

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**  
**CENTRO DE CIENCIAS AGROVETERINARIAS – CAV**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**RAFAEL ERMENEGILDO CONTINI**

**RESISTÊNCIA E TOLERÂNCIA DE LAGARTAS DESFOLHADORAS DA SOJA A  
INSETICIDAS**

**Lages, SC**  
**2020**

**RAFAEL ERMENEGILDO CONTINI**

**RESISTÊNCIA E TOLERÂNCIA DE LAGARTAS DESFOLHADORAS DA SOJA A  
INSETICIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Roberto Franco

**Lages, SC  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Contini, Rafael Ermenegildo  
RESISTÊNCIA E TOLERÂNCIA DE LAGARTAS  
DESFOLHADORAS DA SOJA A INSETICIDAS / Rafael  
Ermenegildo Contini. -- 2020.  
62 p.

Orientador: Cláudio Roberto Franco  
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages,  
2020.

1. Glycine max. 2. Chrysodeixis includens. 3. Anticarsia  
gemmaalis. 4. Manejo Integrado de Pragas. 5. Manejo da  
Resistencia a Inseticidas. I. Franco, Cláudio Roberto . II.  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de  
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal. III. Título.

**RAFAEL ERMENEGILDO CONTINI**

**RESISTÊNCIA E TOLERÂNCIA DE LAGARTAS DESFOLHADORAS DA SOJA A  
INSETICIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

**Banca examinadora:**

Orientador: Professor Dr. Cláudio Roberto franco  
UDESC, Departamento de Agronomia, Lages/SC

Membros: Professor Dr. Clovis Arruda de Souza  
UDESC, Departamento de Agronomia, Lages/SC

Professor Dr. Joatan Machado da Rosa  
UFPR, Setor de Ciências Biológicas, Curitiba/PR

**Lages, 29 de Julho de 2020**

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável para aprender o desconhecido”

Albert Eisten



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar comigo em todos os momentos, por me dar o dom da vida, por sempre manter a minha fé, minha coragem, minha saúde e pôr a benção de chegar até onde cheguei sem desanimar.

Ao meu orientador Cláudio Roberto Franco, pela oportunidade, confiança, amizade, dedicação, paciência e pela orientação de excelência.

A minha família, em especial meus pais a minha gratidão eterna por ter me ensinado valores e princípios valiosos, por nunca me deixar desistir, por nunca deixar faltar amor e respeito, por ser o maior exemplo da minha vida. Acredito que os filhos são reflexos dos pais.

Aos colegas do Laboratório de Entomologia que dedicaram tempo e companheirismo para que houvesse à execução da parte experimental desta pesquisa, porque sem ajuda deles não seria possível a realização das atividades.

Aos colegas do edifício Ladislau, pelo companheirismo nesses dois anos em especial aos companheiros do AP 301,304 e 212.

Aos professores, funcionários e colegas graduandos e pós-graduandos pelos ensinamentos de qualidade, auxílio na realização de experimentos, suporte, dedicação e paciência na realização das atividades.

As empresas que auxiliaram com a localização de áreas com infestação de lagartas como Agro 10 Acessória agropecuária, Granja Hoffman, Copérdia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPESC pelo apoio financeiro para execução do projeto de pesquisa como parte do projeto financiado pelas Chamadas Públicas destinadas ao “Apoio à infraestrutura para Grupos de Pesquisa da UDESC” definida no âmbito dos acordos de cooperação técnica e financeira nº 01/2016 e 04/2018, assinados com a Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.



## RESUMO

A soja é o grão mais cultivado no Brasil, tendo uma perspectiva de produção na safra 2019/20 de 120 milhões de toneladas. Entre os fatores que afetam a produtividade da soja destaca-se a ocorrência de pragas, principalmente da ordem Lepidoptera, como a lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*, sendo as principais pragas desfolhadoras da cultura. Até a década de 90 a lagarta falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) era considerada uma praga secundária. Porém a partir da safra de 2003/2004 foram observados surtos populacionais desta espécie na Região Centro-Oeste do Brasil. Para o controle desse inseto, diversos métodos podem ser empregados, com destaque para os inseticidas sintéticos e plantas geneticamente modificadas. Entretanto, a utilização indiscriminada de inseticidas, tem promovido o desequilíbrio biológico afetando negativamente o desempenho de agentes de controle biológico natural, assim como favorecendo o processo de evolução da resistência do inseto a inseticidas. A seleção de indivíduos resistentes pode refletir em falhas de controle no campo. Como consequências dessas falhas de controle há aumento no número de aplicações de inseticidas, aumento da dose e uso de misturas. Com reflexos no aumento do risco de intoxicação humana, contaminação do ambiente, insegurança alimentar, além do aumento do custo de produção. Atualmente, a evolução da resistência de insetos a inseticidas é apontada como a principal razão pela busca de novas moléculas inseticidas, inclusive de novos mecanismos de ação. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a tolerância de insetos de diferentes instares de *C. includens* e *A. gemmatalis* a inseticidas. Para este experimento foi utilizado os inseticidas flubendiamide, chlorantraniliprole, cyantraniliprole, teflubenzuron, methoxifenoazida e bifentrina. Para o experimento de persistência em condições de campo foram utilizados os inseticidas já citado mais chlorantraniliprole + lambda-cialotrina. E para o segundo experimento foi realizado a caracterização da linha-básica de suscetibilidade de *C. includens* a flubendiamide, chlorantraniliprole e cyantraniliprole, monitoramento da suscetibilidade de populações de campo e caracterização da resistência de *C. includens* a flubendiamide. Com base nos experimentos obtidos a informação que *C. includens* foi mais tolerante a inseticidas que *A. gemmatalis*, tanto no experimento a campo quanto em laboratório. Para o experimento de caracterização da população de *C. includens* apresentaram maior tolerância ao inseticida cyantraniliprole enquanto flubendiamide e clorantraniliprole não se diferenciaram. Para o experimento de persistência a população resistente quando exposta ao inseticida não apresentou um controle satisfatório após três dias a aplicação se diferenciando da população suscetível. Assim *C. includens* apresenta maior risco de evolução de resistência e causar danos econômicos elevados para aos produtores.

**Palavras-Chave:** *Glycine max.* *Chrysodeixis includens.* *Anticarsia gemmatalis.* Manejo integrado de pragas. Manejo da resistência a inseticidas



## ABSTRACT

Soybean is the most cultivated grain in Brazil, with a production perspective in the 2019/20 harvest of 120 million tons. Among the factors that affect soybean productivity, the occurrence of pests, mainly of the order Lepidoptera, stands out, such as the soybean caterpillar *Anticarsia gemmatalis* and *Chrysodeixis includens*, being the main defoliating pests of the crop. Until the 90 ths, the soybean looper *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) was considered a secondary pest. However, from the 2003/2004 harvest, population outbreaks of this species were observed in the Midwest Region of Brazil. To control this insect, several methods can be used, with emphasis on synthetic insecticides and genetically modified plants. However, the indiscriminate use of insecticides has promoted biological imbalance, negatively affecting the performance of natural biological control agents, as well as favoring the evolution process of insect resistance to insecticides. The selection of resistant individuals may reflect failures of control in the field. Because of these control failures, there is an increase in the number of insecticide applications, an increase in the dose and use of mixtures. Reflecting the increased risk of human intoxication, contamination of the environment, food insecurity, in addition to increased production costs. Currently, the evolution of insect resistance to insecticides is pointed out as the main reason for search of new insecticidal molecules, including new mechanisms of action. Thus, the work aimed to evaluate the insects tolerance in different instants of *C. includens* and *A. gemmatalis* to insecticides. For this experiment the insecticides flubendiamide, chlorantraniliprole, cyantraniliprole, teflubenzuron, methoxifenoxy and bifenthrin were used. For the experiment of persistence in field conditions the insecticides already mentioned were used plus chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin. And for the second experiment, the susceptibility baseline of *C. includens* to flubendiamide, chlorantraniliprole and cyantraniliprole was characterized, monitoring the susceptibility of field populations and characterizing the resistance of *C. includens* to flubendiamide. Based on the experiments obtained, the information that *C. includens* was more tolerant to insecticides than *A. gemmatalis*, both in the field and laboratory experiments. For the experiment of characterization of the population of *C. includens* they presented greater tolerance to the insecticide cyantraniliprole while flubendiamide and chlorantraniliprole did not differ. For the persistence experiment, the resistant population when exposed to the insecticide did not present a good control after three days, the application differing from the susceptible population. Thus *C. includens* presents a higher risk of resistance evolution.

**Keywords:** *Glycine max.* *Chrysodeixis includens.* *Anticarsia gemmatalis.* Integrated Pest Management. Insecticide Resistance Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 —	Persistência biológica de inseticidas do grupo químico das diamidas, (a) flubendiamide, (b) chlorantraniliprole e (c) cyantraniliprole, pulverizados em plantas de soja no controle de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (SUSAg) e <i>Chrysodeixis includens</i> (SUSCI-15) .....	39
Figura 2 —	Persistência biológica de inseticidas reguladores de crescimento methoxifenoazida e teflubenzuron dos grupos químicos diacihidrazinas (d) e benzoiluréias (e), respectivamente, pulverizados em plantas de soja no controle de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (SUSAg) e <i>Chrysodeixis includens</i> (SUSCI-15) .....	40
Figura 3 —	Persistência biológica do inseticida bifentrina do grupo químico dos piretroides pulverizados em plantas de soja no controle de <i>Anticarsia gemmatalis</i> (SUSAg) e <i>Chrysodeixis includens</i> (SUSCI-15) .....	41
Figura 4 —	Curvas de concentração resposta da população suscetível de referência (SUSCI-15) e resistente a flubendiamide (CiResFlu) em bioensaio de ingestão com tratamento superficial da dieta artificial.....	52
Figura 5 —	Curva de persistência a flubendiamide com populações de suscetível de referência (SUSCI - 15) e população resistente (CiResFlu) <i>C. includens</i> .....	53



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Resposta da concentração-mortalidade (CL; $\mu\text{g}$ i.a. por $\text{cm}^2$ ) de lagartas de primeiro ínstar de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Anticarsia gemmatalis</i> expostas a inseticidas em bioensaios com tratamento superficial da dieta artificial .....	35
Tabela 2 — Resposta da concentração-mortalidade (CL; $\mu\text{g}$ i.a. por $\text{cm}^2$ ) de lagartas de terceiro ínstar de <i>Chrysodeixis includens</i> e <i>Anticarsia gemmatalis</i> expostas a inseticidas em bioensaios com tratamento superficial da dieta artificial .....	36
Tabela 3 — Procedência de populações de <i>Chrysodeixis includens</i> (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas em lavouras de soja comercial na região Sul do Brasil na safra 2018/2019 .....	45
Tabela 4 — Caracterização de suscetibilidade da população suscetível de referência de <i>Chrysodeixis includens</i> (Lepidoptera: Noctuidae) a diamidas em bioensaio de ingestão com o tratamento superficial da dieta .....	50
Tabela 5 — Monitoramento da suscetibilidade de populações de <i>Chrysodeixis includens</i> (Lepidoptera: Noctuidae) em bioensaio de ingestão com o tratamento superficial da dieta artificial a diamidas .....	50



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>23</b>
2.1	ASPECTOS BIOECOLOGICOS E IMPORTÂNCIA DE <i>C. INCLUDENS</i> .....	23
2.2	LAGARTA DA SOJA <i>Anticarsia gemmatalis</i> HÜBNER,1818 (LEPIDOPTERA: EREBIDAE) .....	24
2.3	CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS.....	25
<b>2.3.1</b>	<b>Resistência de <i>Chrysodeixis includens</i> a inseticidas.....</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>TOLERÂNCIA DE <i>Chrysodeixis includens</i> E <i>Anticarsia gemmatalis</i> A DIFERENTES GRUPOS QUIMICOS A INSETICIDAS.....</b>	<b>29</b>
3.1	RESUMO.....	29
3.2	INTRODUÇÃO.....	29
3.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
<b>3.3.1</b>	<b>Procedimento de bioensaio toxicológicos.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Persistência biológica em condições de campo.....</b>	<b>33</b>
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
3.5	CONCLUSÃO.....	42
<b>4</b>	<b>EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE <i>Chrysodeixis includens</i> A DIAMIDAS.....</b>	<b>43</b>
4.1	RESUMO.....	43
4.2	INTRODUÇÃO.....	43
4.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	45
<b>4.3.1</b>	<b>Procedimento de bioensaio toxicológico.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Procedimento para seleção da população resistente de <i>C. includens</i> a flubendiamide.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Análise estatística persistência.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Persistência biológica em condições de campo.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Análise estatística persistência.....</b>	<b>49</b>
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.5	CONCLUSÃO.....	54
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) foi relatada pela primeira vez no Brasil no final do século XIX, e por vários anos foi tratada como uma cultura secundária. A partir de 1970 a 1985 o cultivo da soja apresentou expansão significativa no país, devido a migração de produtores da região sul para a região centro oeste do Brasil. A expansão só foi possível através de trabalho conjunto entre EMBRAPA, Instituto Agrônomo de Campinas, Universidade Federal de Viçosa e Pesquisa Agropecuária Agência do Estado de Goiás, no qual deram origem ao “Tropical Soja”, desenvolvendo cultivares adaptadas as condições climáticas específicas da região (CATTELAN; DALL’AGNOL, 2018). Desta forma, a partir do ano de 1990 a cultura da soja ganhou o espaço do milho primeira safra, proporcionando aumento da produtividade.

Nos dias atuais a soja é a quarta commodity mais produzida no mundo, ficando atrás do milho, trigo e arroz. Os principais produtores mundiais desse grão são os Estados Unidos, Brasil e Argentina, que participam com cerca de 82% da produção (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Durante o seu cultivo o agricultor enfrenta diversos entraves que limitam a produção de soja. Um exemplo são os insetos-praga, que se não forem manejados de forma eficazes, podem ocasionar reduções significativas na produção. Entre os principais insetos-praga associados a essa cultura se destacam os pertencentes a Ordem Lepidoptera que danificam folhas ou vagens. Pertencentes a esta ordem, destacam-se as lagartas desfolhadoras, como a lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Erebidae) e a falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012; FORMENTINI et al., 2015; GUEDES et al., 2015; SPECHT; MORAES; SOSA-GOMES, 2015).

A lagarta *C. includens* era considerada praga secundária na cultura de soja até meados dos anos 90, principalmente por ser controlada naturalmente por agentes de controle biológico (MORAES et al., 1991; MOSCARDI; CARVALHO, 1993). Na safra 2003/04 surtos populacionais dessa espécie foram registrados nos estado do Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo e Paraná (BUENO et al., 2007; BALDIN et al., 2014). Entre as razões que explicam esse aumento populacional de *C. includens* tem sido sugerido o aumento do uso de fungicidas na cultura após a

detecção da ferrugem asiática *Phakopsora pachyrhizi* no Brasil, na safra de 2000/01, como a principal razão. Desde então a *C. includens* vem sendo considerada praga-chave da cultura da soja (SPECHT et al., 2015).

Um dos principais métodos de controle de *C.includens* e a utilização de inseticidas e plantas geneticamente modificadas na cultura da soja (BERNARDI et al., 2012; BALDIN et al., 2014). As lagartas apresentam alta tolerância a inseticidas, e alta capacidade de desintoxicação (DOWD; SPARKS, 1986; GUEDES et al., 2015). Em 2013 quando foi confirmada a presença de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil houve novamente mudanças no cenário fitossanitário nacional, causando aumento no número de aplicações de inseticidas para o seu controle (CZEPAK et al., 2013; SPECHT et al., 2013). Por exemplo, nas regiões produtoras de soja em Santa Catarina os agricultores adotaram aplicações de inseticidas de forma calendarizada, aumento de dose e utilização de inseticidas de amplo espectro (CIDASC, 2014).

Com a má utilização dos inseticidas intensificou-se a pressão de seleção, resultando no aumento da frequência de insetos resistentes, ocasionando falhas no controle (SOSA-GÓMES; OMOTO, 2012). Em decorrência das falhas de controle, aumentaram os riscos de contaminação ambiental, intoxicações ao homem, insegurança alimentar e aumento no custo de produção para o agricultor. Isto devido ao aumento no número de aplicações de inseticidas e da dose recomendada, juntamente com utilização de misturas o que pode ter ocasionado resistência do tipo cruzada ou até mesmo a perda da eficácia de moléculas (GEORGHIOU; TAYLOR 1986).

Para retardar a evolução de resistência é importante que o manejo seja realizado com base no nível de controle, já que métodos de controle podem variar entre espécies e apresentar diferenças de suscetibilidade, uma vez que um grande complexo de pragas podem ocorrer simultaneamente (BUENO et al., 2013; BUENO et al., 2010). Foram encontradas diferenças de tolerância de dose entre espécies de *Anticarsia Gemmatalis* e *Nezara Virridula* (Linnaeus, 1758) (Hemíptera: Pentatomidae), apresentando uma diferença entre 5 a 9 vezes para o inseticida dos piretroides (DE BAPTISTA et al., 1995).

Vários casos de resistência já foram relatados para *C. includens* a diversos inseticidas. Nos Estado Unidos, são registrados casos desde a década de 80 para os inseticidas clorados (BHC e DDT), os fosforados (acefato, paration metílico), os

piretroides (cipermetrina, permetrina, deltametrina, fenvalerato e teflutrina), os carbamatos (metomil e tiodicarbe) (MASCARENHAS; BOETHEL, 2000; OWEN et al., 2013) e recentemente, no Brasil foram relatados para a diamidas (flubendiamida) (SCHENEIDER; SOSA-GOMES, 2016; RESELATTO, 2018; STACKE et al., 2019). Estudos mostram que as populações coletadas em diferentes regiões do Brasil apresentam alto fluxo gênico o que pode contribuir para rápida dispersão do alelo da resistência (PALMA et al., 2015). Essas informações são de grande importância, para aumentar a vida útil dos inseticidas, já que para a descoberta de novos inseticidas exige muito tempo e recursos financeiro (SPARKS, 2013).

Outra hipótese para maior dificuldade de manejar populações de *C. includens*, é a sua alta tolerância a inseticidas. Casos de populações tolerantes a inseticidas foram relatados no Brasil para os grupos químicos das diamidas piretroides e inibidores de síntese de quitina (SCHENEIDER; SOSA-GÓMES, 2016; PERINI et al., 2019; STACKE et al., 2019). Com os casos de tolerância a inseticidas registrados com frequência para populações de *C. includens*, apresentam grandes riscos de evolução de resistência para estas espécies de inseto tão presente em diferentes culturas.

Assim, os objetivos desse trabalho foi avaliar a suscetibilidade de *A. gemmatilis* e *C. includens* aos inseticidas dos grupos químicos das diamidas, piretroides e reguladores de crescimento e a caracterização da resistência de *C. includens* a flubendiamide com a finalidade de contribuir nas estratégias do uso do controle químico no Manejo Integrado de Pragas (MIP) e para o Manejo de Resistência de Insetos (MRI).



## 2 REVISAO DE BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ASPECTOS BIOECOLÓGICOS E IMPORTÂNCIA DE *Chrysodeixis includens*

O complexo Plusiinae é constituído pelas lagartas *Argyrogramma verruca* (Fabricius, 1794), *Autoplusia egea* (Guenée, 1852), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858), *Ctenoplusia oxygramma* (Geyer, 1832), *Enigmogramma admonen* (Walker, 1858), *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) e *Trichoplusia ni* (Hübner, 1803) (EICHLIN; CUNNINGHAM, 1978; FORMENTINI et al., 2015; HERZOG, 1980; LAFONTAINE; POOLE, 1991; SPECHT et al., 2007; ). Dentre estas, a *C. includens*, é a espécie mais importante, popularmente conhecida por falsa-medideira. Essa denominação popular é oriunda do movimento de deslocamento das lagartas, que por possuírem três pares de pernas abdominais, deslocam-se como se estivessem medindo palmo (SOSA-GÓMEZ et al. 2010).

As mariposas têm 35 mm de envergadura de asas, dispostas em forma inclinada, de cor marrom ou cinza e com duas manchas prateadas brilhantes na parte central das asas anteriores, e as asas posteriores são de coloração marrom. As fêmeas possuem capacidade de depositar aproximadamente 1.300 ovos (SPECHT et al., 2019). As lagartas possuem coloração verde-clara, com listras brancas longitudinais e pontuações pretas sobre o dorso, atingindo 40 a 45 mm. A pupa inicialmente tem coloração verde-clara brilhante que se mantém até 48 horas antes da emergência, quando adquire coloração marrom-escura, sendo possível ver as estruturas do adulto. O seu período de larval varia de 17,1 a 19,6 dias (WILLE et al., 2017).

A lagarta *C. includens* é um inseto polífono com capacidade de se desenvolver em 175 plantas hospedeiras, pertencentes a 29 famílias. Além da soja e algodão foi constatada em feijão, mamona, fumo, tomate, girassol, cana-de-açúcar, café, milho entre outras (BALDIN et al., 2014; SPECHT et al., 2015).

Até a década de 90 a *C. includens* era considerada praga secundária na cultura da soja, por ser controlado facilmente por agentes biológico como os fungos entomopatogênicos e outros inimigos naturais (MORAES et al., 1991; MOSCARDI; CARVALHO, 1993). Mas o cenário mudou com a chegada da ferrugem asiática no Brasil na safra 2000/01 (YORINORI et al., 2002). Surtos populacionais começaram a ser relatados em diversos estado brasileiros na safra 2002/03, uma justificativa

para estes surtos foi o uso excessivo de inseticidas para o controle da doença, levando a morte dos agentes controlador desta praga (BUENO et al., 2007; BALDIN et al., 2014; SOSA-GOMES, 2003).

Outro fator que colaborou para surto de *C. includens* foi a chegada da lagarta *Helicoverpa armigera* no Brasil em 2013, o que ocasionou mudança fitossanitária nacional (CZEPAK et al., 2013). Com este registro desta praga inúmeras aplicações de inseticidas foram realizadas de formas descontroladas e com base de calendário, independente da ocorrência da praga na lavoura (CIDASC, 2014).

## 2.2 LAGARTA DA SOJA *Anticarsia gemmatalis* HÜBNER, 1818 (LEPIDOPTERA: EREBIDAE)

A lagarta-da-soja *A. gemmatalis* podem ser encontradas em todas as regiões do Brasil, por ser uma espécie de clima tropical e subtropical. Tendo preferência por plantas hospedeiras da família Fabaceae, como a ervilhaca (*Aeschynomenes* sp.), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a soja (*Glycine max*), a alfafa (*Medicago lupulina*) (PANIZZI et al., 2004; FORMENTINI et al., 2015).

As mariposas de *A. gemmatalis* apresentam uma envergadura de asas em média de 30 a 38 mm, apresenta uma linha diagonal de cor marrom que une as extremidades do primeiro par de asas. Estas mariposas apresentam hábitos noturnos, com características de voos curtos. Após o acasalamento as mariposas saem em buscas de plantas hospedeiras para efetivarem a oviposição. Mariposas de *A. gemmatalis* são facilmente encontradas em áreas de vegetação ao redor da lavoura de soja (MOSCARDI et al. 2012; SOSA-GÓMES et al. 2010;).

As mariposas de *A. gemmatalis* costumam fazer postura de forma isolada em hastes e folhas das plantas, os ovos apresentam coloração esbranquiçada a verde-clara, difíceis de serem encontrados nas plantas por apresentarem sua coloração semelhante com as folhas, com tamanho de aproximado de 0,6 mm de diâmetro, a eclosão ocorre em média após 2 a 4 dias da postura (MOSCARDI et al., 2012; SOSA-GÓMES et al., 2010).

Logo após a eclosão as lagartas apresentam coloração verde e quatro pares de pernas abdominais, sendo duas delas vestigiais, e um par anal. Nesta fase é muito facilmente confundida com a *C. includens* pela sua forma de locomoção (HOFFMANN et al., 1979). Ao trocar de instar as lagartas se locomovem sem as

características de medir palmo, e se encontram em diferentes colorações que variam de verde a preta. Uma de suas principais características na fase juvenil é a presença de três linhas longitudinais brancas (SOSA-GÓMEZ et al., 2014) ao completar seus seis ínstaes a lagarta entra em fase de pupa apresenta coloração rosada, cessando alimentação (PRAÇA et al., 2006).

### 2.3 CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS

Para o controle de insetos devem ser adotados medida estabelecida pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP) para que não haja descontrole no equilíbrio do ecossistema agrícola (KOGAN, 1998). No entanto o principal método de controle lepidópteros é realizado pelo uso de inseticidas químicos sintéticos.

Os inseticidas frequentemente recomendado para o manejo de *C. includens* são metomil (Carbamato), espinetoram e espinosade (espinosinas), indoxacarbe (oxadiazina), metoxifenoziide (regulador de crescimento de insetos), lufenuron e teflubenzuron (benzoilureias), flubendiamida, clorantraniliprole (diamidas) (MARTINS; TOMQUELSKI, 2015; PERINI et al., 2019, RAMOS et al., 2017). Essa forte dependência do uso de inseticidas químicos para o controle de *C. includens* favorece a seleção de indivíduos resistentes. Nesse sentido, para prolongar a vida útil dos inseticidas e estabelecer estratégias de manejo da resistência de *C. includens*, se faz necessário entender a suscetibilidade dessa espécie aos inseticidas recomendados para seu controle, bem como identificar possíveis casos de resistência a campo (SPARKS; NAUEN, 2015).

Para o desenvolvimento de uma nova molécula inseticida, e necessário tempo e muitos recursos financeiros. Contudo, há uma preocupação em relação a evolução da resistência de insetos a inseticidas (SPARKS; NAUEN, 2015). Um dos fatores que afetam a evolução da resistência de insetos a inseticidas é o uso de doses acima da recomendada pelo fabricante, elevado número de aplicações, falta de rotação de mecanismos de ação e aplicações em condições climáticas não favoráveis. Essas ações podem ocasionar ocorrência de populações de insetos resistentes, aumentar gradualmente o impacto ambiental e comprometer o controle biológico natural de pragas (PARRA, 2002).

As diamidas foram descobertas no ano de 1946, na casca da planta *Ryania speciosa*, nativa da América do Sul. Mas só no ano de 2005 foi lançado seu primeiro

inseticida do grupo das diamidas, a molécula flubendiamide, derivado do ácido ftálico sendo registrado no Brasil após dois anos de seu lançamento (KUSHNIR; MARKS, 2012). Os inseticidas deste grupo atuam como moduladores do canal de sódio se ligando aos receptores de rianodina das células, o que mantém o canal de cálcio aberto provocando a saída excessiva do interior das células, levando o inseto a letargia, inibição de alimentação, paralisia muscular, e a morte. Mostrando alta eficiência no controle de lagartas (CORDOVA, et al., 2006).

Logo em seguida foram desenvolvidas diamidas antranílicas que possuem ftálico 2-metil-4trifluorometil, apresentando maior atividade inseticida e segurança alimentar formando o princípio ativo chlorantraniliprole. Recentemente foi lançado comercialmente o ingrediente ativo cyantraniliprole, pertencendo as diamidas antranílicas, com eficiência também no controle de insetos sugadores (LAHM et al., 2007; HANNIG et al., 2009).

Os piretroides foram descobertos em 1948, e atuam diretamente nos canais de sódio, quando entra em contato com os insetos causa irritabilidade seguido de paralização e morte. São considerados inseticidas de efeito de choque, de amplo espectro de ação, baixo custo e de alta eficácia no controle de pragas de estádios mais avançado (SPARKS, 2013). Os inseticidas reguladores de crescimento de insetos foram descobertos no ano de 1971 (SPARKS, 2013). Estes inseticidas atuam diretamente no desenvolvimento do inseto, interferindo diretamente na troca de ecdise impedindo que os insetos completem seu ciclo (GINARTE; DORTA, 1996).

### **2.3.1 Resistência de *Chrysodeixis includens* a inseticidas**

De acordo com a Organização Mundial da Saúde pode-se definir resistência de insetos, a população que tem a capacidade em tolerar doses de uma determinada molécula tóxica aplicada sobre ele, o que seria letal para a grande maioria de insetos presentes no ambiente que foi realizada a aplicação (CROFT; BANN, 1988).

O processo determinante para a evolução de resistência de insetos é a pressão contínua de inseticidas do mesmo mecanismo de ação. Assim obtendo a seleção de indivíduos pré-adaptados a determinada molécula (GEORGHIOU, 1983). Quando se realiza a aplicação de inseticidas em populações de insetos, alguns indivíduos sobrevivem à molécula desenvolvida para seu controle, e isto pode estar ligado a diferenças genéticas entre a população (NAUEN et al., 2019).

A lagarta *Chrysodeixis includens* vem se tornando uma praga preocupante pela sua alta tolerância natural a inseticidas, isso acontece pela sua capacidade de se desintoxicar, e excretar os componentes químicos antes mesmo da sua ativação do composto in vivo as (GUEDES et al., 2015; MARTIN; BROWN, 1984; MOSCARDI et al., 2012).

Os primeiros casos de falhas no controle em populações de *C. includens* para o inseticida permetrina do grupo químico dos piretroides foram registrados na região centro sul da Luisiana - EUA (LEONARD et al., 1990). As populações apresentaram suas razões de resistência elevadas para os inseticidas permetrina (RR= 41,6) e metomil (RR= 26,1) (FELLAND et al., 1990).

Estudos realizados no Estados do Mississippi e Louisiana com inseticidas do grupo das diamidas, flubendiamide e chlorantraniliprole também apresentaram variações em suas suscetibilidades entre 6,25 a 9,2 respectivamente, constatando que a suscetibilidade de *C. includens* para os inseticidas flubendiamida e clorantraniliprole são muito próximas em sua (CL<sub>50</sub> 2,68 e 2,61) respectivamente não ocorrendo diferença entre os dois inseticidas (OWEN et al., 2013).

No Brasil também foram relatados casos de resistência a inseticidas para *C. includens*, estudos realizados recentemente com o inseticidas flubendiamida foi encontrada uma população com uma razão de resistência de 117,7 vezes, respectivamente (RETELATTO, 2018). Casos de resistência também foram relatados na região centro oeste do Brasil para flubendiamide com 217 vezes (SCHNEIDER; SOSA-GÓMEZ, 2016). Para os reguladores de crescimento foram relatadas populações brasileiras com altos valores de razões de resistência para methoxifenzida de 11,2 a 63,1 vezes, para novaluron 550,4 a 1,553 vezes e teflubenzuron 957,8 a 2.650 vezes respectivamente (STACKE et al., 2019).

Para reduzir a evolução da resistência novas estratégias para o controle de lepidópteros vêm sendo adotados, como as plantas geneticamente modificada que tem a capacidade de expressar proteínas inseticidas como a soja e algodão Bt (*Bacillus thuringiensis*). Essa estratégia tem sido uma das principais utilizadas para o controle de *C. includens* nos últimos anos (BERNARDI et al., 2012; MARQUES et al., 2016; SORGATTO et al., 2015; YANO et al., 2016).

O grande objetivo do manejo de resistência é retardar o processo da evolução de pragas a inseticida. O sucesso dessa estratégia depende da eficiência em

detectar monitorar a resistência de populações de pragas no campo (BUSH et al., 1993; OMER et al., 1993).

### 3. TOLERÂNCIA DE *Chrysodeixis includens* E *Anticarsia gemmatalis* A DIFERENTES GRUPOS QUÍMICOS DE INSETICIDAS.

#### 3.1 RESUMO

O Brasil é o primeiro maior produtor de soja do mundo. Sendo o grão o quarto de maior em importância econômica. Durante o ciclo da cultura há vários fatores que afetam sua produtividade, como a infestação de insetos pragas que são grandes responsáveis por perdas econômicas da cultura. Para contribuir na elucidação das razões que expliquem os surtos populacionais de *Chrysodeixis includens* na soja o presente trabalho testou a hipótese da *C. includens* ser mais tolerante a inseticidas químicos do que *Anticarsia gemmatalis*. O objetivo do trabalho foi avaliar a suscetibilidade entre *A. gemmatalis* e *C. includens* aos inseticidas flubendiamide, chlorantraniliprole, cyantraniliprole, methoxifenoazida, teflubenzuron e bifentrina para contribuir no aprimoramento de programas de manejo integrado de pragas na soja. Para isso foram utilizadas populações suscetíveis de ambas espécies. Foi adotado o método de bioensaio de ingestão com o tratamento em aplicação superficial da dieta artificial com seis a oito concentrações que proporcione mortalidade entre 5 e 99%. Em uma placa com 24 células contendo dieta artificial foi aplicado 30 µL de cada concentração dos inseticidas diluídas em água mais espalhante adesivo. Para o experimento de persistência foram pulverizadas parcelas no campo com os inseticidas citados anteriormente mais o inseticida ampligo. O experimento contava com cinco repetições e cinco lagartas por repetição, contendo um trifólio em cada repetição de cada tratamento. Os resultados mostram que as populações de primeiro instar apresentaram maior tolerância para o inseticida flubendiamide e Bifentrina e terceiro instar para cyantraniliprole, sendo que em ambos os instares as populações de *C. includens* foram mais tolerantes. Já no experimento de persistência a campo as populações de *C. includens* foram mais tolerantes que a população de *A. gemmatalis*, apenas bifentrina não apresentou controle acima de 50% dos insetos durante o período do experimento. Para a população de *C. includens* apenas os reguladores de crescimento e Ampligo apresentaram controle acima de 50% até o final do experimento. Pelos resultados pode-se sugerir que há maior risco de evolução da resistência de *C. includens*.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Suscetibilidade interespecífica. Controle químico

#### 3.2 INTRODUÇÃO

As espécies da Ordem Lepidoptera são consideradas um dos grupos mais importantes de insetos-pragas associados a cultura da soja. Existem pelo menos 69 espécies de insetos dessa Ordem que causam danos em soja na Argentina, Brasil, Chile e Uruguai (FORMENTINI et al., 2015). Atualmente, entre as lagartas desfolhadoras com maior importância nesta cultura são a lagarta-da-soja, *Anticarsia*

*gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae) e a lagarta falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (BUENO et al., 2013).

A ocorrência de insetos-pragas pode causar danos econômicos que exigem a adoção de medidas de controle. Para o controle destes insetos é preconizado o uso do Manejo Integrado de Pragas (MIP). No entanto, o controle tem sido realizado, principalmente, pelo uso de inseticidas (OLIVEIRA et al., 2014; PERINI et al., 2019).

Até a década de 90 a lagarta *C. includens* era considerada praga secundária e a lagarta-da-soja *A. gemmatalis* era considerada primária, com predominância em 80% nas lavouras de soja (DE MORAES et al., 1991). A partir do ano 2000 houve mudanças nesse cenário, surtos populacionais de *C. includens* começaram a ser relatados no Brasil. Uma possível explicação para esses surtos pode ser a presença da ferrugem asiática *Phakospora pachyrhizi* no Brasil a partir de 2000/01, (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004 ) e o surgimento da praga *Helicoverpa armigera* HÜBNER (Lepidoptera Noctuidae) na safra 2013, (CZEPAK et al., 2013 ). Contudo, levando os agricultores a usarem de forma exacerbada a utilização de fungicidas e inseticidas, causando efeitos deletérios em fungos entomopatogênicos e inimigos naturais, que controlava naturalmente populações de *C. includens*. Portanto, se faz necessária a utilização de fungicidas e inseticidas seletivos (BUENO et al., 2009; GUEDES et al., 2015)

Com as mudanças na agricultura na última década a lagarta *C. includens* teve aumentos significativos, se tornando uma praga predominante, em lavouras de soja (GUEDES et al., 2010), fazendo necessário a utilização de produtos químicos para seu controle. Contudo esta espécie é de difícil controle por ser tolerante a inseticidas, e suas larvas não ficam expostas aos inseticidas, devido seu hábito de ficar abrigadas no dossel médio e inferior da planta (PAPA; CELOTO., 2007 ).

É de extrema importância ressaltar que as pragas apresentam alta variabilidade na sua suscetibilidade, e populações de *A. gemmatalis* coletadas em diferentes áreas no Brasil mostraram diferenças quando expostas ao *Baculovirus anticarsii*. (ABOT et al., 1996). No Brasil estudos recentes mostram diferenças de suscetibilidade em populações de *C. includens* para os inseticidas flubendiamida, metomil , espinoteram (BUSS., 2018; SCHENEIDER et al., 2015). Estudos realizados por Bernardi (2012) com a utilização da proteína Cry1Ac mostraram diferenças de suscetibilidade de até 16 vezes maior em populações de *C. includens* quando comparadas com *A. gemmatalis*.

Em estudos de tolerância das lagartas das espécies *Abagrotis nefascia*, *Abagrotis orbis* e *Abagrotis reedi* a chlorantraniliprole, verificou-se que as espécies *Ab. orbis* e *Ab. reedi* foram quatro a seis vezes mais tolerantes do que *Ab. nefascia*. Enquanto que para permetrina *Ab. nefascia* foi mais suscetível do que *Ab. orbis* e *Ab. reedi*, cerca de quatro vezes. Essas diferenças variam entre os instar dos insetos (SMIRLE et al., 2013)

Assim, a tolerância a inseticidas pode variar entre inseticidas, populações de diferentes ínstares e outros fatores relacionados ao ambiente. Como base nestes pressupostos, este trabalho foi conduzido para conhecer a tolerância diferencial de lagartas de primeiro e terceiro ínstar de *C. includens* e *A. gemmatalis* a inseticidas em condições de laboratório e em campo.

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o experimento foram utilizadas lagartas de primeiro ínstar, com menos de 24 horas de idade, e de terceiro ínstar de *C. includens* e *A. gemmatalis*. A população de *A. gemmatalis* foi coletada em 2011 em Sertanópolis, PR, fornecida pela Embrapa Soja. A população de *C. includens* foi coletada em 2015 na região de Engenheiro Coelho, SP, fornecida pela empresa PROMIP Ltda. As populações foram mantidas em laboratório por várias gerações sem sofrer pressão de seleção de inseticidas.

Os insetos adultos foram acondicionados em tubo de (PVC) de 200 mm diâmetro e 200 mm de altura. Em cada gaiola foram mantidos 30 insetos de *C. includens* ou 20 de *A. gemmatalis*. As gaiolas de criação foram revestidas com papel sulfite amarelo como substrato de oviposição, a face superior fechada com tecido *voile*. A alimentação foi fornecida por meio de três placas de petri (50 mm) contendo algodão embebido em água destilada, outra contendo solução de mel diluído a 10% com adição de ácido sórbico e nipagin a 1% e por último uma com solução de mel e cerveja na proporção de 300 mL de mel 10% mais 200 mL de cerveja. A manutenção dos adultos foi realizada a cada dois dias, substituindo a alimentação e o substrato de oviposição.

As áreas do substrato de oviposição contendo ovos foram recortadas e acondicionados em potes plásticos (500 mL) contendo dieta artificial adaptada de

Greene (1976). Os potes foram mantidos com a tampa para baixo para evitar o contato entre as fezes dos insetos e a dieta artificial.

### 3.3.1 Procedimentos de bioensaios toxicológicos

O método de bioensaio adotado foi do tipo de ingestão com aplicação do inseticida na superfície da dieta (MASCARENHAS; BOETHREL, 2000). Os ingredientes ativos (i.a.) utilizados foram flubendiamide (Grupo IRAC: 28, 480 g i.a./L, Belt®), chlorantraniliprole (Grupo IRAC: 28, 200 g i.a./L, Premio®), cyantraniliprole (Grupo IRAC: 28, 100 g i.a./L, Benevia®), teflubenzuron (Grupo IRAC: 15, 150 g i.a./L, Nomolt®), methoxifenoazida (Grupo IRAC: 18, 240 g i.a./L, Intrepid®) e bifentrina (Grupo Química IRAC: 3A, 100 g i.a./L, Talstar®).

Em cada célula de placas de acrílico (Costar®, modelo 3526, Cambridge, Massachusetts, EUA) com cerca de 1,5 mL de dieta artificial foi aplicado 30 µL de diferentes concentrações dos inseticidas. Para as diluições dos inseticidas em água destilada a cada concentração foi adicionada 0,1% Triton X-100® (Labsynth Produtos para Laboratório). Para cada população foram testadas seis a oito concentrações de cada inseticida que proporcionaram mortalidade entre 5 e 99% de mortalidade. O tratamento controle foi composto por água destilada e surfactante. Após a secagem da superfície da dieta uma única lagarta foi acondicionada a cada célula.

As placas foram acondicionadas em sala climatizada a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  e 14 horas de fotofase. Os bioensaios foram repetidos de quatro a cinco vezes para cada população, cada repetição de cada concentração foi composta por 24 ou 48 lagartas. A mortalidade foi avaliada após 96 horas para flubendiamide, chlorantraniliprole, cyantraniliprole e bifentrina e após 120 horas para methoxifenoazida e teflubenzuron. O critério de mortalidade foi avaliado com auxílio de uma pinça fazendo um toque no seu dorso, lagartas que não apresentaram movimentos vigoroso eram consideradas mortas.

Para avaliar a toxicidade relativa de inseticidas para as populações de *A. gemmatalis* e *C. includens* os dados de mortalidade foram submetidos a análise de probit para estimar as concentrações letais 50 e 99 ( $CL_{50}$  e  $CL_{99}$ ) e seus intervalos de confiança a 95% (IC) utilizando o software SAS University Edition, versão 9.4 (SAS Institute, 2020). A razão de tolerância ( $RT_{50}$  ou  $RT_{99}$ ) foi calculada pela divisão

da CL<sub>50</sub> ou CL<sub>99</sub> da espécie mais tolerante pelo respectivo valor da espécie mais suscetível (ROBERTSON; PREISLER, 1992).

### 3.3.2 Persistência biológica em condições de campo

O experimento foi instalado em uma área de Cambissolo alumínico na fazenda experimental da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), estado de Santa Catarina (27°44'54"S, 50°05'08"W, e 884 m de altitude), no sul do Brasil. O clima local é classificado como Cfb, de acordo com a Classificação Climática de Koppen, caracterizado como temperado com verão ameno, e chuvas distribuídas uniformemente ao longo dos meses do ano, sem a presença de estação seca. O plantio foi realizado em 22 de dezembro de 2019 com a cultivar BMX Alvo RR (GDM GENÉTICA DO BRASIL S.A.) espaçamento de 50 cm entre linha e densidade de 18 sementes/metro.

As sementes foram submetidas ao tratamento de sementes com o produto comercial Standak Top (Piraclostrobina 25g/L + Tiofanato Metílico 225g L<sup>-1</sup> + Fipronil 250 g L<sup>-1</sup>) na proporção de 200 mL do produto comercial (p.c.)/100 kg de sementes. A adubação de base foi com 400 kg ha<sup>-1</sup> N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O (fórmula 02-30-15) e adubação de cobertura de 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 80 kg/ha de ureia a lanço aos 38 dias após a emergência das plântulas.

Para a realização do experimento foram delimitados 8 blocos com 6 filas de 5 metros de comprimento separadas por 4 filas de bordadura entre cada tratamento. As plantas foram marcadas com barbante no terço superior para que sempre fosse retirado as folhas no mesmo segmento da planta.

A pulverização foi realizada no dia 4 de fevereiro de 2020, com as plantas no estágio fenológico de V4, segundo a escala de Fehr; Caviness (1977), com um pulverizador pressurizado com CO<sub>2</sub> de 4 bicos modelo leque à 50 cm, na calibragem de 100 L de calda/ha. Durante a aplicação a umidade relativa era de 67% e temperatura 26°C.

Os inseticidas aplicados foram flubendiamide (Grupo IRAC: 28, 70 mL p.c.100 L de água, Belt®), chlorantraniliprole (Grupo IRAC: 28, 33,3 mL p.c.100 L de água, Premio®), cyantraniliprole (Grupo IRAC: 28, 125,5 mL p.c.100 L de água, Benevia®), teflubenzuron (Grupo IRAC: 15, 100mL p.c.100 L de água, NomolT®), methoxifenoazida (Grupo IRAC: 18, 300 mL p.c.100 L de água, Intrepid®) e bifentrina

(Grupo IRAC: 3A, 50 mL p.c.100 L de água, Talstar®) e chlorantraniliprole + lambda-cialotrina (Grupo IRAC: 28 + Grupo IRAC: 3A, 50 mL p.c.100 L de água, Ampligo®). Para cada tratamento foi adicionado 0,1% de surfactante Assist®. Entre cada pulverização dos tratamentos foi realizada a limpeza da barra com 2 L de água, para evitar a interferência de outros inseticidas usados no experimento.

Na área experimental foi instalado um pluviômetro a 1,6 metros de altura do solo. As coletadas dos trifólios foram realizadas aos 1, 3, 6, 10 e 17 dias após a aplicação. Um trifólio foi acondicionado em pote plástico com tampa (150 mL) forrado com papel germiteste levemente umedecido com água destilada. Em seguida cinco lagartas de terceiro ínstar foram transferidas em cada pote plástico. O delineamento foi inteiramente casualizado com 10 repetições para cada tratamento. A avaliação da mortalidade foi após 96 horas da transferência das lagartas, apenas para os inseticidas reguladores de crescimento (teflubenzuron e methoxifenoazida) a avaliação foi após 120 horas. O critério de mortalidade foi avaliado com auxílio de uma pinça fazendo um toque no seu dorso, lagartas que não apresentaram movimentos vigorosos eram consideradas mortas.

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância por modelos lineares mistos generalizados. A homogeneidade de variância e normalidade dos resíduos foi verificada por gráficos de diagnóstico (q-q plot, histograma e resíduos vs valores preditos). Quando necessário foi feita a transformação dos dados pelo método box-cox. Após, foram realizadas regressões polinomiais ajustando o grau do polinômio de acordo com os critérios de informação corrigido de Akaike. Foi realizada também a comparação entre interceptos e declives das populações através de análise de covariância.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro ínstar houve diferenças entre a tolerância de inseticidas para o grupo das diamidas dando destaque para flubendiamide com uma razão de tolerância de 31,1 vezes para *C. includens*. Para os inseticidas do grupo dos reguladores de crescimento, no primeiro ínstar não houve diferença de tolerância com esses inseticidas. Para o inseticida bifentrina houve uma razão de tolerância de 46,1 vezes, sendo *C. includens* mais tolerante que *A. gemmatilis* (Tabela 1).

Tabela 1 — Resposta das curvas de concentração-mortalidade (CL;  $\mu\text{g i.a./cm}^2$ ) de lagartas de primeiro instar de *Chrysodeixis includens* e *Anticarsia gemmatalis* expostas a inseticidas em bioensaios com tratamento superficial da dieta artificial

Espécie	n	Coef. angular ( $\pm$ DP) <sup>a</sup>	CL <sub>50</sub> (95% CI) <sup>b</sup>	CL <sub>99</sub> (95% CI) <sup>b</sup>	X <sup>2</sup>	G.L <sup>d</sup>	P <sup>c</sup>	RT <sup>e</sup>
<b>Flubendiamide</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	672	2.68 ( $\pm$ 0.25)	0.00026 (0.00022-0.00029)	0.0019 (0.0014-0.0029)	5.27	4	0.2603	-
<i>C. includens</i>	768	2.31 ( $\pm$ 0.16)	0.0080 (0.0070-0.0090)	0.081 (0.061-0.117)	2.34	5	0.8002	31,1
<b>Chlorantraniliprole</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	720	1.97 ( $\pm$ 0.15)	0.00033 (0.00028-0.00040)	0.0051 (0.0033-0.0088)	2.36	3	0.5011	-
<i>C. includens</i>	768	1.99 ( $\pm$ 0.17)	0.0017 (0.0015-0.0020)	0.026 (0.018-0.043)	1.44	5	0.9196	5.2
<b>Cyantraniliprole</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	840	1.81 ( $\pm$ 0.12)	0.00045 (0.00037-0.00054)	0.0086 (0.0063-0.0129)	4.20	4	0.3799	-
<i>C. includens</i>	720	1.32 ( $\pm$ 0.09)	0.0018 (0.0014-0.0024)	0.108 (0.068-0.193)	6.05	3	0.1094	4.1
<b>Teflubenzuron</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	576	3.23 ( $\pm$ 0.34)	0.0081 (0.0071-0.0090)	0.042 (0.033-0.063)	4.80	3	0.1867	-
<i>C. includens</i>	888	2.64 ( $\pm$ 0.21)	0.0085 (0.0076-0.0095)	0.065 (0.050-0.092)	4.13	4	0.3888	1.0
<b>Methoxifenoziada</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	576	2.32 ( $\pm$ 0.42)	0.079 (0.063-0.093)	0.79 (0.45-2.59)	5.91	3	0.1163	-
<i>C. includens</i>	672	3.02 ( $\pm$ 0.31)	0.088 (0.076-0.100)	0.52 (0.40-0.76)	3.02	4	0.5550	1.1
<b>Bifentrine</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	576	1.24 ( $\pm$ 0,11)	0.00017 (0.00013-0.00023)	0.013 (0.006-0.035)	2.86	3	0.4140	
<i>C. includens</i>	720	1.28 ( $\pm$ 0.33)	0.0079 (0.00045-0.0222)	0.53 (0.08-xxx)	14.3	3	0,0026	46.1

<sup>a</sup> Coeficiente angular

<sup>b</sup> CL<sub>50</sub>: concentração de inseticida necessária para matar 50% dos insetos. Da mesma forma, CL<sub>99</sub> é a concentração de inseticida necessária para matar 99% dos insetos testados.

<sup>c</sup> Graus de liberdade.

<sup>d</sup> P > 0,05.

<sup>e</sup> Razão de tolerância calculada com base na divisão entre a CL<sub>50</sub> ou CL<sub>99</sub> da espécie mais tolerante pelo respectivo valor da espécie mais suscetível.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Entre as diamidas, na avaliação de tolerância entre lagartas no terceiro instar, a diferença de tolerância foi maior com o inseticida cyantraniliprole, com razão de tolerância de 18,3 vezes. Para as demais diamidas *C. includens* também foi a espécie mais tolerante, mas a razão de tolerância foi menor que quatro vezes (Tabela 2).

Para teflubenzuron as lagartas de terceiro instar de *C. includens* foram tolerantes a esse inseticida (RT<sub>50</sub> = 7,7 vezes). Já para methoxifenoziada *C. includens* também foi mais tolerante, mas com base apenas na CL<sub>99</sub> (RT<sub>99</sub> = 3,0 inseticida

vezes). Para o inseticida Bifentrina houve diferença entre as espécies, mas a razão de tolerância foi menor comparada com as de primeiro ínstar. Evidenciando a importância do ínstar das lagartas *C. includens* e *A. gemmatalis* na avaliação de tolerância a inseticidas

Tabela 2 — Resposta das curvas de concentração-mortalidade (CL;  $\mu\text{g i.a.cm}^2$ ) de lagartas de terceiro ínstar de *Chrysodeixis includens* e *Anticarsia gemmatalis* expostas a inseticidas em bioensaios com tratamento superficial da dieta artificial.

Espécie	<i>n</i>	Coef. angular ( $\pm$ DP) <sup>a</sup>	CL <sub>50</sub> (95% CI) <sup>b</sup>	CL <sub>99</sub> (95% CI) <sup>b</sup>	X <sup>2</sup>	G.L. <sup>d</sup>	P <sup>c</sup>	RT <sup>e</sup>
<b>Flubendiamide</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	768	2.04 ( $\pm$ 0.13)	0.0099 (0.0085-0.0115)	0.14 (0.10-0.20)	7.13	5	0.2115	-
<i>C. includens</i>	672	1.82 ( $\pm$ 0.19)	0.038 (0.027-0.055)	0.73 (0.35-2.63)	7.79	4	0.0994	3.8
<b>Chlorantraniliprole</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	672	2.82 ( $\pm$ 0.29)	0.0081 (0.0070-0.0092)	0.054 (0.040-0.083)	6.36	4	0.1741	-
<i>C. includens</i>	720	2.52 ( $\pm$ 0.18)	0.031 (0.027-0.035)	0.26 (0.20-0.37)	2.79	5	0.7330	3.8
<b>Cyantraniliprole</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	840	2.55 ( $\pm$ 0.20)	0.015 (0.013-0.017)	0.12 (0.09-0.17)	1.49	4	0.8287	-
<i>C. includens</i>	576	1.61 ( $\pm$ 0.29)	0.269 (0.089-0.478)	7.51 (2.43-387.83)	7.11	3	0.0685	18.3
<b>Teflubenzuron</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	600	1.89( $\pm$ 0.19)	0.011 (0.0092-0.014)	0.20 (0.13-0.37)	5.75	4	0.2189	-
<i>C. includens</i>	672	3.21 (0.31)	0.088 (0.078-0.098)	0.47 (0.36-0.68)	6.11	3	0.1062	7.7
<b>Methoxifenoziada</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	552	2.94 ( $\pm$ 0.35)	0.26 (0.22-0.30)	1.60 (1.18-2.57)	6.09	3	0.1073	-
<i>C. includens</i>	672	2.04 ( $\pm$ 0.16)	0.35 (0.30-0.42)	4.85 (3.37-7.85)	6.00	4	0.1990	1.4
<b>Bifentrine</b>								
<i>A. gemmatalis</i>	960	1.98 ( $\pm$ 0.15)	0.10 (0.0088-0.12)	1.56 (1.14-2.34)	5.37	5	0.3724	
<i>C. includens</i>	768	2.19 ( $\pm$ 0.15)	0.42 (0.37-0.48)	4.86 (3.60-7.14)	6.97	5	0.2231	4.0

<sup>a</sup> Coeficiente angular

<sup>b</sup> CL<sub>50</sub>: concentração de inseticida necessária para matar 50% dos insetos. Da mesma forma, CL<sub>99</sub> é a concentração de inseticida necessária para matar 99% dos insetos testados.

<sup>c</sup> Graus de liberdade.

<sup>d</sup> P > 0,05.

<sup>e</sup> Razão de tolerância calculada com base na divisão entre a CL<sub>50</sub> ou CL<sub>99</sub> da espécie mais tolerante pelo respectivo valor da espécie mais suscetível.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Vários casos de populações de insetos tolerantes a inseticidas já foram relatados, para diferentes grupos químicos, entre eles podemos destacar, as diamidas, reguladores de crescimento e piretroides. Outra espécie que apresentou

diferença na razão de tolerância para o inseticida flubendiamide é a *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée 185) (Lepidoptera: Pyralidae) com uma razão de tolerância com diferenças de 5,8 vezes (ZHENG et al., 2011). Casos de tolerância para populações neonatas de *Spodoptera. Litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) foram registradas na província de Guandong na China apresentaram uma razão de tolerância menor que quatro vezes para o inseticida chlorantraniliprole (SU et al., 2012).

Estudos realizados com cyantraniliprole por Zhang et al, (2014) com populações de *Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) mostraram uma razão de tolerância de 14 vezes quando comparadas com populações de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). Resultados semelhantes de tolerância também foram encontrado em populações de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae) quando comparadas com populações de *Bemisia tabaci* na Itália com uma razão de tolerância de 4,2 vezes para o inseticida cyantraniliprole (MORENO et al., 2018).

Resultados tolerância semelhantes aos reguladores de crescimento foram registrados para *H. armigera* no Brasil está variação vem sendo menor que cinco vezes para o inseticidas lefunuron e methoxifenzida (AMADO, 2017). Para outros lepidópteros esta variação também se apresentou abaixo de dez vezes para estes inseticidas. Para populações *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) encontraram uma razão de tolerância de 8.5 vezes para o inseticida methoxifenzida e novaluron quando comparados com *Cydia pomonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae) (MAGALHAES; WALGENBACH, 2011).

Para os inseticida bifentrine, analisamos que as lagartas de primeiro ínstar apresentam maior tolerância quando comparadas com as larvas de terceiro ínstar. sendo que as populações de *C. includens* apresentara maior tolerância quando comparadas com *A. gemmatalis*. Estudos de tolerância a inseticidas foram realizados por De Baptista (1995), com populações de *A. gemmatalis* e populações de *Nezara viridula* (L. 1758) (Hemiptera, Pentatomidae). Neste estudo mostrou que as populações de *A. gemmatalis* de terceiro ínstar apresentaram maior suscetibilidade que populações de *N. viridula* de terceiro instar, com uma variação de 5 a 9 vezes mais suscetível.

A partir dos dados observados pode se afirmar que *C. includens* apresenta tolerância natural para a grande maioria dos inseticidas quando comparada com *A.*

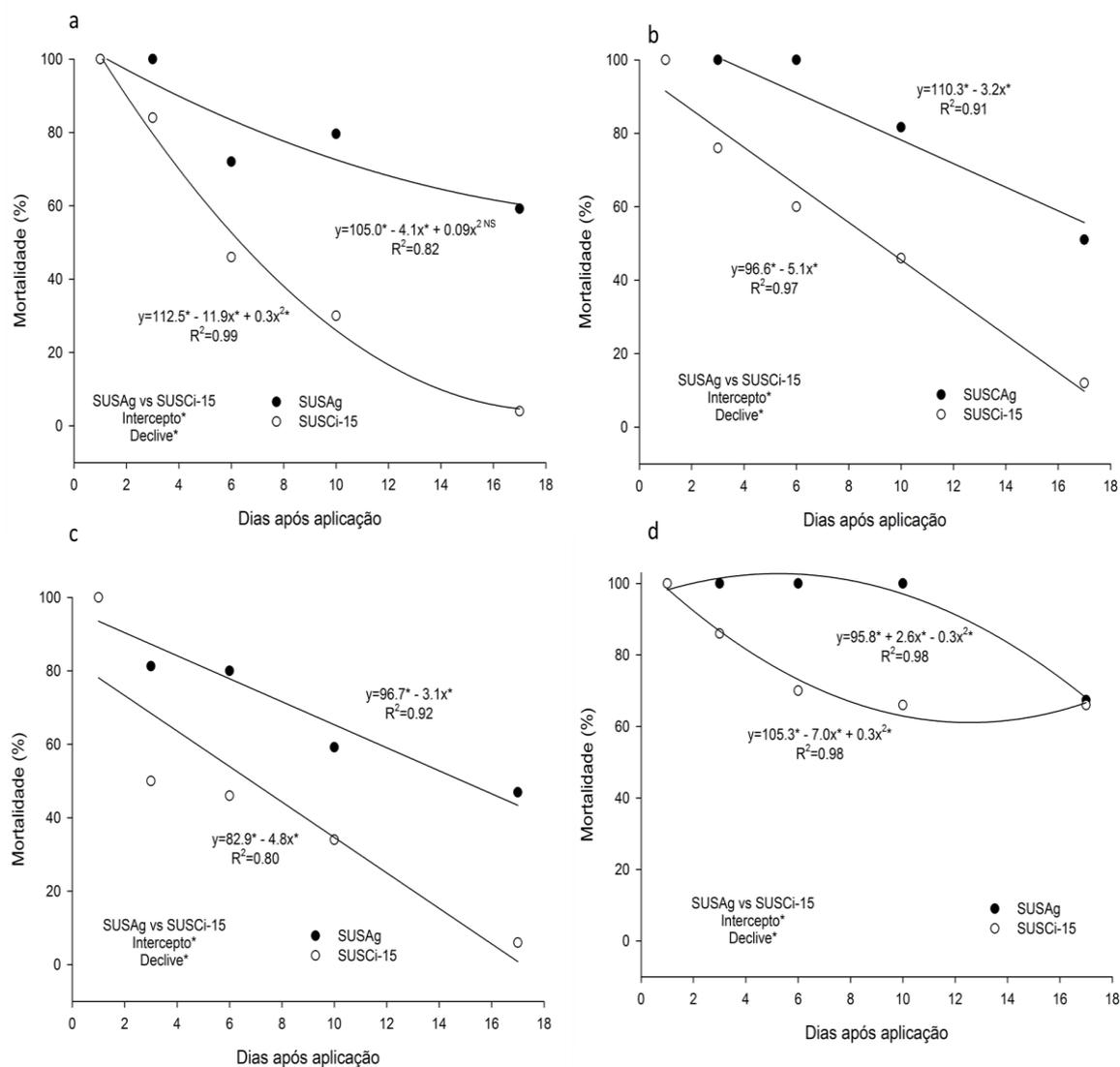
*gemmatalis*. Sendo que a *C. includens* apresenta maior tolerância que *A. gemmatalis* entre o primeiro e terceiro instar. Dificuldades no controle de pragas com inseticidas devido as diferenças na suscetibilidade, geralmente, ocorrem nos casos onde essa magnitude é superior a 10 vezes (FFRENCH-CONSTANT; ROUSH, 1990).

Com base nos resultados da persistência biológica dos inseticidas em condições de campo foi verificado efeito dos dias após a pulverização ( $F=812,69$ , g.l.=4, 621,  $P<0.0001$ ), entre as espécies ( $F=572,19$ , g.l.=1, 621,  $P<0.0001$ ), entre os inseticidas ( $F=245,7$ , g.l.=6, 621,  $P<0.0001$ ) e entre as interações, inclusive a interação tripla ( $F=8,16$ , g.l.=23, 621,  $P<0.0001$ ). Dessa maneira, a tolerância aos inseticidas foi influenciada pela interação entre três fatores analisados.

Para as diamidas em condições campo *C. includens* também foi mais tolerante a esses inseticidas do que *A. gemmatalis*, inclusive o declínio na mortalidade entre as espécies não foi semelhante, declive significativo a 0,05 ou seja, as curvas não foram paralelas, indicando diferenças na destoxificação a esses inseticidas, sendo mais rápido para *C. includens*. O resíduo das diamidas até um dia após a pulverização proporcionou a mesma mortalidade (100%) entre as duas espécies. Assim a diferença de tolerância ficou mais evidente com o decréscimo do resíduo desses inseticidas. Aos 17 dias após a pulverização a mortalidade observada em *C. includens* e *A. gemmatalis* foram próximas de 10 e 50%, respectivamente, indicando maior efetividade no controle de *A. gemmatalis* (Figura 1).

Para o inseticida Ampligo® que é uma mistura de ingredientes ativos, chlorantraniliprole + lambda-cialotrina, também proporcionou diferença na tolerância (Figura 1). Embora o ingrediente ativo do grupo químico dos piretroides (lambda-cialotrina) não foi o mesmo testado isoladamente (bifentrina), pode se especular que existiu um efeito sinérgico com chlorantraniliprole (diamidas) quando em mistura porque houve maior mortalidade das espécies comparado com ingredientes ativos similares isoladamente, principalmente no controle de *C. includens* (Figura 3).

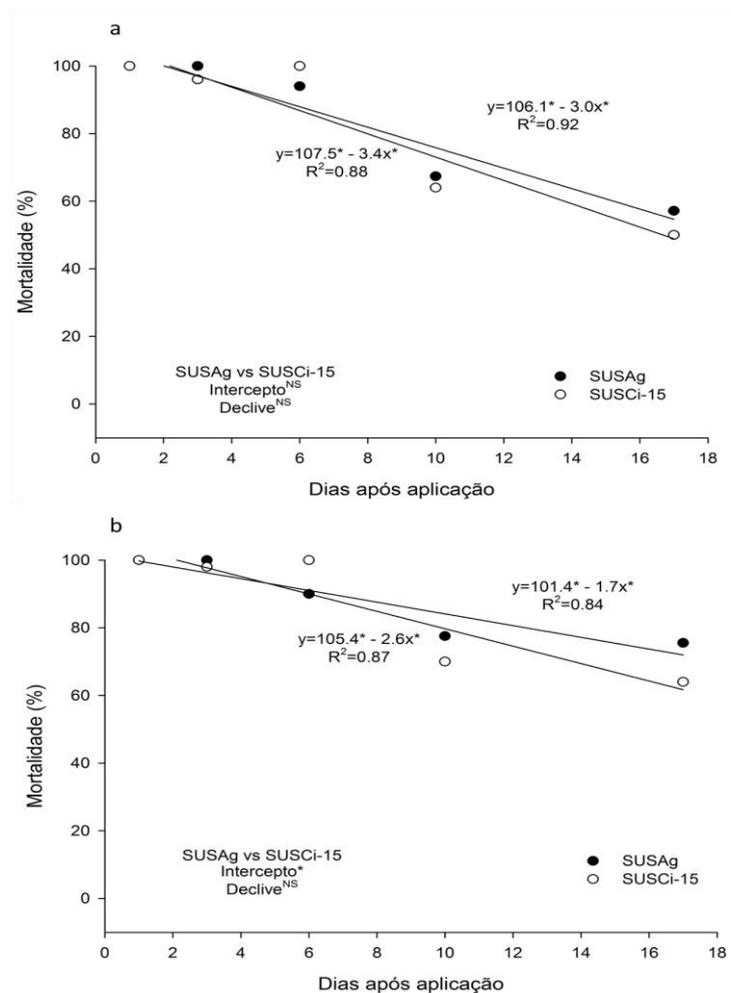
Figura 1 — Persistência biológica de inseticidas do grupo químico das diamidas, (a) flubendiamide, (b) chlorantraniliprole, (c) cyantraniliprole e (d) lamda-cialotirna + chlorantraniliprole pulverizados em plantas de soja no controle de *Anticarsia gemmatilis* (SUSAg) e *Chrysodeixis includens* (SUSCI-15).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Para os reguladores de crescimento, apenas para o inseticida teflubenzuron houve diferença entre as espécies quanto a suscetibilidade durante a persistência biológica. Enquanto que para methoxifenoizida não houve diferença de tolerância. Esses dados corroboram com os resultados observados quanto a tolerância das lagartas de terceiro ínstar a esses inseticidas (Tabela 2, Figura 2).

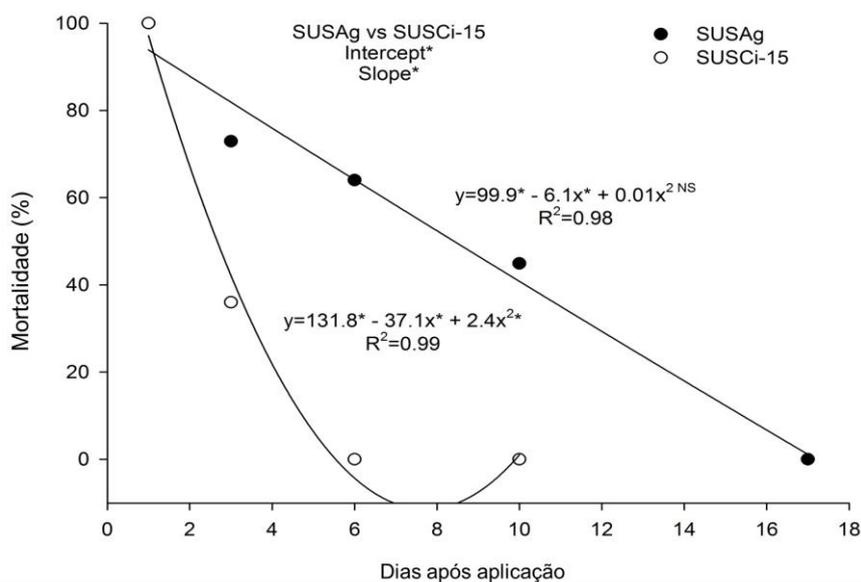
Figura 2 — Persistência biológica de inseticidas reguladores de crescimento methoxifenoziada e teflubenzuron dos grupos químicos diacilhidrazinas (a) e benzoiluréias (b), respectivamente, pulverizados em plantas de soja no controle de *Anticarsia gemmatalis* (SUSAg) e *Chrysodeixis includens* (SUSCI-15).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Para o inseticida bifentrina *C. includens* também se mostrou mais tolerante a esse inseticida um dia após a pulverização para ambas as espécies houve 100% de mortalidade. Mas, já aos seis dias após a pulverização houve 0,0% e 64,0±4,00% de mortalidade para *C. includens* e *A. gemmatalis* respectivamente (Figura 3). Resultados semelhantes para piretroides foram encontrados por Martins et al. (2009) na utilização de lambda-cyhalothrin para o controle de *A. gemmatalis*, na cultura da soja atingiu 100% de mortalidade aos 7 dias após aplicação.

Figura 3 — Persistência biológica do inseticida bifentrina do grupo químico dos piretroides pulverizados em plantas de soja no controle de *Anticarsia gemmatalis* (SUSAg) e *Chrysodeixis includens* (SUSC-15)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Com base nos resultados analisados pode-se concluir que devido a maior tolerância de *C. includens* a inseticidas contribui para o maior riscos de evolução da resistência, principalmente para diamidas e piretroides. Esses dados corroboram com a variabilidade na suscetibilidade observadas, principalmente para esses inseticidas (SCHENEIDER; SOSA-GOMES, 2016; STACKE et al., 2019). Embora, a diferença de tolerância de *C. includens* para teflubenzuron foi pequena (3,0 vezes), mas pela discriminação que ocorreu no campo também contribuiu para a evolução da resistência dessa espécie observada para novaluron e teflubenzuron, razão de resistência >1.500 e >5.000 vezes respectivamente (STACKE et al., 2019).

A diferença de tolerância a inseticidas observada entre as espécies de lagartas contribui na explicação dos surtos populacionais de *C. includens*, principalmente se ocorrer o uso de dose do inseticida abaixo da recomendada. Além, disso, os resultados contribuem para a análise do risco da evolução da resistência, que é maior para *C. includens*.

### 3.5 CONCLUSÃO

As lagartas de *C.includens* são mais tolerantes do que as lagartas de *A. gemmatalis*, tanto de primeiro como terceiro instar, aos inseticidas flubendiamide, chlorantraniliprole, cyantraniliprole e bifentrina.

Para o inseticida methoxifenoziata ambas as espécies apresentam a mesma suscetibilidade.

As lagartas de terceiro instar de *C. includens* são tolerantes a teflubenzuron comparada a *A. gemmatalis*.

Em condições de campo *C. includens* também são tolerantes aos inseticidas flubendiamide, chlorantraniliprole, cyantraniliprole, teflubenzuron e bifentrina.

## 4 EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA DE *Chrysodeixis includens* A DIAMIDAS

### 4.1 RESUMO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] nas últimas décadas vem sendo uma das culturas mais cultivada no mundo. Desde o início do cultivo ocorre a infestação de insetos pragas, com destaque para as lagartas desfolhadoras. A lagarta falsa-medeira *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) é umas das principais pragas da cultura da soja. Que vem causado danos e altos custos para seu controle, fazendo necessária a realização de monitoramento de resistência desta praga. Na safra 2018/19 foram coletadas populações de *C. includens* em lavouras comerciais de soja nos três estado da região Sul do Brasil. Para monitorar a eficiência do controle químico se faz necessário estudar a suscetibilidade das populações. Foram utilizadas concentrações diagnósticas dos ingredientes ativos flubendiamide (Grupo IRAC: 28, Belt®), chlorantraniliprole (Grupo IRAC: 28, Belt®) e cyantraniliprole (Grupo IRAC: 28, Benevia®) com base na CL<sub>99</sub> de uma população suscetível de referência (SUSCI-15). O método de bioensaio adotado foi do tipo de ingestão com o tratamento superficial da dieta artificial. Para os inseticidas flubendiamide, chlorantraniliprole, e cyantraniliprole as populações de *C. includens* apresentaram diferenças de suscetibilidade quando comparadas com SUSCI-15. Na população do Paraná na safra 2017/18 foi encontrada uma razão de resistência 70,1 vezes para o inseticida flubendiamide, mostrando evolução de resistência, quando comparados com os resultados de persistência realizados a campo. Sendo assim se faz necessário adotar boas práticas de manejo, como a rotação de inseticidas pelo mecanismo de ação para retardar o processo de evolução de resistência.

**Palavras-chave:** *Glycine max*. Rotação de inseticidas, Plusiinae

### 4.2 INTRODUÇÃO

Atualmente a soja [(*Glycine max*)(L.) Merrill] é o quarto grão mais cultivado no mundo. O Brasil é o segundo maior produtor de soja com uma perspectiva de produção de 120,4 milhões de toneladas, Na safra 2019/2020 (CONAB 2020). A maior remuneração paga aos produtores quando comparada a outras culturas, favoreceu o rápido avanço desta cultura no Brasil. Dessa forma, a soja ganhou a preferência, passando a ser cultivada em áreas extensas de monocultura (OERKE; DEHNE, 2004 ).

Diversos são os entraves que os agricultores enfrentam no cultivo da soja, como o ataque de inseto-praga. A perda econômica por conta da infestação de insetos corresponde a 5% de danos na pré-colheita (OLIVEIRA, et al, 2014). Atualmente, a praga desfolhadora com maior importância na cultura da soja é a

falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) a (GUEDES et al., 2015; MOSCARDI et al., 2012; SPECHT et al., 2015).

Para mitigar os danos causados por esses insetos, faz-se necessário a adoção de medidas de controle com base no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Neste, procura-se integrar diferentes ferramentas de manejo, tais como controle biológico, cultivares resistentes, uso de feromônios, controle microbiano, métodos culturais e o controle químico (BUENO et al., 2012). No entanto, a medida de controle de insetos mais adotado pelos produtores tem sido o uso de inseticidas (OLIVEIRA et al., 2010).

Com o uso de forma inadequada dos inseticidas, problemas fitossanitários vêm sendo registrados com maior frequência, principalmente relacionado a contaminação dos agricultores, contaminação ambiental e morte dos inimigos naturais. Além disso, o fator mais preocupante é a evolução da resistência dos insetos a inseticidas (SOSA-GÓMEZ; OMOTO, 2012).

Vários casos de resistência de *C. includens* já foram registrados nos Estados Unidos, a diversos princípios ativos, entre eles acefato, BHC, DDT, cipermetrina, deltametrina, permetrina, teflutrim, fenvalerato, metomil, paratiom metílico e tiodicarbe (FELLAND et al., 1990; LEONARD et al. 1990,). No Brasil já tem registros de casos de resistência a *C. includens* foram registrados para as diamidas flubendimida e chlorantraniliprole (SCHEINEIDER; SOSA-GOMES., 2016; STACKE et al., 2019).

Diferente de outros grupos químicos já lançados no mercado, as diamidas são consideradas inovadoras, por atuarem como moduladores dos receptores de rianodina nos canais de cálcio nos tecidos musculares (Grupo IRAC: 28), além de serem considerados seletivo aos inimigos naturais e seguro aos mamíferos (TEIXEIRA; ANDALORO, 2013; SPARKS; NAUEN, 2015). Embora seu lançamento mundial seja considerado recente, a partir de 2008, já foram documentados casos de resistência de insetos a esses inseticidas, inclusive para *C. includens* (SCHEINEIDER; SOSA-GOMES, 2016; SPARKS; NAUEN, 2015; STACKE et al., 2019).

Para o aprimoramento das estratégias de controle de *C. includens*, principalmente para uso de diamidas, se faz necessário estabelecer as linhas-básicas de suscetibilidade e a caracterização da resistência de *C. includens* a diamidas. Desta forma este trabalho temo como objetivo monitorar a evolução de resistência de *Chrysodeixis includens* a diamidas.

### 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

A população de *C. includens* foi coletada em 2015 na região de Engenheiro Coelho, SP, fornecida pela empresa PROMIP Ltda. coletada no município de Mogi Mirim/SP em dezembro de 2015. Esta população permanece em laboratório sem sofrer pressão de seleção por inseticidas. A população resistente de *C. includens* a flubendiamide (CiResFlu) foi coletada em Londrina PR (23°02'45''S 51°12'58''W) (RESELLATO, 2018). Essa população vem sendo mantida em laboratório por sucessivas gerações sofrendo pressão de seleção pela aplicação de flubendiamide. Durante a safra 2018/2019, foram coletadas lagartas em cinco lavouras comerciais de soja na região sul do Brasil (Tabela 3).

Tabela 3 — Procedência de populações de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) coletadas em lavouras de soja comercial na região Sul do Brasil na safra 2018/2019.

Cidade (UF)	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude	Data
Guarapuava (PR)	25°14'46"	51°35'23"	785	04/03/2019
Íjuí (RS)	28°16'04"	53°59'39"	328	17/01/2019
Lages (SC)	24°47'27"	50°30'31"	916	10/12/2018
Papanduva (SC)	26°22'04"	50°07'17"	788	05/03/2019
Vargeão (SC)	26°80'99"	52° 13' 67"	890	16/01/2019
Vacaria (RS)	28°24'13"	50°52'49"	971	12/03/2019

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Os insetos adultos foram acondicionados em tubo de (PVC) de 200 x 200 mm. Em cada gaiola foram mantidos 30 insetos de *C. includens*. As gaiolas de criação foram revestidas com papel sulfite amarelo, como substrato de oviposição, e a face superior fechada com tecido *voile*. A alimentação foi fornecida por meio de três placas de Petri (50 mm), uma contendo algodão embebido em água destilada, outra contendo solução de mel diluído a 10% com adição de ácido sórbico e nipagin a 1% e por último uma com solução de mel e cerveja na proporção de 300 mL de mel a 10% mais 200 mL de cerveja. A manutenção dos adultos foi realizada a cada dois dias, sendo substituída a alimentação e o substrato de oviposição.

As áreas do substrato de oviposição contendo ovos foram recortadas e acondicionados em potes plásticos (500 mL), contendo dieta artificial adaptada de

Greene (1976), invertidos com a tampa para baixo para evitar o contato entre as fezes dos insetos e a dieta artificial.

#### 4.3.1 Procedimentos de bioensaios toxicológicos

O método de bioensaio adotado foi do tipo de ingestão com aplicação do inseticida na superfície da dieta (MASCARENHAS; BOETHREL, 2000). Os ingredientes ativos (i.a.) utilizados foram flubendiamide (480 g i.a./L, Belt®), chlorantraniliprole (200 i.a./L, Premio®) e cyantraniliprole (100 g i.a./L, Benevia®).

Em cada célula de placas de acrílico (Costar®, modelo 3526, Cambridge, Massachusetts, EUA) com cerca de 1,5 mL de dieta artificial foi aplicado 30 µL de diferentes concentrações dos inseticidas. Para as diluições dos inseticidas em água destilada a cada concentração foi adicionada 0,1% Triton X-100® (Labsynth Produtos para Laboratório). Para a caracterização da população SUSCI-15 foram testadas seis a oito concentrações de cada inseticida que proporcionaram mortalidade entre 5% e 99% de mortalidade. O tratamento controle foi composto por água destilada mais surfactante. Após a secagem da superfície da dieta uma única lagarta de terceiro ínstar foi inoculada em cada célula.

As placas foram acondicionadas em sala climatizada com temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  e 14 h de fotofase. Os bioensaios foram repetidos de quatro a cinco vezes para cada população, cada repetição de cada concentração foi composta por 24 ou 48 lagartas. A mortalidade foi avaliada após 96 horas. O critério de mortalidade foi avaliado com auxílio de uma pinça fazendo um toque no seu dorso, lagartas que não apresentaram movimentos vigoroso foram consideradas mortas (MASCARENHAS; BOETHREL, 2000).

Para o experimento de monitoramento da suscetibilidade de *C. includens* a inseticidas foi avaliada em lagartas coletadas na safra 2018/19 mantidas em laboratório até a geração F3-F4. A concentração diagnóstica utilizada foi definida com base na  $CL_{99}$  da população SUSCI-15 de cada inseticida testado.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com treze repetições. Cada repetição foi constituída por uma placa de acrílico com 24 células. Em cada célula foi individualizada uma lagarta de terceiro instar, totalizando 312 lagartas por tratamento.

#### **4.3.2 Procedimento para seleção da população resistente de *C. includens* a flubendiamide**

Para essa etapa foi utilizada uma população coletada em Londrina, PR na safra 2017/18 que apresentou 75,2% de insetos sobreviventes na dose diagnóstica de 0,5053 µg flubendiamide cm<sup>2</sup> (RESTELATTO, 2018). A partir deste resultado foram selecionados insetos que apresentassem movimento vigorosos após os bioensaio dando origem a uma nova população.

Em seguida, a partir dos descendentes desta geração as lagartas foram submetidas a bioensaios toxicológicos, como descrito anteriormente, a doses crescentes que variaram de 0,5053 a 1,579 µg flubendiamide cm<sup>2</sup> durante oito gerações. A população formada foi submetida a caracterização de resistência utilizando o método de bioensaio como descrito anteriormente.

#### **4.3.3 Análises estatísticas**

Para avaliar a toxicidade relativa de inseticidas para as populações de *C. includens* os dados de mortalidade foram submetidos a análise de Probit para estimar as concentrações letais 50 e 99 (CL<sub>50</sub> e CL<sub>99</sub>) e seus intervalos de confiança a 95% (IC) utilizando o software SAS University Edition, versão 9.4 (SAS Institute, 2020). A razão de resistência (RR<sub>50</sub> ou RR<sub>99</sub>) foi calculada pela divisão da CL<sub>50</sub> ou CL<sub>99</sub> da população resistente pela suscetível (ROBERTSON; PREISLER, 1992).

#### **4.3.4 Persistência biológica de flubendiamide em condições de campo**

O experimento foi instalado em uma área de Cambissolo alumínico na fazenda experimental da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), estado de Santa Catarina (27°44'54"S, 50°05'08"W, e 884 m de altitude), no sul do Brasil. O clima local é classificado como Cfb, de acordo com a Classificação Climática de Köppen, caracterizado como temperado com verão ameno, e chuvas distribuídas uniformemente ao longo dos meses do ano, sem a presença de estação seca, na área do experimento foi instalado um pluviômetro. O plantio foi realizado em 22 de dezembro de 2019 com a cultivar BMX Alvo RR (GDM GENÉTICA DO BRASIL S.A.)

com espaçamento de 50 cm entre linha e densidade de semeadura de 18 sementes metro.

O tratamento de sementes foi realizado com Standak Top com os ingredientes ativos (i.a) (Piraclostrobina 25g/L + Tiofanato Metílico 225g/L + Fipronil 250g/L) na proporção de 200mL produto comercial/100kg de sementes na proporção de 200mL produto comercial/100kg de sementes. A adubação de base foi com 400 kg e NPK/ha (fórmula 02-30-15) e adubação de cobertura de 150 kg/ha de cloreto de potássio e 80 kg/ha de ureia a lanço aos 38 dias após a emergência das plântulas.

Para a realização do experimento foram delimitados 8 blocos com 6 linhas de 5 metros de comprimento separadas por 4 linhas de bordadura entre cada tratamento. As plantas foram marcadas com barbante no terço superior para que as folhas fossem retiradas sempre no mesmo segmento da planta. A pulverização foi realizada no dia 4 de fevereiro de 2020, quando as plantas atingiram o estágio fenológico de V4, com um pulverizador pressurizado com CO<sub>2</sub> de 4 bicos modelo leque à 50 cm, na calibragem 2,5 a 3 bar para de pressão para corresponde no volume de calda de 100L ha. Durante a aplicação a umidade relativa era de 67% e temperatura a 26° C.

Os inseticidas aplicados foram flubendiamide (70mL p.c/100 L de água, Belt®), chlorantraniliprole(33,3mL p.c 100 L de água, Premio®), cyantraniliprole (125mL p.c/100 L de água, Benevia®). Para cada tratamento foi adicionado 0,1% de surfactante Assist®. Entre cada pulverização dos tratamentos foi realizada a limpeza da barra com dois litros de água.

As coletas dos trifólios foram realizadas aos 1, 3, 6, 10 e 17 dias após a aplicação. Foi acondicionado um trifólio por pote plástico com tampa (150 mL), forrado com papel germiteste levemente umedecido com água destilada. Em seguida cinco lagartas de terceiro ínstar foram transferidas para cada pote plástico. O delineamento foi inteiramente casualizado com 10 repetições para cada tratamento. A avaliação da mortalidade foi após quatro dias da transferência das lagartas. O critério de mortalidade foi avaliado com auxílio de uma pinça fazendo um toque no seu dorso, lagartas que não apresentassem movimentos vigoroso eram consideradas mortas.

### 4.3.5 A análise estatística persistência

Os dados foram submetidos a análise de variância por modelos lineares mistos generalizados. A homogeneidade de variância e normalidade dos resíduos foi verificada por gráficos de diagnóstico (q-q plot, histograma e resíduos vs valores preditos). Quando necessário realizado a transformação dos dados pelo método box cox. Após, foram realizadas regressões polinomiais ajustando o grau do polinômio de acordo com os critérios de informação corrigido de Akaike. Realizou-se também a comparação entre interceptos e declives das populações através de análise de covariância.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As CL<sub>50</sub> da população SUSCI-15 se diferenciou apenas para cyantraniliprole com uma variação de 0,031 a 0,274 µg i.a./cm<sup>2</sup> (Tabela 4). Entre flubendiamide e chlorantraniliprole houve sobreposição nos intervalos de confiança a 95% na CL<sub>50</sub>, podendo afirmar que essa população apresentou a mesma suscetibilidade entres os dois inseticidas. Quando comparados as CL<sub>99</sub> houve uma variação de 0,26 a 9,75 µg i.a./cm<sup>2</sup> sem sobreposição entre os intervalos de confiança. O menor valor de CL<sub>99</sub> foi observado para chlorantraniliprole. Comparando a tolerância de *C. includens* as diamidas observa-se que a razão de tolerância de *C. includens* foi maior para cyantraniliprole (37,5 vezes), seguido de flubendiamide (2,7 vezes) e chlorantraniliprole (1,0 vez).

Quando comparamos a CL<sub>50</sub> de população de *Tuta absoluta* no Brasil observamos que o perfil de toxicidade foi semelhante ao perfil das populações de *C. includens* ao inseticida chlorantraniliprole aonde apresentou os menores valores de cl 50, seguido de cyantraniliprole e flubendiamide (CAMPOS et al., 2015). Outros dados que apresentam a mesma similaridade com os do trabalho são os realizados com as populações de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) aonde o inseticida chlorantraniliprole foi mais toxico que flubendiamide (ADAMS et al., 2016).

Tabela 4 — Caracterização de suscetibilidade da população suscetível de referência de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) a diamidas em bioensaio de ingestão com o tratamento superficial da dieta.

Inseticida	<i>n</i>	Coef. angular (± DP) <sup>a</sup>	CL <sub>50</sub> (95% IC) <sup>b</sup>	CL <sub>99</sub> (95% IC) <sup>b</sup>	χ <sup>2</sup>	G.L. <sup>c</sup>	<i>P</i> <sup>d</sup>
Flubendiamide	768	1.84 (± 0.12)	0.038 (0.032-0.044)	0.70 (0.49-1.09)	8.09	5	0.1513
Chlorantraniliprole	720	2.52 (± 0.18)	0.031 (0.027-0.035)	0.26 (0.20-0.37)	2.79	5	0.7330
Cyantraniliprole	672	1.50 (± 0.16)	0.274 (0.199-0.350)	9.75 (5.82-21.00)	7,69	4	0.1037

<sup>a</sup> Coeficiente angular

<sup>b</sup> CL<sub>50</sub>: concentração de inseticida necessária para matar 50% dos insetos. Da mesma forma, CL<sub>99</sub> é a concentração de inseticida necessária para matar 99% dos insetos testados.

<sup>c</sup> Graus de liberdade.

<sup>d</sup> *P* > 0,05.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Para os inseticidas do grupo químico das diamidas foram definidas as concentrações diagnósticas de 0,5053 µg de flubendiamide/cm<sup>2</sup>, 0,1579 µg de chlorantraniliprole/cm<sup>2</sup> e 5,053 µg de cyantraniliprole/cm<sup>2</sup> para a realização do monitoramento da suscetibilidade. A partir dessas concentrações diagnósticas verificou-se que houve diferença na suscetibilidade entre as populações de *C. includens* a flubendiamide (*F*=256,71 g.l = 8 , *P*< 0,0001), chlorantraniliprole (*F* = 35,09 g.l = 8, *P* = < 0,0001) e cyantraniliprole (*F*=132,36 g.l = 8 *P* = < 0,0001) (Tabela 4)

Tabela 5 — Monitoramento da suscetibilidade de populações de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em bioensaio de ingestão com o tratamento superficial da dieta artificial a diamidas.

População	% Sobrevivência		
	Flubendiamide 0,5050 µg a.i./cm <sup>2</sup>	Chlorantraniliprole 0,1579 µg a.i./cm <sup>2</sup>	Cyantraniliprole 5,053 µg a.i./cm <sup>2</sup>
SUSCI-15	0,3 <sup>2</sup> ± 0,36 <sup>1</sup> a	0,0 ± 0,00 a	1,0 ± 0,57 a
Ijuí (RS)	9,3 ± 1,62 a	2,2 ± 0,86 ab	36,2 ± 2,17 d
Guarapuava (PR)	11,5 ± 5,17 a	3,8 ± 1,13 bc	5,4 ± 1,817 ab
Lages (SC)	54,8 ± 3,22 b	8,3 ± 1,42 c	31,1 ± 3,07 c
Vargeão (SC)	62,8 ± 2,34 c	2,9 ± 0,83 b	11,2 ± 2,76 b
Papanduva (SC)	71,5 ± 1,85 d	4,8 ± 1,40 bc	53,8 ± 5,44 d
Vacaria (RS)	86,7 ± 1,69 e	46,8 ± 2,58 d	58,0 ± 2,43 d

<sup>1</sup>Desvio padrão da média. <sup>2</sup>Médias seguidas pela mesma letra, não se diferenciaram estatisticamente pelo teste de Tukey (*p*<0,05).

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020

Para flubendiamide quatro populações apresentaram baixa suscetibilidade quando comparadas a população SUSCI-15 com variação de sobrevivência entre 54,8 a 86,7% (Tabela 5). Durante as safras de 2016/17 e 2017/18 já foram observadas diferenças expressivas na suscetibilidade entre populações de *C. includens*, variando entre 21 e 75% de sobrevivência (RESTELATTO, 2018). Para chlorantraniliprole apenas a população de Ijuí apresentou sobrevivência semelhante a população SUSCI-15, mas ela não diferiu de outras populações (Guarapuava, Papanduva e Vargeão). No entanto, a magnitude da variação de sobrevivência (2,9 a 8,3%) foi menor do que comparado a flubendiamide, exceto na população coletada em Vacaria que houve 46,8% de sobrevivência. Para cyantraniliprole apenas a população de Guarapuava não se diferenciou da população SUSCI-15. A variação de sobrevivência para esse inseticida foi de 11,2 a 58%.

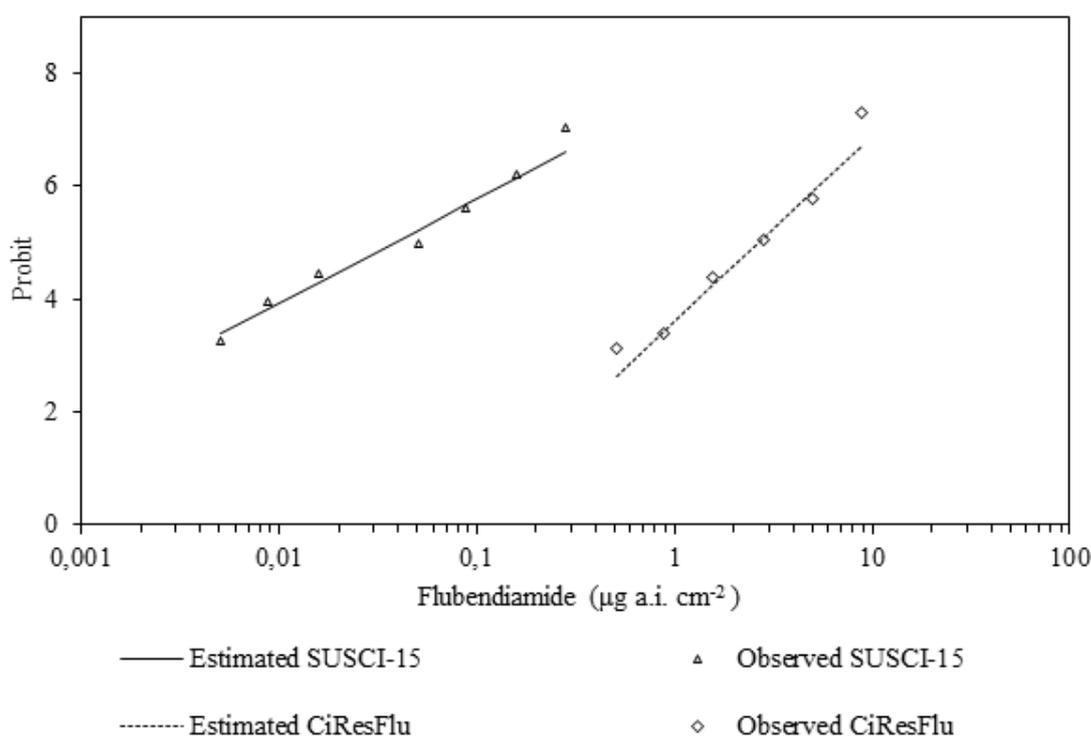
Casos de variação de suscetibilidade em populações de *C. includens* foram relatadas ao inseticida flubendiamide na safra 2017/18 em populações coletadas na região de Londrina – PR, que apresentou uma baixa mortalidade para o inseticida com apenas 75,2% apresentando uma razão de resistência de 117,7 vezes (RESTELATTO, 2018).

No Brasil, já foi observada variação na suscetibilidade entre populações de *C. includens* coletadas na região Centro Oeste na safra 2013/14 e 2014/15, detectada razão de resistência de cerca de 217 vezes (SCHNEIDER; SOSA-GÓMEZ, 2016). Outros casos de populações que apresentaram evolução de resistência a flubendiamide foram relatadas na safra 2017/18 na região sul como o município de Santa Maria – RS com uma razão de resistência de 15,4 vezes e o município de Bela Vista do Paraíso – PR com 9,7 vezes (STACKE et al., 2019).

Com base nos resultados é necessário o aprimoramento das estratégias de manejo da resistência ao longo das próximas safras com o uso desses inseticidas, e estudos de resistência cruzada assim como os mecanismos responsáveis pela resistência a cada grupo químico, caso contrário pode ocorrer o aumento da razão de resistência e falhas no controle de insetos praga no campo (GEORGHIOU, 1983). Como registrado para os inseticidas flubendiamide e cyantraniliprole que apresentara altos índices de insetos sobreviventes. Outro caso que merece ser melhor estudado é o alto índice de insetos sobreviventes para as 3 diamidas no município de Vacaria – RS.

A partir dos valores da  $CL_{50}$  e  $CL_{99}$  da população SUSCI-15 e CiResFlu não houve sobreposição nos seus intervalos de confiança, indicando diferença na suscetibilidade, com razão de resistência de 70,1 vezes. Quando comparamos o coeficiente angular da população coletada em Londrina que apresentou evolução de resistência mostrando um coeficiente angular de 1,20 com uma  $CL_{50}$  0,34 (0,22 – 0,47) condizendo que a população não apresentava alta homogeneidade entre os indivíduos (RESTELATTO, 2018). Assim que caracterizado a resistência foi analisada o coeficiente angular que apresentou valores de 3,30 para a população CiResFlu, mostrando uma homogeneidade superior a inicial, com a  $CL_{50}$  2,65 (2,35 – 2,95), podendo ser uma possível população que iria apresentar falhas no campo.

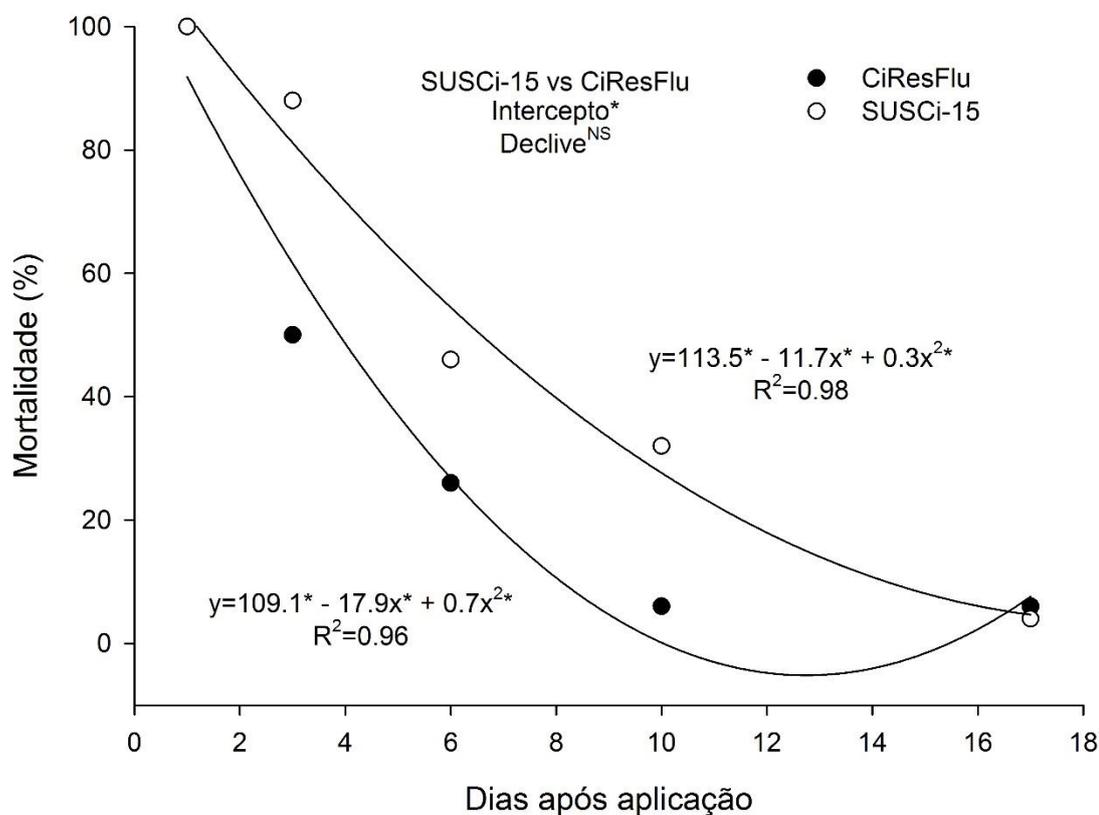
Figura 4 — Curvas de concentração resposta da população suscetível de referência (SUSCI-15) e resistente a flubendiamide (CiResFlu) em bioensaio de ingestão com tratamento superficial da dieta artificial.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Em condições de campo, a persistência biológica de flubendiamide discriminou as populações SUSCI-15 e CiResFlu, mostrando que a população CiResFlu apresentou maior tolerância ao inseticida em condições de campo ( Figura 5).

Figura 5 — Curva de persistência a flubendiamide com populações de suscetível de referência (SUSCI-15) e população resistente (CiResFlu) de *C. includens*.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Ao analisar o deslocamento da curva dias após aplicação analisamos que a população CiResFLU apresentou-se mais tolerante ao inseticida, aos 3 dias após aplicação a população apresenta apenas 50% de mortalidade quando comparada com a SUSCI-15 que apresentava aproximadamente 90% de mortalidade, com o decorrer de cinco dias após aplicação tivemos uma precipitação de 1,7 mm, subjugamos que a chuva tivesse influenciado na baixa efetividade do inseticida que não apresentava um bom controle chegando aos dez dias após aplicação com menos de 50 % de controle das lagartas. Trabalho realizado por Arrué et al., (2014) mostra que precipitações de 20mm após 360 minutos de aplicação não ocasionaram diferenças no controle de insetos com o inseticida chlorantraniliprole.

Dessa forma, os inseticidas flubendiamide e cyantraniliprole apresentam riscos de evolução da resistência em *C. includens*. Portanto, é necessário adotar medidas proativas de manejo da resistência, como a adoção de práticas de manejo propostas pelo MIP, como o uso de inseticidas a partir da amostragem de pragas,

uso do nível de controle da praga e outros métodos, como por exemplo, o uso de bioinseticidas a base de vírus que não apresentam resistência cruzada com inseticidas sintéticos (GODOY et al., 2019).

Quando se faz uso de inseticidas, deve-se rotacionar os ingredientes ativos pela escolha de diferentes mecanismos de ação pela classificação do IRAC-BR (Comitê de Ação à Resistência a Inseticidas) (BERNARDI et al, 2012).

#### 4.5 CONCLUSÃO

Para o monitoramento da resistência de *C. includens* a diamidas as concentrações diagnósticas são 0,5053 µg de flubendiamide/cm<sup>2</sup>, 0,1579 µg de chlorantraniliprole/cm<sup>2</sup> e 5,053 µg de cyantraniliprole/cm<sup>2</sup>.

As populações de *C. includens* em regiões do sul do Brasil apresentam variação na suscetibilidade as diamidas.

Uma população de *C. includens* resistente a flubendiamide apresenta razão de resistência de 70,1 vezes, com base na CL<sub>50</sub>.

Mostrando assim que estas populações de *C.includens* poderiam vir causar possíveis danos em lavouras comerciais de diferentes culturas, pois apresentou um alto Valor em sua razão de resistência.

Em condições de campo ocorre discriminação entre lagartas de *C. includens* suscetível e resistente a flubendiamide.

## REFERÊNCIAS

- ABOT, A. R. et al. Development of resistance by *Anticarsia gemmatalis* from Brazil and the united states to a nuclear polyhedrosis virus under laboratory selection pressure. **Biological Control**, v. 7, n. 75, p. 126-130, 1996.
- ADAMS, A. et al. Susceptibility of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) neonates to diamide insecticides in the midsouthern and southeastern United States. **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 5, p. 2205-2209, 2016.
- AMADO, D. **Caracterização da suscetibilidade a inseticidas reguladores de crescimento de insetos em populações de *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) do Brasil**. 2017. 73 f. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.
- ARRUÉ, A. et al. Precipitação artificial após aplicação do inseticida chlorantraniliprole associado com adjuvante em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2118-2123, 2014.
- BALDIN, E. L. L.; LOURENCÃO, A. L.; SCHLICK-SOUZA, E. C. Outbreaks of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in common bean and castor bean in São Paulo State, Brazil. **Bragantia**, v. 73, n. 4, 458–465, 2014.
- BERNARDI, O. et al. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 × MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatalis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, v. 68, n. 7, p. 1083-1091, 2012.
- BUENO, A. F. et al. **Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil**. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília:Embrapa: p, 37-74, 2012.
- BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BUENO, R. C. O. F. Controle de pragas apenas com o MIP. **A Granja**, Porto Alegre, v. 66, n. 733, p. 76-78, jan. 2010
- BUENO, A. F. et al. Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 5, p. 439–447, 2013.

BUENO, R. C. O. F. et al. Sem barreiras. **Revista Cultivar**, v. 93, p. 12-15, 2007.

BUENO, R. C. O. F. et al. Performance of trichogrammatids as biocontrol agents of *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 3, p. 389-394, 2009.

BUSH, M. R. et al. Azinphosmethyl resistance in the tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae): reversion, diagnostic concentrations, associated esterases, and glutathione transferases. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, n. 2, p. 213-225, 1993.

BUSS, N. **Suscetibilidade diferencial de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) a inseticidas**. 2018. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 2018.

CAMPOS, M. R. et al. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) Brazilian populations to ryanodine receptor modulators. **Pest Management Science**, v. 71, n. 4, p. 537-544, 2015.

CATTELAN, A. J.; DALL'AGNOL, A. The rapid soybean growth in Brazil. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado** Oilseeds and fats, Crops and Lipids, v. 25, n. 1, D 102, 2018.

CIDASC. Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina. Relatório: **Inspeções *in locu* para verificar a ocorrência da *Helicoverpa armigera* na ADR de Campos Novos, Etapa 3**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidasc.sc.gov.br/defesasaniariavegetal/files/2013/12/RELATORIO-INSPE%C3%87%C3%83O-H.-arm%C3%ADgera-06-03-2014-1.pdf>>. Acesso em 03 de jun de 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em 03 de jun de 2020.

CORDOVA, D. et al. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, n. 3, p. 196-214, 2006.

CROFT, B. A.; VAN DE BANN, H. E. Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in *tetranychid* and *phytoseiid* mites. **Experimental and Applied Acarology**, v. 4, n. 3, p. 277-300, 1988.

CZEPAK, C. et al. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 110-113, jan. 2013.

DE BAPTISTA, G.; PARRA, J.; HADDAD, M. D. L. Toxicidade comparativa de lambda-cyhalothrin à lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hueb., 1818 (Lepidoptera, Noctuidae) e ao percevejo verde, *Nezara viridula* (L., 1758) (Hemiptera, Pentatomidae). **Scientia Agricola**, v. 52, n. 1, p. 183-188, 1995.

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

DOWD, P. F.; SPARKS, T. C. Characterization of a trans-permethrin hydrolyzing enzyme from the midgut of *Pseudoplusia includens* (Walker). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 25, n. 1, p. 73-81, 1986.

DURLI, M. M. et al. Defoliation levels at vegetative and reproductive stages of soybean cultivars with different relative maturity groups. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 402-411, 2020.

EICHLIN, T. D.; CUNNINGHAM, H. B. **The Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) of America north of Mexico, emphasizing genitalic and larval morphology**. United States. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, p. 1 - 32, 1978.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report 80).

FELLAND, C. M. et al. Resistance to pyrethroid insecticides in soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 1, p. 35-40, 1990.

FORMENTINI, A. C. et al. Lepidoptera (Insecta) associated with soybean in Argentina, Brazil, Chile and Uruguay. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2113–2120, 2015.

FFRENCH-CONSTANT, R.H.; ROUSH, R.T. Resistance detection and documentation: The relative roles of pesticidal and biochemical assays. In: ROUSH, R.T.; TABASHNIK, B.E. **Pesticide Resistance in Arthropods**. New York: Chapman and Hall, cap.2, 1990, p. 46.

GEORGHIU, G. P. Management of resistance in arthropods. In: **Pest resistance to pesticides**, 1983, p. 769-792.

GEORGHIU, G. P.; TAYLOR, C. E. Factors influencing the evolution of resistance. **Pesticide resistance: strategies and tactics for management**, 1986, p. 157-169.

GINARTE AMBROS, C.; MONTADA DORTA, D. Influência de inibidores del desarrollo sobre la reproducción de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Revista Cubana de Medicina Tropical**, v. 48, n. 1, p. 21-25, 1996.

GODOY, D. N. et al. No cross-resistance between ChinNPV and chemical insecticides in *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal Of Invertebrate Pathology**, v. 164, p. 66-68, 2019.

GREENE, G. L.; LEPLA, N. C. DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n.4, p. 487- 488, 1976.

GUEDES, J. V. C. et al. Nova dinâmica. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 139, p. 24-26, 2010.

GUEDES, J. V. C. et al. Lagartas da soja: das lições do passado ao manejo do futuro. **Revista Plantio Direto**, v. 24, n. 144, p. 6-18, 2015.

HANNIG, G. T.; ZIEGLER, M.; MARCON, P. G. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. **Pest Management Science: (formerly Pesticide Science)**, v. 65, n. 9, p. 969-974, 2009.

HERZOG, D. C. Sampling soybean looper on soybean. In: **Sampling methods in soybean entomology**. Springer, 1980. p. 141-168.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja (Documentos, 349), 2014, 37

HOFFMANN, C. B.; NEWMAN, G. G.; FOERSTER, L. A. Incidência estacional de doenças e parasitas em populações naturais de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 e *Plusia* spp. em soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 8, n. 1, 1979.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, 859 p.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review Of Entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

KUSHNIR, A.; MARKS, A. R. Ryanodine receptor patents. **Recent patents on biotechnology**, v. 6, n. 3, p. 157-166, 2012.

LAFONTAINE, J. D.; POOLE, R. W. **The Moths of America North of Mexico, Fascicle 25.1: Noctuoidea, Noctuidae (Part), Plusiinae**. Washington: Wedge Entomological Research Foundation, p. 182, 1991.

LAHM, G. P. et al. Rynaxypyr™: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**, v. 17, n. 22, p. 6274-6279, 2007.

LEONARD, R. B. et al. Variations in response of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides in Louisiana. **Journal Of Economic Entomology**, v. 83, n. 1, p. 27-34, 1990.

MAGALHAES, L. C.; WALGENBACH, J. F. Life stage toxicity and residual activity of insecticides to codling moth and oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal Of Economic Entomology**, v. 104, n. 6, p. 1950-1959, 2011.

MARTINS, G. L. M. et al. Inseticidas no controle de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) e impacto sobre aranhas predadoras em soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 128-132, 2009.

MARTINS, G. L. M.; TOMQUELSKI, G. V. Efficiency of insecticides on *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean crop. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 4, p. 25-30, 2015.

MARQUES, L. H. et al. Efficacy of soybean's event DAS-81419-2 expressing Cry1F and Cry1Ac to manage key tropical lepidopteran pests under field conditions in Brazil. **Journal Of Economic Entomology**, v. 109, n. 4, p. 1922-1928, 2016.

MARTIN JUNIOR, W. R.; BROWN, T. M. The action of acephate in *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pristhesancus papuensis* (Hemiptera: Reduviidae). **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 35, n. 1, p. 3-9, 1984.

MASCARENHAS, R. N.; BOETHEL, D. J. Development of diagnostic concentrations for insecticide resistance monitoring in soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) larvae using an artificial diet overlay bioassay. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 3, p. 897–904, 2000.

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

MORENO, I. et al. Baseline susceptibility of Mediterranean strains of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) to cyantraniliprole. **Pest Management Science**, v. 74, n. 7, p. 1552-1557, 2018.

MOSCARDI, F.; CARVALHO, R. C. Z. Consumo e utilização de folhas de soja por *Anticarsia gemmatalis* Hub. (Lepidoptera: Noctuidae) infectada, em diferentes estádios larvais, por seu vírus de poliedrose nuclear. **Anais Sociedade Entomológica Brasileira**, v. 22, p. 267–80, 1993.

MOSCARDI, F. et al. Artrópodes que atacam as folhas da soja. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, v. 4, p. 859, 2012.

NAUEN, R. et al. IRAC: Insecticide resistance and mode-of-action classification of insecticides. **Modern Crop Protection Compounds**, v. 3, p. 995-1012, 2019.

OERKE, E. C.; DEHNE, H. W. Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. **Crop Protection**, v. 23, n. 4, p. 275-285, 2004.

OLIVEIRA, C. M. et al. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014.

OLIVEIRA, L.J.; ROGGIA, S.; SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C.J.; FERNANDES, P.M.; OLIVEIRA, C.M. Insetos que atacam raízes e nódulos da soja. In: HOFFMANN-

CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. 859 p.

OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Diferentes diâmetros de gotas e equipamentos para aplicação de inseticida no controle de *Pseudoplusia includens*. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 92-99, 2010.

OMER, A. D. et al. Sweetpotato whitefly resistance to insecticides in Hawaii: intra-island variation is related to insecticide use. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 67, n. 2, p. 173-182, 1993.

OWEN, N. L.; et al. Susceptibility of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to Reduced-Risk Insecticides. **BioOne**, v. 96, p.554-559, 2013.

PALMA, J. et al. Molecular variability and genetic structure of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), an important soybean defoliator in Brazil. **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0121260, 2015.

PANIZZI, A. R.; OLIVEIRA, L. J.; SILVA, J. J. Survivorship, larval development and pupal weight of *Anticarsia gemmatalis* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) feeding on potential leguminous host plants. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 5, p. 563-567, 2004.

PAPA, G.; CELOTO, F. J. **Lagartas na soja**. Ilha Solteira, São Paulo, Cultura agrônômica v. 6, n. 1, p. 1 - 11, 2007.

PARRA, José Roberto Postali. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo Editora Manole Ltda, 2002.

PERINI, C. R. et al. Challenges in *Chrysodeixis includens* management with chemical insecticides trigger to high control costs in Brazil. **Australian Journal Of Crop Science**, v. 13, n. 10, p. 1723-1730, 2019.

PRAÇA, L. B.; MORAES, S.; MONNERAT, R. G. *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepdoptera: Noctuidae) biologia, amostragem e métodos de controle. Brasília **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos**, 2006, p. 1-17.

RAMOS, R. S. et al. Toxicity of insecticides to *Chrysodeixis includens* and their direct and indirect effects on the predator *Blaptostethus pallescens*. **Journal Of Applied Entomology**, v. 141, n. 9, p. 677-689, 2017.

RETELATTO, S. S. **Monitoramento da resistência de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas**. 2018. 59 f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages 2018.

ROBERTSON, J.; PREISLER, H. **Pesticide bioassays with arthropods**. CRC Boca Raton, FL, 1992.

SCHNEIDER, J. A.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Suscetibilidade de populações de *Chrysodeixis includens* e *Helicoverpa armigera* a inseticidas do grupo das diamidas. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 35., Londrina, 2016. **Resumos expandidos**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

SMIRLE, M. J. et al. Insecticide Susceptibility of Three Species of Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) Pests of Grapes. **Journal of Economic Entomology**, v.106, n. 5, p. 2135 - 2140, 2013.

SORGATTO, R. J.; BERNARDI, O.; OMOTO, C. Survival and development of *Spodoptera frugiperda* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) on Bt cotton and implications for resistance management strategies in Brazil. **Environmental Entomology**, v. 44, n. 1, p. 186-192, 2015.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle à cultura da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja: Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012, 859 p.

SOSA-GÓMEZ, D.R. et al. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Embrapa Soja, 2014. 100 p.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson epizootics and on populations of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 287-291, 2003.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; LASTRA, C. C. L.; HUMBER, R. A. An overview of arthropod-associated fungi from Argentina and Brazil. **Mycopathologia**, v. 170, n. 1, p. 61-76, 2010.

SPARKS, T. C.; NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 121, p. 122-128, 2015.

SPARKS, T. C. Insecticide discovery: an evaluation and analysis. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 107, n. 1, p. 8-17, 2013.

SPECHT, A.; DE PAULA-MORAES, S. V.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Host plants of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae, Plusiinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.1, n.1, p. 55–57, 2015.

SPECHT, A.; GOMEZ, D. R. S.; PAULA MORAES, S. V. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 689-692, 2013.

SPECHT, A. et al. Biotic Potential and Life Tables of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Rachiplusia nu*, and *Trichoplusia ni* on Soybean and Forage Turnip. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 4, p. 8, 2019.

SPECHT, A.; VOGT, T. G.; CORSEUIL, E. Biological aspects of *Autoplusia egea* (Guenée)(Lepidoptera: Noctuidae, Plusiinae). **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 1-4, 2007.

STACKE, R. F. et al. Susceptibility of Brazilian populations of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides. **Journal of economic entomology**, v. 112, n. 3, p. 1378-1387, 2019.

SU, J.; LAI, T.; LI, J. Susceptibility of field populations of *Spodoptera litura* (Fabricius)(Lepidoptera: Noctuidae) in China to chlorantraniliprole and the activities of detoxification enzymes. **Crop Protection**, v. 42, p. 217-222, 2012.

TEIXEIRA, L. A.; ANDALORO, J. T. Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 106, n. 3, p. 76–78, 2013.

WILLE, P. E. et al. Natural resistance of soybean cultivars to the soybean looper larva *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 1, p. 18-25, 2017.

YANO, S. A. C. et al. High susceptibility and low resistance allele frequency of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) field populations to Cry1Ac in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, n. 8, p. 1578-1584, 2016.

YORINORI, J. T. et al. Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, nas safras 2000/01 e 2001/02. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 94.

ZHANG, R.; HE, S.; CHEN, J. Monitoring of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) resistance to cyantraniliprole in the south of China. **Journal Of Economic Entomology**, v. 107, n. 3, p. 1233-1238, 2014.

ZHENG, X.; REN, X.; SU, J. Insecticide susceptibility of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in China. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 2, p. 653-658, 2011.