadas por grampos (Figura 4). Procedimento idêntico foi adotado 18 h após a aplicação dos tratamentos.



Figura 4. Gaiola tipo 'clip cage' utilizada para infestação de neonatas de *Chrysodeixis includens* na face abaxial dos folíolos tratados, mostrando detalhe da fixação por meio de grampo.

3.3.4. AVALIAÇÃO

As avaliações foram realizadas 2, 4, 8, 24 e 48 h após cada infestação (2 e 18 horas após a pulverização). Foi contabilizado o número de neonatas vivas, mortas e moribundas para o cálculo de mortalidade (%) e também foi avaliada visualmente, com auxílio de microscópio estereoscópico, a injúria nos folíolos. Para esta avaliação adotou-se escala de notas variando de 0 a 5, sendo 0 - sem nenhuma raspagem no folíolo; 1 - raspagem superficial na epiderme inferior; 2 - raspagem mais profunda da epiderme inferior sem atingir o mesófilo; 3 - raspagem no mesófilo; 4 - raspagem na epiderme superior; 5 - raspagem na cutícula (Figura 5).

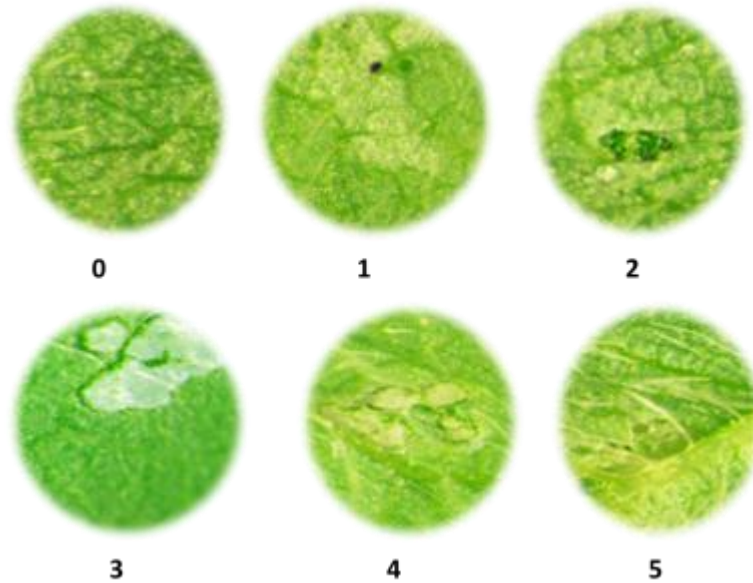


Figura 5. Escala (0-5) de injúria causada por neonatas de *C. includens* para avaliação de ação translaminar de indoxacarbe em folíolos de soja.

4. ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos em todos os experimentos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5%. Os valores de porcentagem de mortalidade obtidos no ensaio a campo foram transformados em arcoseno $\sqrt{x/100}$. Os dados de mortalidade obtidos no ensaio de curva de dose resposta (item 3.2.) foram submetidos à análise de Probit para se estimar a concentração letal das formulações do inseticida indoxacarbe capaz de causar a mortalidade de 50% da população exposta (CL_{50}). Todas as análises estatísticas necessárias foram realizadas no programa estatístico JMP® 9.0.2 (JMP Statistical Analysis).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. EFEITO RESIDUAL DAS FORMULAÇÕES DE INDOXACARBE

5.1.1. *Helicoverpa armigera*

As duas formulações do inseticida indoxacarbe aplicadas nas dosagens de 30 e 60 g i.a. ha⁻¹ causaram redução significativa no nível de desfolha nas regiões superior e mediana da soja ($F_{4, 123} = 62,54$; $P < 0,001$). Por outro lado, as duas formulações do indoxacarbe aplicadas na dosagem de 60 g i.a. ha⁻¹ apresentaram menor nível de desfolha do que na dosagem de 30 g i.a. ha⁻¹. (Figura 6). Ainda, não houve diferença significativa no nível de desfolha quando se comparou as regiões da planta (superior e mediana) entre si ($F_{1, 123} = 2,24$; $P = 0,14$).

A maior dosagem das duas formulações de indoxacarbe reduziu significativamente a desfolha em relação à testemunha até 10 dias após a aplicação na região superior da soja. Na região mediana, a desfolha foi menor nos folíolos tratados com a maior dosagem das duas formulações apenas 1 h após a aplicação; entretanto, somente a maior dosagem da formulação SC reduziu significativamente a desfolha até 3 dias. De modo geral, a maior dosagem permitiu que os valores de desfolha se mantivessem inferiores a 15% apenas no primeiro dia (Figura 6). Segundo Bueno *et al* (2010), o nível máximo tolerável de desfolha pela soja na fase reprodutiva é de 15%, a partir do qual é necessário realizar o controle da praga para evitar perdas econômicas.

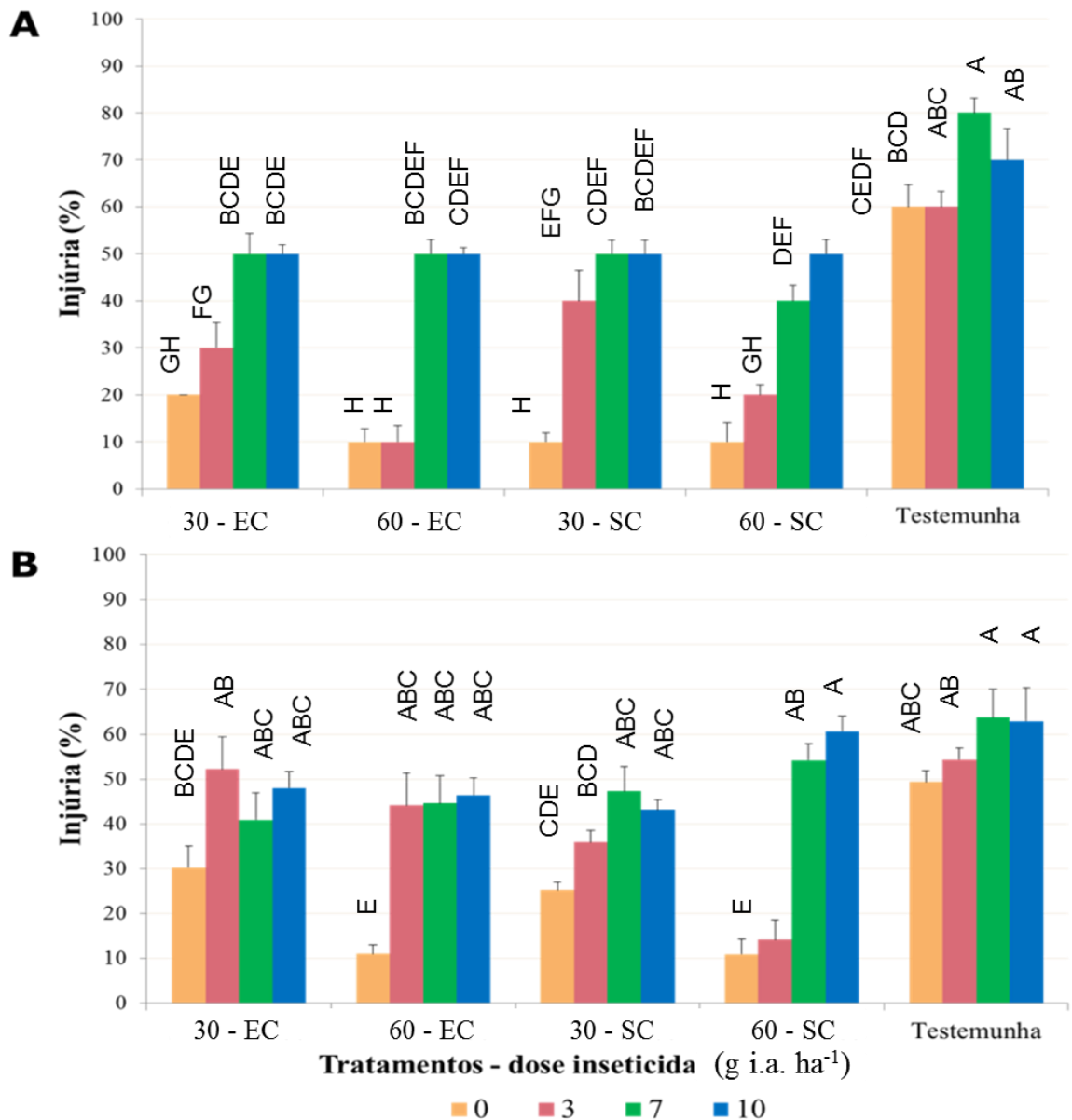


Figura 6. Porcentagem de desfolha (+ EPM) causada por lagartas de 3º. instar de *H. armigera* nos folíolos da região superior (A) e mediana (B) das plantas de soja aos 0, 3, 7 e 10 dias após a aplicação de duas formulações de indoxacarbe. Colunas seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

As duas formulações do inseticida indoxacarbe nas dosagens de 30 e 60 g i.a. ha⁻¹ causaram maior mortalidade de lagartas de 3º. instar de *H. armigera* em relação à testemunha ($F_{4, 123} = 81,72$; $P < 0,001$), mas não diferiram entre si. De forma

semelhante ao observado para desfolha, também não houve diferença estatística significativa entre as regiões superior e mediana das plantas para a porcentagem de mortalidade ($F_{1, 123} = 0,66$; $P = 0,42$) (Figura 7).

Independente da região da planta, a formulação EC de indoxacarbe causou mortalidade de lagartas de *H. armigera* aos 3 dias após a aplicação, enquanto a formulação SC somente causou a mortalidade nesse mesmo período na maior dosagem. Houve redução significativa da mortalidade nos dias seguintes à aplicação dos tratamentos ($F_{12, 123} = 17,71$; $P < 0,001$). Na região superior, a formulação EC causou significativamente maior mortalidade do que a testemunha, independente da dosagem utilizada até o período de 3 dias. Entretanto, isso somente foi observado para a formulação SC na maior dosagem (Figura 7). Apesar disso, mortalidade acima de 80% somente foi observada somente nos folíolos coletados 1 h após a aplicação. Este nível de mortalidade, de acordo com Tomquelski e Martins (2007), é o mínimo aceitável para classificar um inseticida como eficiente no controle de insetos-praga.

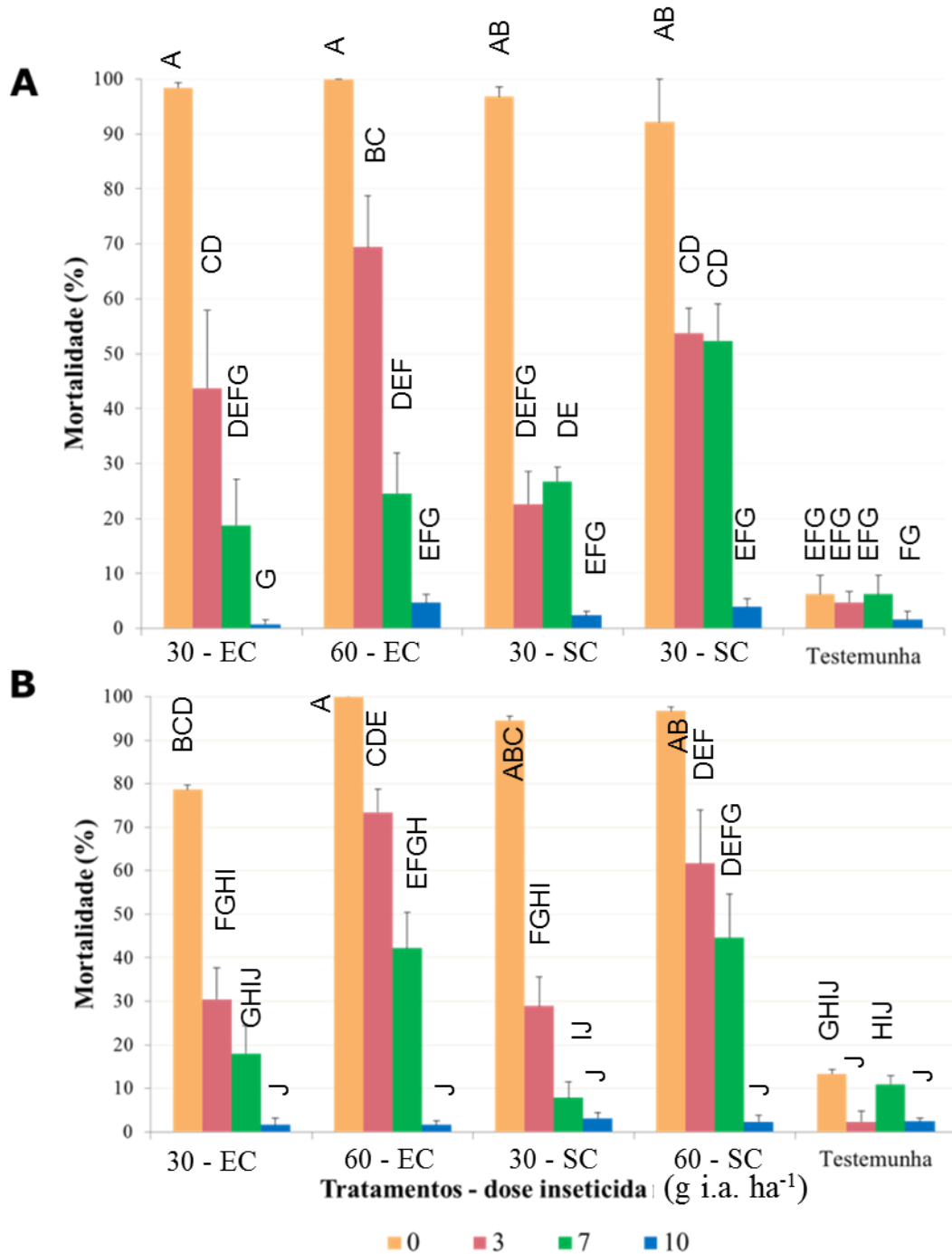


Figura 7. Porcentagem de mortalidade (+ EPM) de lagartas de 3º. instar de *H. armigera* nos folíolos coletados da região superior (A) e mediana (B) das plantas de soja aos 0, 3, 7 e 10 dias após a aplicação de duas formulações de indoxacarbe. Colunas seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

5.1.2. *Chrysodeixis includens*

As duas formulações do inseticida indoxacarbe aplicadas nas dosagens de 30 e 60 g i.a. ha⁻¹ causaram redução significativa no nível de desfolha nas regiões superior e mediana da soja ($F_{4, 154} = 268,81$; $P < 0,001$). Não houve diferença significativa no nível de desfolha quando se comparou as regiões da planta entre si.

Na região superior, as duas formulações de indoxacarbe não apresentaram diferente nível de desfolha independente da dosagem utilizada (Figura 8). Na região mediana, a formulação EC de indoxacarbe causou menor desfolha na dosagem de 60 g i.a. ha⁻¹ e a formulação SC apresentou o nível de desfolha semelhante independente da dosagem aplicada.

Ao observar as médias de porcentagem de desfolha dos tratamentos ao longo do tempo, a formulação EC de indoxacarbe reduziu a desfolha até 10 dias após a aplicação ($F_{16, 154} = 21,32$; $P < 0,001$). Nesse mesmo período, a formulação SC somente reduziu a desfolha na maior dosagem. Entretanto, de modo geral, as duas dosagens permitiram que os valores de desfolha se mantivessem inferiores a 15% até ao terceiro dia (Figura 8).

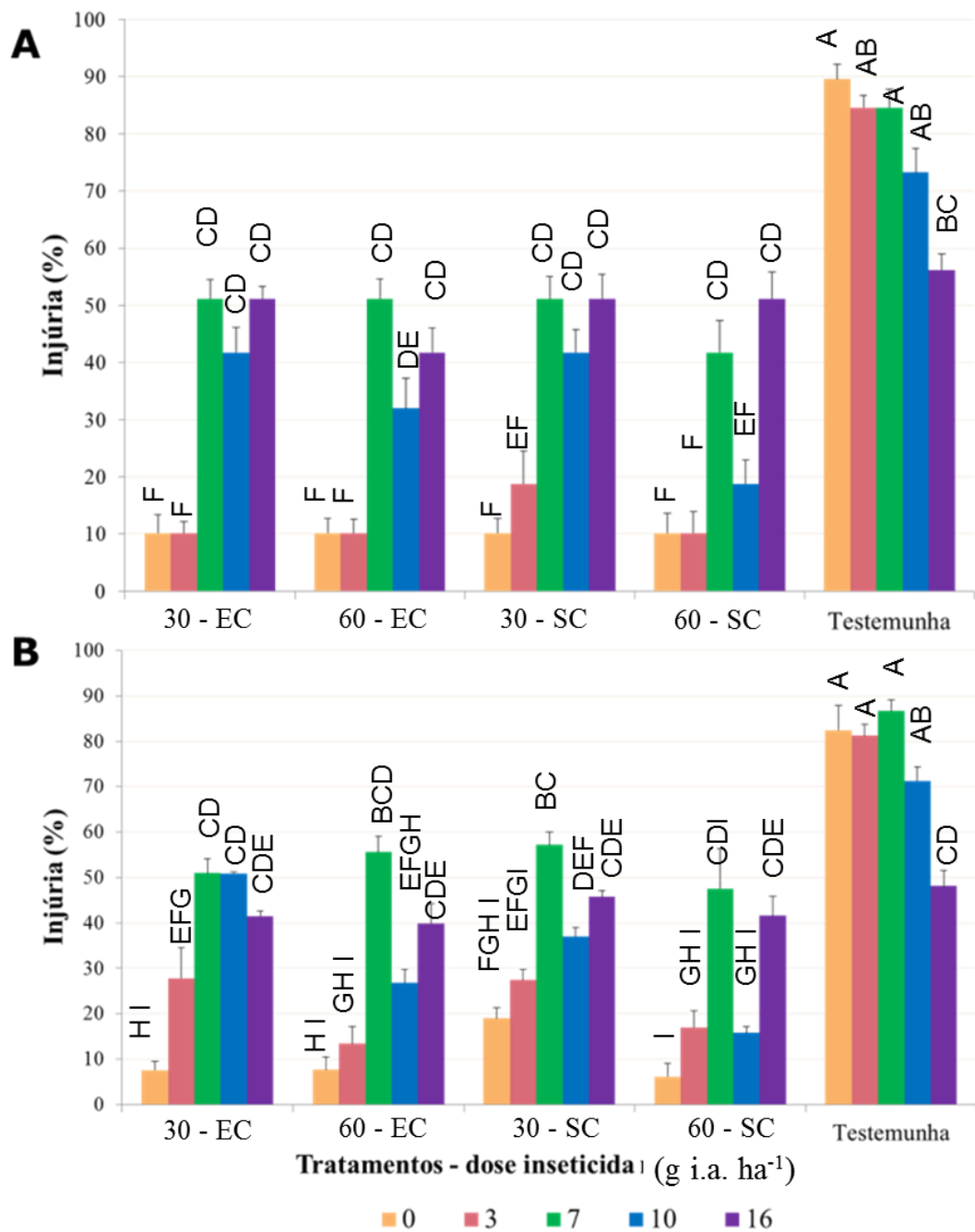


Figura 8. Porcentagem de desfolha (+ EPM) causada por lagartas de 3º. instar de *C. includens* nos folíolos da região superior (A) e mediana (B) das plantas de soja aos 0, 3, 7, 10 e 16 dias após a aplicação de duas formulações de indoxacarbe. Colunas seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

As duas formulações do inseticida indoxacarbe nas dosagens de 30 e 60 g i.a. ha⁻¹ causaram mortalidade de lagartas de 3º. instar de *C. includens* significativamente maior em relação à testemunha ($F_{4, 154} = 170,41$; $P < 0,001$), mas não se diferiram entre si. Não foi encontrada diferença estatística significativa entre os dados de porcentagem de mortalidade de *C. includens* obtidos nos folíolos coletados na região superior e mediana das plantas ($F_{1, 154} = 3,12$; $P = 0,08$).

A eficácia das duas formulações do inseticida indoxacarbe apresentou-se de maneira diferente ao longo do período de avaliação ($F_{4, 154} = 124,09$; $P < 0,001$). Na região superior, as maiores dosagens das duas formulações causaram maior mortalidade em relação à testemunha até 10 dias após a aplicação. Na região mediana, as duas dosagens da formulação EC causaram maior mortalidade em relação à testemunha enquanto que a formulação SC causou maior mortalidade somente na maior dosagem.

Logo a 1 h após a aplicação, os dados de porcentagem de mortalidade das formulações do indoxacarbe nas dosagens 30 e 60 g i.a. ha⁻¹ foram superiores a 80%. Entretanto, ao terceiro dia após a aplicação, somente a dosagem de 60 g i.a. ha⁻¹ provocou mortalidade acima desse valor (Figura 9).

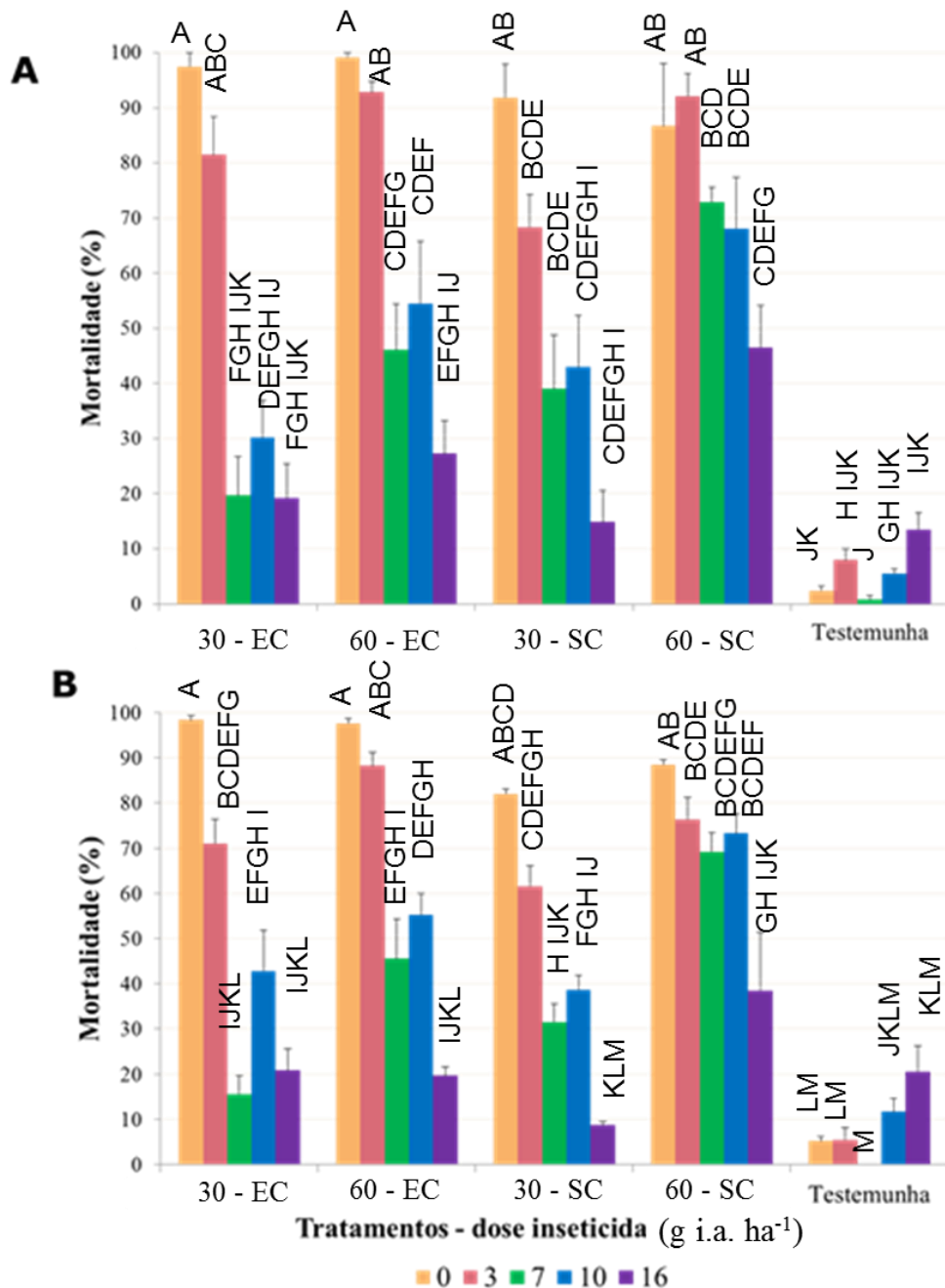


Figura 9. Porcentagem de mortalidade (+ EPM) de lagartas de 3º. instar de *C. includens* nos folíolos da região superior (A) e mediana (B) das plantas de soja aos 0, 3, 7, 10 e 16 dias após a aplicação de duas formulações de indoxacarbe. Colunas seguidas pela mesma letra indicam que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

O efeito residual das formulações do indoxacarbe foi diferente para as duas espécies estudadas. Para *H. armigera*, as dosagens 30 e 60 g i. a. ha⁻¹ causaram mortalidade acima de 80% somente 1 h após a aplicação, enquanto que para *C. includens*, a dosagem 60 g i.a. ha⁻¹ controlou a praga de forma eficiente até três dias após a aplicação. A característica de baixo período residual, aliado ao fato do indoxacarbe ser um inseticida seletivo, permite que ele seja utilizado como uma das estratégias dentro de um programa de manejo integrado de pragas (HARDER et al., 1996, WING et al., 1998).

Este inseticida apresenta baixo efeito residual em virtude de sua alta fotodegradação (DT₅₀ = 4.5 dias em pH 5 e 25 °C) (EMMANOUIL et al., 2013). Além dessa característica, um outro fator a ser considerado na redução de eficácia refere-se à ocorrência de precipitações pluviométricas. A ação da água pode remover parte do produto que estava no folíolo, reduzindo sua absorção e período de proteção (ARRUE et al., 2014). Durante o período de realização do experimento, a precipitação pluviométrica total foi de 124,2 mm e as chuvas se iniciaram a partir do terceiro dia após a aplicação dos tratamentos (Figura 10; APÊNDICE I). Talvez, o período residual do indoxacarbe poderia ter sido maior caso não houvesse a ocorrência de chuvas. Apesar disto, Hulbert et al. (2011), em estudo realizado com simulador de chuva, mencionou que a eficiência de indoxacarbe no controle de desfolhador em uva não foi afetada. Vinaykumar et al. (2013) relataram a eficácia de indoxacarbe para o controle de lagartas de *H. armigera* na cultura da soja até sete dias após a aplicação. Entretanto, os autores não informaram se houve precipitação pluviométrica no período do estudo.

Pelos dados apresentados não foram encontradas diferenças entre as duas formulações do indoxacarbe em relação ao período residual e depósito nas diferentes regiões das plantas para o controle de cada espécie estudada. No trabalho de Zhang et al. (2015), houve comparação da deposição das duas formulações do indoxacarbe (EC e SC) na cultura de chá. Os resultados mostraram que a deposição nas folhas de chá foi semelhante para as duas formulações. Eles também observaram que a degradação do indoxacarbe foi mais lenta na formulação suspensão concentrada (SC) do que no concentrado emulsionável (EC) e essa

diferença foi atribuída à rápida penetração da formulação EC na cera epicuticular da folha e à degradação mais rápida por enzimas em plantas de chá a esta formulação. Entretanto, os autores não mencionaram acerca de nenhum fator externo, como por exemplo, ocorrência de precipitação, que poderia ter influenciado os resultados de deposição.

Os pontos observados no campo por alguns usuários de que a formulação suspensão concentrada (SC) do indoxacarbe apresentava instabilidade, havendo decantação de produto na embalagem e necessidade de ressuspensão da calda antes de sua aplicação, foi também percebida durante a condução deste experimento. Os recipientes referentes ao tratamento com a formulação SC precisaram ser agitados com maior frequência antes da aplicação, visto que houve precipitação de produto no fundo das garrafas plásticas utilizadas para aplicação da calda. Essas características não foram observadas nas garrafas utilizadas para a aplicação dos tratamentos com a formulação concentrado emulsionável (EC).

O controle dessas espécies desfolhadoras é extremamente importante quando a soja se encontra na fase reprodutiva, pois nesta fase ocorre a mobilização de carboidratos se deslocam das folhas para auxiliarem no crescimento e desenvolvimento de vagens e grãos (GAZZONI; MOSCARDI, 1998). A não existência de diferenças na mortalidade de lagartas de *H. armigera* e *C. includens* entre os folíolos oriundos da região superior e mediana da planta é de grande importância para o controle químico dessas espécies na cultura da soja, principalmente para *C. includens* que possui o hábito de permanecer nos folíolos do terço mediano (CONTE et al., 2014). Quando os inseticidas aplicados não atingem essas regiões, a consequência direta é a necessidade da utilização de mais aplicações em doses mais elevadas para obtenção de melhor controle (DEGRANDE; VIVAN, 2010), embora isto possa causar desequilíbrio do ecossistema.

5.2. Curva dose-resposta para as espécies *Helicoverpa armigera* e *Chrysodeixis includens*

5.2.1. *Helicoverpa armigera*

As curvas dose-resposta das duas formulações de indoxacarbe não foram significativamente diferentes ($P=0,8612$) na mortalidade de *H. armigera*, indicando que as duas formulações apresentaram toxicidade semelhante para esta espécie. Os dados obtidos se ajustaram à curva de Probit (dose-mortalidade). Portanto, a partir da metodologia utilizada, foi possível estabelecer a linha básica de suscetibilidade desta espécie às formulações do inseticida indoxacarbe (Figura 11). Esta linha básica ainda não havia sido estabelecida e deverá servir para avaliação de populações resistentes ao inseticida. O inseticida indoxacarbe na formulação concentrado emulsionável apresentou $CL_{50}=0,113 \mu\text{g i.a. mL}^{-1}$ enquanto na formulação suspensão concentrada apresentou $CL_{50}=0,111 \mu\text{g i.a. mL}^{-1}$ (Tabela 3). Estes valores não se diferiram entre si estatisticamente ($P=0,5126$).

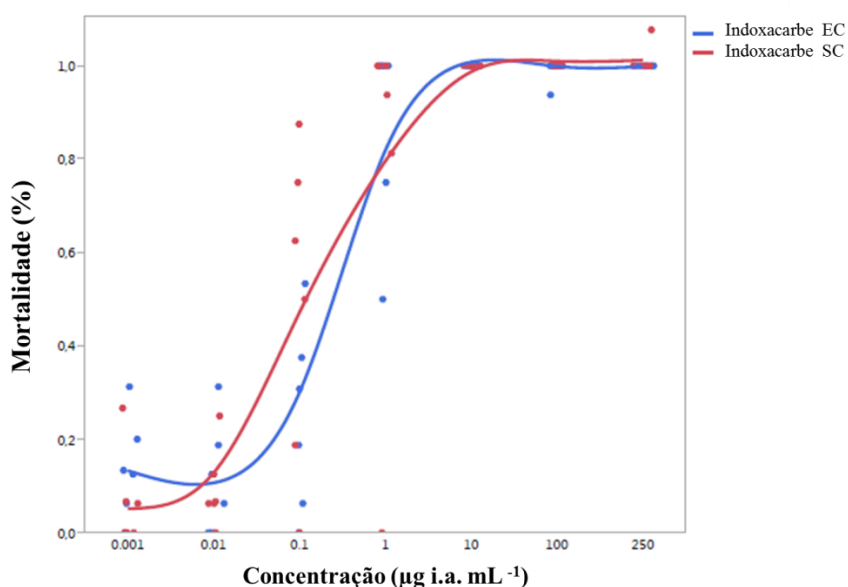


Figura 11. Curva dose-resposta de mortalidade de *Helicoverpa armigera* às formulações EC e SC do inseticida indoxacarbe.

Tabela 3. Parâmetros toxicológicos das curvas de concentração-mortalidade das formulações do inseticida indoxacarbe para a espécie *Helicoverpa armigera*.

Inseticida	N	Inclinação ±EPM	CL ₅₀ (IC 95%) µg i.a. mL ⁻¹	CL ₈₀ (IC 95%) µg i.a. mL ⁻¹	CL ₉₉ (IC 95%) µg i.a. mL ⁻¹	χ ²
Indoxacarbe (Avatar 150 EC®)	32	0,890±0,148	0,113 (0,039-0,314)	1,003 (0,358-4,925)	46,768 (8,234-1352,086)	115,16
Indoxacarbe (Avaunt 150 SC®)	32	0,948±0,152	0,111 (0,045-0,277)	0,859 (0,337-3,595)	31,568 (6,430-631,207)	98,207

N = número de insetos utilizado por réplica; EPM = erro padrão da média; CL = Concentração Letal; IC = intervalo de confiança; i.a.= ingrediente ativo; χ² = Qui-quadrado.

5.2.2. *Chrysodeixis includens*

De forma semelhante ao observado para *H. armigera*, as curvas dose-resposta para *C. includens* não apresentaram diferença significativa ($P= 0,48$), indicando toxicidade semelhante das duas formulações de indoxacarbe. Assim, estabeleceu-se também a linha básica de suscetibilidade para esta espécie às formulações do inseticida indoxacarbe (Figura 12), que também deve ser útil para avaliação de desenvolvimento de populações resistentes.

O inseticida indoxacarbe na formulação concentrado emulsionável apresentou CL₅₀= 0,065 µg i.a. mL⁻¹, enquanto na formulação suspensão concentrada apresentou CL₅₀= 0,127 µg i.a. mL⁻¹. Não houve diferença estatística significativa entre esses dois valores da concentração letal (CL₅₀) ($P=0,0541$).

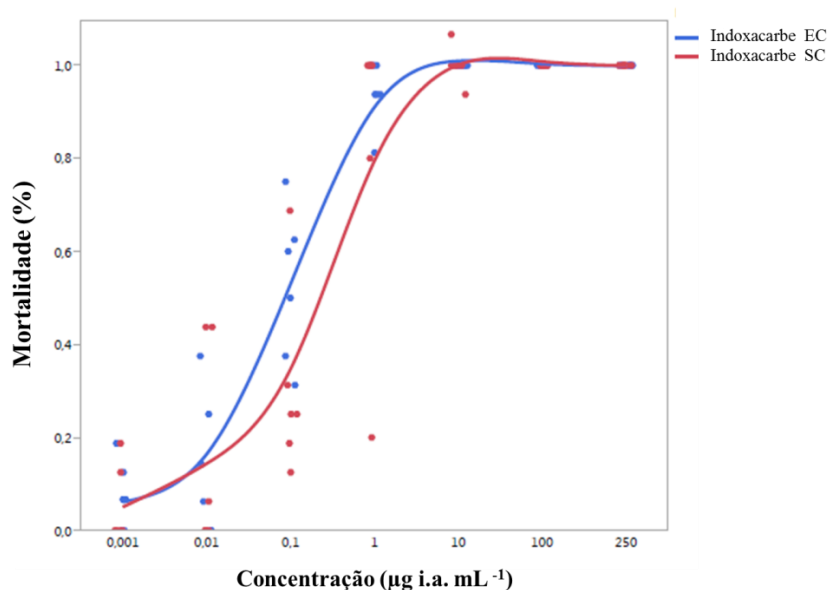


Figura 12: Curva de mortalidade de *Chrysodeixis includens* às formulações EC e SC do inseticida indoxacarbe.

Tabela 4. Parâmetros toxicológicos das curvas de concentração-mortalidade das formulações do inseticida indoxacarbe para a espécie *Chrysodeixis includens*.

Inseticida	N	Inclinação ±EP	CL ₅₀ (IC 95%) µg i.a. mL ⁻¹	CL ₈₀ (IC 95%) µg i.a. mL ⁻¹	CL ₉₉ (IC 95%) µg i.a. mL ⁻¹	X ²
Indoxacarbe Avatar 150 EC®	32	1,011±0,157	0,065 (0,028-0,147)	0,441 (3,054-186,259)	12,969 (3,054-186,259)	87,123
Indoxacarbe Avaunt 150 SC®	32	0,992±0,174	0,127 (0,046-0,340)	0,895 (0,334-4,304)	28,055 (5,437-762,121)	119,42

N = número de insetos utilizado por réplica; EPM = erro padrão da média; CL = Concentração Letal; IC = intervalo de confiança; i.a.=ingrediente ativo; X² = Qui-quadrado.

Durante a avaliação dos experimentos, foi observado que em altas concentrações de indoxacarbe, as lagartas das duas espécies estavam mortas e não havia nenhuma injúria (desfolha) visível nos folíolos tratados. Para *H. armigera*, houve aumento da mortalidade a partir de 10 µg i.a. mL⁻¹ e para *C. includens* a partir de 1 µg i.a. mL⁻¹. Possivelmente, elas morreram devido ao contato com os folíolos

tratados, já que o indoxacarbe pode também agir por contato e não somente por ingestão.

Os valores da concentração letal (CL_{50}) obtidos revelaram que a espécie *C. includens* mostrou ser mais sensível ao indoxacarbe (Tabela 3 e 4) do que *H. armigera*, confirmando as informações obtidas em condições de campo. A partir da linha básica de suscetibilidade obtida para as duas espécies, futuros estudos podem ser realizados para o monitoramento de resistência da atual formulação do indoxacarbe. Portanto, as populações de diferentes localidades onde há o intensivo uso de inseticidas e suspeitas de desenvolvimento de resistência podem ser testadas e comparadas (GEORGHIOU, 1983).

5.3. AÇÃO TRANSLAMINAR DO INDOXACARBE

Não foi verificada ação translaminar das formulações do indoxacarbe. Para os dados de injúria nos folíolos, foi verificada diferença significativa entre os tratamentos ($F_{5, 266} = 3,79$; $P < 0,001$) e nos períodos após a infestação ($F_{4, 266} = 17,37$; $P < 0,001$). Além disso, houve interação estatística significativa entre os fatores tratamento e período de tempo de 2 h após infestação ($F_{20, 266} = 37,78$; $P < 0,001$). Em relação à porcentagem de mortalidade, não houve diferença estatística significativa entre os fatores tratamentos ($F_{5, 260} = 1,95$; $P = 0,09$) e período de tempo após a infestação ($F_{5, 260} = 1,58$). Esses resultados revelam que as formulações do inseticida indoxacarbe, bem como o clorantraniliprole não causaram mortalidade das neonatas de *C. includens*.

Ao relacionar os dados de mortalidade com os dados de injúrias nos folíolos, nota-se que nenhum tratamento atingiu a nota 5 (Figura 13). Portanto, as lagartas neonatas não atingiram a cutícula do tecido foliar, que havia sido tratada com os inseticidas. Isso decorre, pois, as lagartas se alimentaram das várias camadas do folíolo e continuaram vivas. Isto indica claramente que os ingredientes ativos não apresentaram ação translaminar.

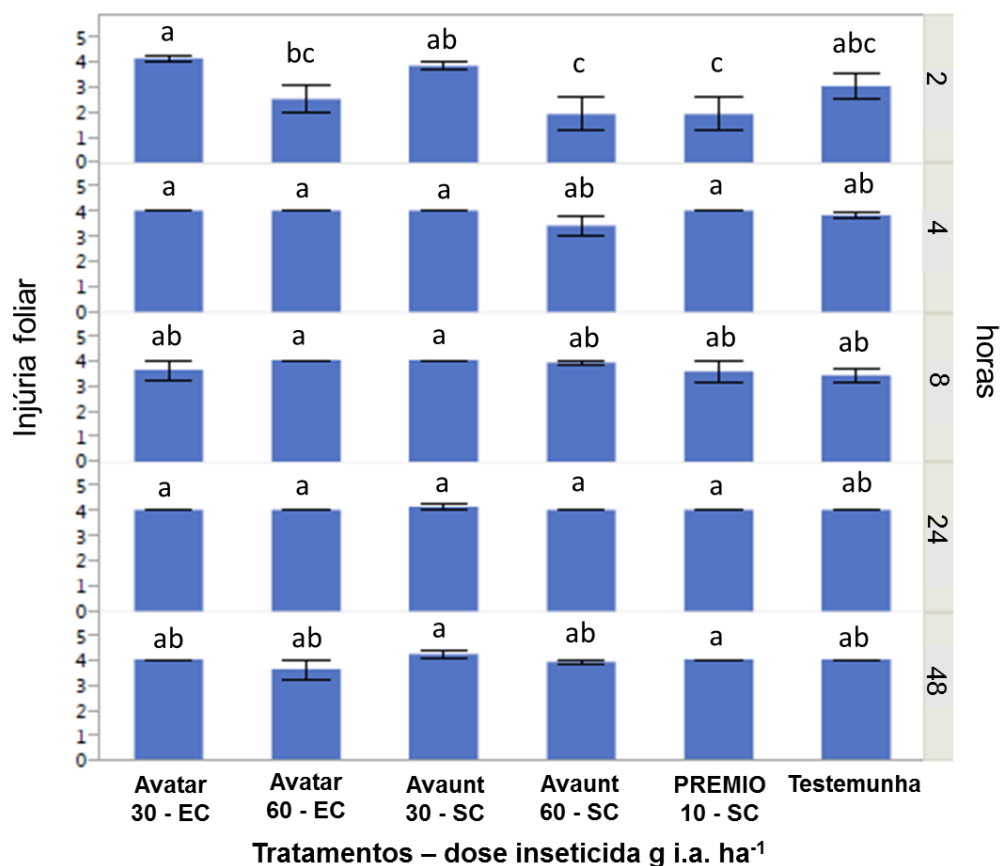


Figura 13: Notas de injúria ($\pm$ EPM) nos folíolos infestados com lagartas neonatas de *Chrysodeixis includens* 2 h após a aplicação de indoxacarbe em soja.

Para os dados de injúria nos folíolos infestados 18 h após a aplicação dos produtos, não foi encontrada diferença estatística significativa entre os tratamentos ($F_{5, 243} = 0,66$; $P = 0,65$). Houve diferença estatística significativa entre os períodos de avaliação após a infestação ($F_{4, 243} = 6,04$; $P < 0,001$). Para os dados de mortalidade, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos ($F_{5, 241} = 2,30$; $P = 0,06$), somente entre os períodos de avaliação após a infestação ($F_{4, 241} = 3,23$; $P < 0,001$).

Os dados obtidos não corroboram os obtidos de McKinley et al. (2002). Os autores relataram que o indoxacarbe na formulação SC, embora não seja sistêmico, apresenta movimentação no mesófilo. Isto também foi evidenciado por Dağlı et al. (2012) ao avaliar a eficiência de indoxacarbe no controle da traça-do-tomateiro, que

é um inseto que se desenvolve no mesófilo foliar. Em relação ao clorantraniliprole, os dados também não corroboram os trabalhos de Kodandaram et al. (2010), que também verificaram movimento do ingrediente ativo na planta. Possivelmente, como as plantas utilizadas em nosso experimento estavam no início da fase reprodutiva e, desse modo, apresentavam folhas com avançado nível de maturidade fisiológica, o movimento dos ingredientes ativos na planta pode ter sido afetado.

O sucesso do controle de insetos-praga não está relacionado somente ao comportamento do inseticida, mas também de uma combinação de propriedades como a espécie de planta utilizada, que pode apresentar diferentes propriedades de barreiras na cutícula foliar, assim como seu metabolismo. Além das plantas, há que se considerar o inseto utilizado para se fazer o estudo de ação translaminar (BUCHHOLZ; NAUEN, 2002).

O curto período residual dessa nova formulação não implica em se fazer mais pulverizações para o controle dessas pragas. A tomada de decisão de uma nova aplicação depende primordialmente do monitoramento dessas pragas na área. A característica de baixo período residual, aliado ao fato do indoxacarbe ser um inseticida seletivo (HARDER et al., 1996; WING et al., 1998), permite que o produto seja utilizado como uma das estratégias dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas. Todavia, nos casos em que o controle deva ser realizado no período reprodutivo da cultura, deve-se ter o cuidado de garantir que a deposição das gotas também ocorra na face abaxial das folhas, por causa da falta de movimentação translaminar do produto.

Desse modo, a formulação EC de indoxacarbe não apresenta os problemas de precipitação observados na formulação SC e mantém as características de eficácia do ingrediente ativo para controle de importantes desfolhadores. Assim, pode ser incluída como mais uma ferramenta a ser utilizada no Manejo Integrado de Pragas, inclusive de *H. armigera* que foi recentemente introduzida no Brasil.

6. Conclusão

- A formulação de concentrado emulsionável (EC) de indoxacarbe é tão eficiente quanto a formulação suspensão concentrada (SC) no controle de lagartas desfolhadoras.
- As formulações EC e SC de indoxacarbe possuem curto período residual.
- O controle de *H. armigera* exige dose maior de indoxacarbe do que *C. includens*.
- O inseticida indoxacarbe não possui ação translaminar em folíolos de soja no estágio reprodutivo para o controle de *C. includens*.

7. REFERÊNCIAS

ALFORD, A. R.; HAMMOND JUNIOR., A. M. Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Louisiana soybean ecosystems as determined with loop lure-baited traps [*Pseudoplusia includens*, *Rachiplusia* ou, *Trichoplusia* spp.]. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, p. 647–650, 1982.

ARRUÉ, A.; GUEDES, J. V. C.; STORCK, L.; SWAROWSKY, A.; CAGLIARI, D.; BURTET, L. M.; ARNEMANN, A. J. Precipitação artificial após aplicação do inseticida clorantraniliprole associado com adjuvante em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 12, p. 2118-2123, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi: 10.1590/0103-8478cr20120211>>.

AVILA, C.J.; VIVAN, L.M.; TOMQUELSKI, G.V. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados. **Circular Técnica 23**. 2013, 12p.

BERNARDI, O. **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 x MON 89788 no Brasil**. 2012. 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERNI, R. F.; MACHADO, V. O. F.; COSTA, G. R.; BARATA, G.; PAULA, R. S. Avaliação da cobertura de gotas provocada por diferentes bicos de pulverização na cultura do milho e do feijão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 29, p. 49-52, 1999.

BORTOLINI, C. G.; LECH, A. Avaliação da eficiência de inseticidas no controle de lagartas das maçãs do algodoeiro e seletividade a inimigos naturais. 2004. Disponível em: <http://antigo.facual.org.br/pesquisa/arquivos/Rel._Final_Inset_1122061930.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2016.

BRYANT, J. L.; JONES, S. C. Contact Toxicity and Residual Efficacy of Indoxacarb against the European Earwig (Dermaptera: Forficulidae). *Insects*, v. 3, p. 593-600, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi:10.3390/insects3030593>>.

BUCHHOLZ, A.; NAUEN, R. Translocation and translaminar bioavailability of two neonicotinoid insecticides after foliar application to cabbage and cotton. **Pest Management Science**, v. 58, n. 1, p. 10-16, 2002

BUENO, A.; BATISTELA, M. J.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. F.; NISHUKAWA, M.; HIDALGO, G.; SILVA, L.; GARCIA, A.; CORBO, E.; SILVA, R. B. Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade. Nível de ação e o MIP – Soja. Londrina: Embrapa Soja. **Circular Técnica 79**, 2010, 12p.

BUENO, R.C.O.F.; BUENO, A.F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J.R.P.; HOFFMANN-CAMPO, C.B. Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiplespecies economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, p. 170-174, 2011.

BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, A.F. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis*. **Biological Control**, Amsterdam, v. 51, p. 355–361, 2009.

BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J. P.; BUENO, A. F.; HADDAD, M. L. Desempenho de Tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.38, n.3, p. 389-394, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-566X2009000300015&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 nov. 2015.

BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; OLIVEIRA, J. R. G.; CAMILLO, M. F. Sem barreira. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 93, p. 12-15, 2007.

BUENO, R. C. O. F.; YAMAMOTO, P. T.; CARVALHO, M. M.; BUENO, N. M. Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) on citrus in the state of Sao Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 520-523, 2014.

CÂMARA, G. M. S. **Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção**. Visão Agrícola, Piracicaba, p. 67-69, 2006.

CASTRO, K. N. C. **Métodos de quantificação de imidacloprid em soluções aquosas: Validação metrológica e comparação entre absorciometria molecular e cromatografia líquida de alta eficiência**, 2007. 166 p. Dissertação (Mestrado em

Metrologia Qualidade e Inovação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, Safras 2013/2014. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_03_12_08_41_24_boletim_graos_marco_2014.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2015.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira. 2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_11_16_15_18_26_safras_nov_2015.pdf>. Acesso em 23 dez. 2015.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira. 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_11_10_09_11_06_boletim_graos_novembro_2015.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T.; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Manejo integrado de pragas**. 2014. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109670/1/Resultados-do-manejo-integrado-de-pragas-da-soja-na-safra-2013-14-no-Parana.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2015.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P.F. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2004/2005**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. (Embrapa Trigo. Sistema de Produção 1).

COUCH, T. L. **Entomopathogenic Bacteria: from Laboratory to Field Application**. 2000. Disponível em: http://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-1429-7_16#page-1>. Acesso em: 15 jan. 2016.

CUNNINGHAM, J. P.; ZALUCKI, M. P.; WEST, S.A. Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behavior and control of a polyphagous pest. **Bulletin of Entomological Research**, v. 89, n. 3, p. 201-207, 1999.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAISET, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p. 110-113, 2013.

DAĞLI, F.; İKTEN, C.; SERT, E.; BÖLÜCEK, E. Susceptibility of tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) populations from Turkey to 7 different insecticides in laboratory bioassay. **EPPO bulletin**, v. 42, n. 2, p. 305-311, 2012.

DEGRANDE, P. E.; OMOTO, C. **Estancar prejuízos**. 2013. Disponível em: <http://www.abapaba.org.br/_resources/userfiles/pdf/artigo-helicoverpa-degrande-omoto-abril-de-2013-rev-cultivar.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. M. **Pragas da soja**. 2010. Disponível em: http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/21/21/5385dc2c47c064f727a0d39a094cf2b093463e25dcf50_08-pragas-da-soja_432333550.pdf. Acesso em: 22 nov. 2015.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Sistemas de Produção, n. 15. Londrina: Embrapa Soja, 2011. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000g0gpptav02wx5ok026zxp02i4z8v.html>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

EMMANOUIL, R.; CHRISTINA, S.; MARIANNA, S.; MARTÍNEZ-AGUIRRE, M. D. R.; GARCÍA-VIDAL, L.; BIELZA, P.; HADDI, K.; RAPISARDA, C.; RISON, J.; BASSI, A.; TEIXEIRA, L. A. Determination of baseline susceptibility of European populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) to indoxacarb and chlorantraniliprole using a novel dip bioassay method. **Pest Management Science**, v. 69, n. 2, p. 217-227, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Ata da XXX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 350p.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION (EPPO). **Data sheets on quarantine organisms nº 110: *Helicoverpa armigera***. Paris: EPPO, 1981.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION (EPPO). *Helicoverpa zea*. In: SMITH, I. M. et al. (Eds.). *Quarantine pests for Europe*. 2. ed. Wallingford: CAB International, p. 1-6, 1996.

FUNICHELLO, M.; GRIGOLLI, J.F.J.; SOUZA, B.H.S. de; BOIÇA JUNIOR, A.L.; BUSOLI, A.C. Effect of transgenic and non-transgenic cotton cultivars on the development and survival of *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **African Journal of Agricultural Research**, v.8, p. 5424-5428, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2012.1760>>.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GARCÉS-FIALLOS, R. A ferrugem-asiática-da-soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. **Ciencia y Tecnologia**, v. 2, p. 45-60, 2011.

GAZZONI, D. L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 4, p. 411- 424, 1998.

GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in arthropods. In Georghiou GP, Saito T. Pest resistance to pesticides. 1983. Disponível em: <[http://dx.doi: 10.1007/978-1-4684-4466-7_32](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4684-4466-7_32)>.

GOATER, B.; RONKAY, L.; FIBIGER, M. **Noctuidae Europeae**. Entomological Press, 2003. 452 p.

GONÇALVES, M. E. de C.; BLEICHER, E. Uso de extratos aquosos de nim e azadiractina via sistema radicular para o controle de mosca-branca em meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 182-187, 2006.

GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 4, p. 537-544, 2015.

GUEDES, J. V. C.; FIORIN, R. A.; STURMER, G. R.; PRÁ, E. D.; PERINI, C. R.; BIGOLIN, M. Sistemas de aplicação e inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatilis* na soja. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.16, n.8, p. 910-914, 2012.

HARDER, H. H.; RILEY, S. L.; MCCANN, S. F. DPX-MP062: A novel broad spectrum, environmentally soft, insect control compound. **Brighton Crop Protection Conference Pests & Diseases**, v. 2, p. 449-454, 1996.

HERZOG, D. C. Sampling soybean looper on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D.C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag. p. 140-168, 1980.

HULBERT, D.; ISAACS, R.; VANDERVOORT, C.; Wise, J. C. Rainfastness and residual activity of insecticides to control Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in grapes. **Journal of economic entomology**, v. 104, n. 5, p.1656-1664, 2011.

IRAC. **Modo de Ação de Inseticidas e Acaricidas**. 2015. Disponível em: <<http://www.irac-br.org/#!/modo-de-ao-de-inseticidas-e-acaricidas/c10s0>>. Acesso em: 22 fev. 2016.

JALLOW, M. F. A.; CUNNINGHAM, J. P.; ZALUCKI, M. P. Intra-specific Variation for Host Plant Use in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae): implications for management. **Crop Protection**, v. 23, n. 10, p. 955-964, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi:10.1016/j.cropro.2004.02.008>>.

JOST, D.J.; PITRE, H.N. Soybean looper and cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) populations in cotton and soybean cropping systems in Mississippi. **Journal of Entomological Science**, v.37, p.227-235, 2002.

JUHÁSZ, A. C. P.; PÁDUA, G. P.; WRUCK, D. S. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**, v. 276, p. 66-75, 2013.

KARIM, S. Management of *Helicoverpa armigera*: a review and prospectus for Pakistan. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 3, n. 8, p. 1213-1222, 2000.

KEPLER, R. M.; HUMBER, R. A.; BISCHOFF, J. F.; REHNER, S. A. Clarification of generic and species boundaries for *Metarhizium* and related fungi through phylogenetics. **Mycologia**, v. 106, p. 811-829, 2014.

KODANDARAM, M. H.; HALDER, J.; RAI, A. B.; SWAMY, T. M. S. Dose optimization of Chlorantraniliprole (Rynaxypyr) 18.5 SC: A novel anthranilic diamide insecticide for control of brinjal fruit and shoot borer, *Leucinodes orbonalis*. Proceedings 4th Indian Horticulture Congress held on 18-21 November, New Delhi, India, p. 368, 2010.

KUSS, C. **Bases para o manejo de pragas de difícil controle em soja: eficiência de inseticidas para *Helicoverpa armigera* e efeito sistêmico de neonicotinóide sobre *Euschistus heros***. 2015. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

LAMMERS, J. W.; MACLEOD, A. Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808). [S.l.: s.n.], 2007. Disponível em: <<http://www.fera.defra.gov.uk/plants/plantHealth/pestsDiseases/documents/helicoverpa.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

LOURENÇÃO, A. L.; RECO, P. C.; BRAGA, N. R.; VALLE, G. E. DO; PINHEIRO, J. B. Produtividade de genótipos de soja sob infestação da lagarta-da-soja e de percevejos. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 275-281, 2010.

MAELZER, D. A.; ZALUCKI, M. P. Long range forecasts of the numbers of *Helicoverpa punctigera* and *H. armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia using the southern oscillation index and the sea surface temperature. **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, n. 2, p. 133-146, 2000.

MAINARDI, J. T.; ASMUS, G. L. Danos e potencial reprodutivo de *Pratylenchus brachyurus* em cinco espécies vegetais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 38-47, 2015.

MARTINELLI, S.; MONTAGNA, M. A.; PICINATO, N. C.; SILVA, F. M. A.; FERNANDES, O. A. Eficácia do indoxacarb para o controle de pragas em hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 501-505, 2003.

MARTINS, G. L.; TOMQUELSKI, G. V. Eficiência de inseticidas sobre *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, p. 25-31, 2015.

MATTHEWS, M. Heliothine moths of Australia: a guide to pest bollworms and related noctuid groups. **Tropical Lepidoptera**, Melbourne, v. 10, n. 2, p. 50, 1999.

McCANN, S. F.; ANNIS, G. D.; SHAPIRO, R.; PIOTROWSKI, D. W.; LAWDM, G. P.; LONG, J. K.; LEE, K. C.; HUGHES, M. M.; MYERS, B. J.; GRISWOLD, S. M. The discovery of indoxacarb:oxadiazines as a new class of pyrazoline-type insecticides. **Pest management Science**, v. 57, p. 153-164, 2001.

McKINLEY, N.; KIJIMA, S.; COOK, G.; SHERROD, D.; PROTECTION, D.C. Avaunt (Indoxacarb): a new mode of action insecticide for control of several key orchard pests. **Orchard Pest & Disease Management Conference**, p. 9-11, 2002.

McKINLEY, N.; STEVEN, K.; COOK, G.; SHERROD, D. Chemical control/new products: avault (indoxacarb): a new mode of action insecticide for control of several key orchard pests. Disponível em: <<http://entomology.tfrec.wsu.edu/wopdmc/2002PDFs/Rep02%20Chemical%20McKinley.pdf>>. Acesso em 19 abr. 2016.

MELO, M. R. S.; ROCHA, J. V.; MANABE, V. D.; CERVI, W. R.; LAMPARELLI, R. A. C. Expansão do cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Cerrado brasileiro, por meio de séries temporais de dados MODIS. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1159.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

MICHAUD, J. P.; GRANT, A. K.; IPM-compatibility of foliar insecticides for citrus: indices derived from toxicity to beneficial insects from four orders. **Journal of Insect Science**, v. 3, p. 1-10, 2003.

MILLER, P. C. H.; BUTLER ELLIS, M. C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, p. 609-615, 2000.

MIRONIDIS, G. K.; SAVOPOULOU-SOULTANI, M. Development, survivorship, and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and alternating temperatures. **Environmental Entomology**, v. 37, n. 1, p. 16-28. 2008.

MORAES, R.R.; LOECK, A.E.; BELARMINO, L.C. Inimigos naturais de *Rachiplusia nu* (Grenée, 1852) e de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 57-64, 1991.

MOSCARDI, F. Problemática das populações dos insetos pragas em desequilíbrio e a retomada do MIP. **XXX Reunião de Pesquisa de soja da região central do Brasil**, Rio Verde, 2008.

MOSCARDI, F.; BUENO, A.F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; POMARI, A.F.; CORSO, I.C.; YANO, S.A.C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Eds). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília - DF: Embrapa, p. 213-334, 2012.

MOURA, A.P.; ROCHA, L.C.D. Seletivos e eficientes. **Cultivar Hortalças e Frutas**, Pelotas, v. 6, n. 36, p. 6-8, 2006.

NUMMER, I. **Desafios da tecnologia Bt**. 2015. Disponível em: <<http://www.portaldbo.com.br/Portal/Artigos/Desafios-das-tecnologias-Bt/13988>>. Acesso em: 7 jan. 2016.

PANIZZI, A. R. O Manejo integrado de pragas (MIP) em soja e o compromisso com o meio ambiente. In: CONGRESSO DE SOJA DEL MERCOSUR. Mercosoja 2006: conferências plenárias, foros, workshops. **Rosário: Asociación de la Cadena de Soja Argentina**, p. 144-149, 2006.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. **Lagartas na soja**. 2007. Disponível em: <<http://www.ilhasolteira.com.br/colunas/index.php?acao=verartigo&idartigo=1189090532>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

PASSINI, F. B. **Manejo da Resistência de Insetos à Tecnologia Bt**. 2015. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/14/manejo-da-resistencia-de-insetos-a-tecnologia-bt>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

PETTER, F. A.; SEGATE, D.; ALMEIDA, F. A.; NETO, F. A.; PACHECO, L. P. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, p.129-138, 2013.

PLUSCHKELL, U.; HOROWITZ, A. R.; WEINTRAUB, P. G.; ISHAAYA, I. DPX-MP062 - a potent compound for controlling the Egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Boisd.). **Pesticide Science**, v. 54, p. 85-90, 1998.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae:Heliothinae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 97, p. 1222-1226, 2004.

RAI, A. B.; KUMAR, A.; SATPATHY, S.; SHIVALINGASWAMY, T. M.; RAI, M. Efficacy of indoxacarb 15 EC in the control of diamondback moth, *Plutella xylostella* L. in cabbage. **Journal of Vegetation Science**, v. 34, n. 2, p. 160-162, 2007.

Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. 2010, Brasília, DF. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, p. 137-160, 2010.

RIGITANO, R.L.O.; CARVALHO, G.A. **Toxicologia e seletividade de inseticidas**. Lavras: UFLA/Faepe, 2001. 72p.

ROGGIA, S. **As lagartas continuam causando preocupação nas lavouras de soja**. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123175/1/AS-LAGARTAS-CONTINUAM-CAUSAND-O-PREOCUPACAO.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

SALVADORI, J. R.; SUZANA, C. S. **Conhecendo e manejando a lagarta *Helicoverpa armigera* em soja**. 2015. Disponível em: <<https://www.lavourasempragas.com.br/especialistas/jose-roberto-salvadori/conhecendo-e-manejando-a-lagarta-helicoverpa-armigera-em-soja.html>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

SANSONE, C. G.; MINZENMAYER, R. R. Impact of new bollworm insecticides on natural enemies in the southern rolling plains of Texas, in Proceedings of 2000 Beltwide Cotton Conference, San Antonio, USA, v. 2, p. 1104-1108, 2000.

SANTOS, W. J.; BARBOSA, C. A. S.; PEDROSA, M. B. **Estudo do comportamento da falsa-medideira e ou mede-palmo na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no Oeste da Bahia**. 2010. Disponível em: <http://circuloverde.com.br/art/safra_0809/algodao/relatoriofinalensaiosdeplusiasafra0809.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2015.

SCHMIDT, F. B. **Linha básica de suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a Lufenuron na cultura do milho**. 2002. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SHIVALINGASWAMY, T. M.; KUMAR, A.; SATPATHY, S.; RAI, A. B. Efficacy of indoxacarb against tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* Hubner. **Pestology**, v. 32, n. 8, p. 39-41, 2008.

SILVA, B. M.; RUAS, R. A. A.; SICHOCKI, D.; DEZORDI, L. R.; CAIXETAS, L. F. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*). **Engenharia na agricultura**, v. 1, p.17-24, 2014.

SILVIE, P.; BÉLOT, J.L.; MICHEL, B. **Manual de identificação das pragas e seus danos no cultivo de algodão**. 2. ed. Cascavel: COODETEC/CIRAD-CA, 2007. 120p. (Boletim técnico 34).

SOLEIMANNEJAD, S.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; ZALUCKI, M. P. Evaluation of potential resistance in seeds of different soybean cultivars to *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) by using demographic parameters and nutritional indices. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, p. 1420-1430, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R. **Seletividade de agroquímicos para fungos entomopatogênicos.** 2008. Disponível em: http://cnpso.embrapa.br/download/artigos/seletiv_fung.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2016.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Soja: manejo integrado de pragas. Curitiba: SENAR-PR/EMBRAPA-Soja, 2010. 83p.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A.R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. 90 p.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L.J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; HIROSE, E.; ROGGIA, S. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja, 3rd ed. Embrapa Soja. Documentos, Londrina, 269p, 2014.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; DELPIN, K. E.; MOSCARDI, F.; NOZAKI, M. H. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson epizootics and on populations of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 287-291, 2003.

SOSA-GÓMEZ, D.; LOPEZ L. C.; HUMBER, R. A. An overview of arthropod-associated fungi from Argentina and Brazil. **Mycopathologia**, v. 170, p. 61-76, 2010. SOSA-GÓMEZ, D. R.; SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; YANO, S. A. C. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliethinae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 60, n. 1, p. 101-104, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2015.09.008>>.

SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Efeito translaminar, sistêmico e de contato de extrato aquoso de sementes de nim sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B em tomateiro. **Neotropical Entomology**. v. 34, n. 1, p. 083-087, 2005.

SOUZA, L. C. F.; PEDROSO, F. F.; PILETTI, L. M. M. S.; SECRETTI, M. L. desempenho agrônomo da soja em sucessão de culturas com espécies de oleaginosas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. 1, p. 112-126, 2015.

SPECHT A; SOSA-GÓMEZ DR; PAULA-MORAES SV; YANO SAC. Morphological and molecular identification of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) and expansion of its occurrence record in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 689-692, 2013.

TAY, W.T.; SORIA, M. F.; WALSH, T.; THOMAZONI, D.; SILVIE, P.; BEHERE, G.T.; ANDERSON, C.; DOWNES, S. A brave new world for an Old World pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **PLoS One**, v. 8, p. 1–7, 2013.

TOMQUELSKI, G. V.; MARTINS, G. L. M. Eficiência de inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho na região dos chapadões. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, p.26-39, 2007.

TONG-XIAN, L.; SPARKS, A. N.; LIANG, W. C.; BRISTER, G. C. Toxicity, persistence, and efficacy of indoxacarb on cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) on cabbage. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 360–367, 2002.

VINAYKUMAR, M. M.; RAGHVANI, K. L.; KRISHANA, N. L.; BIRADAR, A. K.; CHANDRASHEKAR, G. S. Management of *Spodoptera litura* (Fabr.) and *Helicoverpa armigera* (Mats.) in soybean with newer insecticides. **International Journal of Green and Herbal Chemistry**, v. 2, p. 665-674, 2013.

WING, K. D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M. Bioactivation and mode of action of the oxidiazine indoxacarb in insects. **Crop Protection**, v. 10, p. 537-545, 2000.

WING, K. D.; SCHNEE, M.; SACHER, M.; CONNAIR, M. A novel oxidiazine insecticide is bioactivated in lepidopteran larvae. **Archives of insect biochemistry and physiology**, v. 37, p. 91-103, 1998.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTO, J. Ferrugem asiática da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/alerta/documento247.pdf>>. Acesso em 22 mai. 2016.

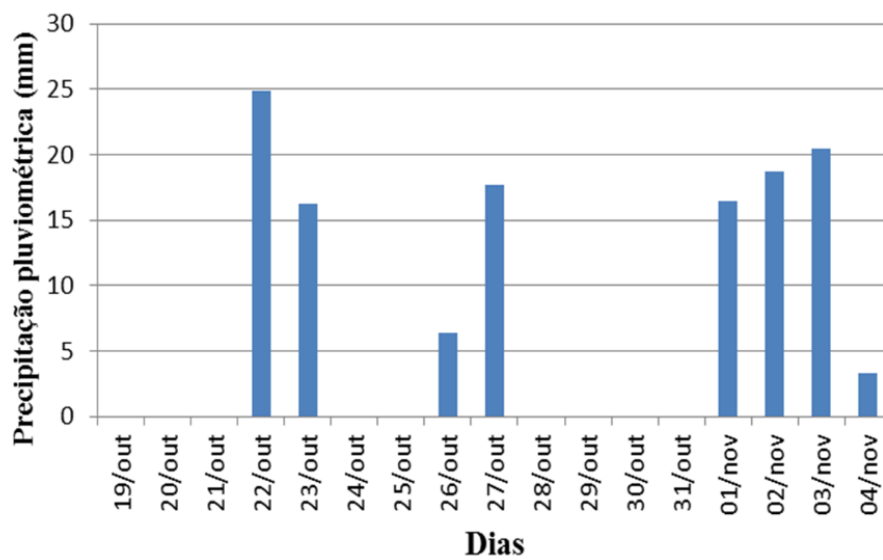
YUPING, Z.; DEYU, H.; XINGANG, M.; QINGCAI, S.; PEI LI, L. J.; KANKAN, Z.; BAOAN S. Enantioselective Degradation of Indoxacarb From Different Commercial Formulations Applied to Tea. *Chirality*, v. 27, p. 262–267, 2015.

ZALUCKI, M. P.; MURRAY, D. A. H.; GREGG, P. C.; FITT, G. P; TWINE, P. H.; JONES, C. Ecology of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *H. punctigera* (Wallengren) in the inland of Australia: larval sampling and host plant relationships during winter and spring. **Australian Journal of Zoology**, v. 42, p. 329-346, 1994.

ZHANG, Y.; HU, D.; MENG, X.; SONG, B. Enantioselective Degradation of Indoxacarb From Different Commercial Formulations Applied to Tea. **Chirality**, v. 27, n. 3, p. 262-267, 2015.

ZHOU, X. F.; APPLEBAUM, S. W.; COLL, M. Overwintering and spring migration in the bollworm *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Israel. **Environmental Entomology**, v. 29, p. 1289–1294, 2000.

APÊNDICE



APÊNDICE I. Precipitação pluviométrica ocorrida durante a realização do experimento.