

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JULIANE APARECIDA SCHNEIDER

**SUSCETIBILIDADE DE NOCTUÍDEOS DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA A
FLUBENDIAMIDA, CLORANTRANILIPROLE E INDOXACARBE**

PONTA GROSSA
2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JULIANE APARECIDA SCHNEIDER

**SUSCETIBILIDADE DE NOCTUÍDEOS DE IMPORTÂNCIA AGRÍCOLA A
FLUBENDIAMIDA, CLORANTRANILIPROLE E INDOXACARBE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, linha de pesquisa em manejo fitossanitário.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Ricardo Sosa-Gómez

PONTA GROSSA
2015

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

S359 Schneider, Juliane Aparecida
Suscetibilidade de noctuídeos de importância agrícola a flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe/ Juliane Aparecida Schneider. Ponta Grossa, 2015. 65f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa. Orientador: Prof. Dr. Daniel Ricardo Sosa-Gómez.

1.Bioensaio. 2.Diamidas e oxadiazinas. I.Sosa-Gómez, Daniel Ricardo. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Agronomia. III. T.

CDD: 632.9



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: **“Suscetibilidade de noctuídeos de importância agrícola a flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe”.**

Nome: Juliane Aparecida Schneider

Orientador: Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Dr. Adeney de Freitas Bueno

Prof. Dr. Adalci Leite Torres

Data da Realização: 11 de dezembro de 2015.

À minha querida mãe Maria Edeniuse, pelo incentivo e amor incondicional.
Ao meu amor Willian Santana, por todo apoio e carinho.
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar a minha vida, guiar-me e dar-me tranquilidade para seguir em frente e não desanimar com as dificuldades.

Ao meu orientador Dr. Daniel Ricardo Sosa-Gómez, pela paciência, orientação, confiança, pelos conselhos e conhecimentos repassados.

À querida Dra. Maria Cristina Neves de Oliveira e à sua equipe de Biometria da Embrapa Soja, pela contribuição na realização das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Rui Scaramella Furiatti, por me proporcionar a primeira oportunidade de trabalhar com entomologia, ainda na Graduação, pelos conselhos e ensinamentos, minha eterna gratidão.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos conhecimentos repassados e por contribuírem com minha formação profissional.

À Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária (Embrapa Soja), por conceder o espaço físico, materiais e equipamentos para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos da Embrapa Soja: Ivanílda L. Sodório, Joveníl J. da Silva, Jairo J. da Silva, Sergio H. da Silva e Miguel Pereira de Souza, pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho. Em especial, ao Fábio Paro, por todo o conhecimento que partilha com os estagiários e alunos da pós-graduação, pelas críticas construtivas e por ajudar em todas as etapas da condução dos bioensaios. Sem a sua experiência e dedicação, este trabalho não seria possível.

Aos meus queridos amigos do Laboratório de Entomologia da Embrapa Soja: Alessandra Benatto, Gizele Baldo, Patrícia Elizabeth Husch, Lucas Wisch, Jhibran Ferral, Cibeli Oliveira, Daniana Avelar e Jéssica Silvério, com os quais tive a honra de conviver durante esse período. Obrigada por todos os conselhos, incentivos, pelos momentos dedicados a este trabalho e por sempre estarem dispostos a me ajudar.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UEPG, pelo agradável convívio e companheirismo. Em especial, às minhas amigas Ariadne Waureck, Lilian Schafascheck e Kamila Santana.

Às minhas queridas amigas Ma. Alessandra Benatto e Ma. Gizele Baldo, por terem me encorajado a prosseguir, pelo apoio, paciência e por me ajudarem na revisão deste trabalho.

Aos meus colegas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), pelo apoio e por entenderem as ausências que foram necessárias para a concretização deste trabalho.

À minha amiga Jaciara Gonçalves, por me ajudar na elaboração do resumo em Inglês deste trabalho.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa e aos cursos de Agronomia e de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudo.

À minha mãe e melhor amiga, Maria Edeniuse, por toda dedicação e incentivo, mostrando-me o quanto era importante estudar, mesmo não tendo ela a mesma oportunidade no passado.

Ao meu namorado Willian Santana, por todo o carinho, incentivo e companheirismo em todos os momentos e que, apesar da distância, sempre desejou o melhor para mim.

Ao jornalista Derek Rafael Kubaski, pela revisão do texto da presente pesquisa.

E a todas as pessoas que, de alguma forma, tornaram possível a concretização deste trabalho.

"Aparentemente o mundo funciona assim. Se Esaú realmente consegue o prato de lentilhas em troca de sua primogenitura, então ele é uma exceção de sorte. Você não pode obter as segundas coisas colocando-as em primeiro lugar; você só consegue as segundas coisas colocando as primeiras coisas em primeiro lugar. Disso, seguir-se-ia que a questão: Quais são as primeiras coisas? É do interesse não apenas de filósofos, mas de qualquer um."

C. S. Lewis.

SCHNEIDER, Juliane Aparecida. **Suscetibilidade de noctuídeos de importância agrícola a flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe.** Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

RESUMO

Os Noctuídeos se destacam entre os principais grupos de lepidópteros que causam prejuízos às lavouras. Apresentam grande diversidade de espécies pragas de elevada importância econômica. Dentre elas, podemos destacar a ocorrência da lagarta falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker), espécies do gênero *Spodoptera*, tais como *S. cosmioides* (Walker), *S. eridania* (Cramer) e *S. frugiperda* (Walker) e ainda espécies da subfamília Heliothinae, como a *Helicoverpa armigera* (Hübner). A busca de alternativas para o controle dessas espécies tem possibilitado a introdução de inseticidas mais seguros ambientalmente e de alta atividade inseticida, como o grupo das diamidas e oxadiazinas. Buscou-se, com a realização deste trabalho, quantificar a suscetibilidade de *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* aos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe, por meio de bioensaios com aplicação de inseticida incorporado na dieta artificial. As coletas foram realizadas durante as safras 2013/2014 e 2014/2015, em diferentes regiões do Brasil. Os bioensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Entomologia da Embrapa-Soja em Londrina-PR. A avaliação da mortalidade e as pesagens das lagartas sobreviventes foram realizadas ao sétimo dia. Os dados de mortalidade de cada população testada foram submetidos à análise de Probit para estimativa de CL₅₀ e CL₉₉. Os dados de peso foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. As CL₅₀ das populações de *C. includens* variaram de 0,861 a 187,28 µg de i.a/mL de dieta (flubendiamida), 0,025 a 5,331 (clorantraniliprole) e 1,345 a 2,94 (indoxacarbe); de *H. armigera* 0,076 a 0,093 (flubendiamida), 0,050 e 0,051 (clorantraniliprole) e 1,581 (indoxacarbe); das espécies *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* variaram de 0,255 a 2,73 (flubendiamida), 0,032 a 0,104 (clorantraniliprole), 0,834 a 3,0886 (indoxacarbe). As concentrações diagnósticas encontradas e sugeridas para o monitoramento da resistência de *C. includens* foram de 12 e 120 µg de flubendiamida/mL de dieta, 10 e 100 µg de clorantraniliprole/mL de dieta e 5 e 50 µg de indoxacarbe/mL de dieta. As variações encontradas para as diamidas nas populações de *C. includens* indicam resistência das populações de Montividiu-GO e Campo Verde-MT. Entre os inseticidas estudados, o clorantraniliprole apresenta maior potencial de controle para *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*.

Palavras chaves: bioensaio, diamidas e oxadiazinas.

SCHNEIDER, Juliane Aparecida. **Susceptibility of agricultural important noctuids to flubendiamide, chlorantraniliprole and indoxacarb.** Dissertation (Master's in Agronomy) - Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

ABSTRACT

Noctuids stand out among the main groups of Lepidoptera that cause damage to crops. They exhibit great diversity of species of high economic important pests. Among them, we can highlight the occurrence of Soybean Looper, *Chrysodeixis includens* (Walker), species from the genus *Spodoptera* such as *S. cosmioides* (Walker), *S. eridania* (Cramer) and *S. frugiperda* (Walker) and even species of the subfamily Heliothinae, such as *Helicoverpa armigera* (Hübner). The search for alternatives to control these species has enabled the introduction of more environmentally safe insecticides and high insecticidal activity, such as the group of diamides and oxadiazines. Our objective was quantify the susceptibility of *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* and *S. eridania* to flubendiamide, chlorantraniliprole and indoxacarb, through bioassays with application of insecticide incorporated in the artificial diet. Samples were collected during the seasons 2013/2014 and 2014/2015, in different regions of Brazil. Bioassays were developed at the Entomology Laboratory of Embrapa-Soja in Londrina. The mortality evaluation and weighing of caterpillars survivors were held on the seventh day. Mortality data were subjected to Probit's analysis to estimate LC₅₀ and LC₉₉. Larval weight data were subjected to analysis of variance and means compared by Skott-Knott test at 5% probability. The LC₅₀ of the *C. includens* population ranged from 0.861 to 187.28 µg of a.i./mL of diet (flubendiamide), 0.025 to 5.331 (chlorantraniliprole) and 1.345 to 2.94 (indoxacarb). For *H. armigera* ranged from 0.076 to 0.093 (flubendiamide), 0.050 to 0.051 (chlorantraniliprole) and 1.581 (indoxacarb). The LC₅₀ for *S. frugiperda*, *S. cosmioides* and *S. eridania* ranged from 0.255 to 2.73 (flubendiamide), 0.032 to 0.104 (chlorantraniliprole), 0.834 to 3.0886 (indoxacarb). Discriminating concentrations suggested for monitoring resistance of *C. includens* were 12 and 120 µg of flubendiamide/ml of diet, 9 and 90 µg of chlorantraniliprole/ml of diet and 5 and 50 µg of indoxacarb/ml of diet. The high variations found in susceptibility to diamides in populations of *C. includens* indicate resistance of Montividiu-GO and Campo Verde-MT populations. Among the insecticides studied, chlorantraniliprole have greater potential for controlling *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. eridania* and *S. cosmioides*.

Key words: bioassay, diamides and oxadiazines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição espacial das populações de Noctuídeos utilizados na pesquisa.....	30
Figura 2 - Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL ₅₀) das populações de <i>C. includens</i> após 7 dias da incorporação do inseticida flubendiamida a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	36
Figura 3 - Distribuição da porcentagem de mortalidade das populações de <i>C. includens</i> após 7 dias da incorporação do inseticida flubendiamida a dieta artificial em laboratório.....	36
Figura 4 - Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL ₅₀) das populações de <i>C. includens</i> após 7 dias da incorporação do inseticida clorantraniliprole a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	38
Figura 5 - Distribuição da porcentagem de mortalidade das populações de <i>C. includens</i> após 7 dias da incorporação do inseticida clorantraniliprole a dieta artificial em laboratório.....	40
Figura 6 - Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL ₅₀) das populações de <i>C. includens</i> após 7 dias da incorporação do inseticida indoxacarbe a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....	42
Figura 7 - Distribuição da porcentagem de mortalidade das populações de <i>C. includens</i> após 7 dias da incorporação do inseticida indoxacarbe a dieta artificial em laboratório.....	44
Figura 8 - Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL ₅₀) das espécies de noctuídeos estudadas após 7 dias da incorporação do inseticida flubendiamida a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. a: Análise conjunta das populações Uberlândia, Castro, Sorriso e Londrina.....	45

Figura 9 - Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL₅₀) das espécies de noctuídeos estudadas após 7 dias da incorporação do inseticida clorantraniliprole a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. a: Análise conjunta das populações Uberlândia, L. E. Magalhães, Castro, Sorriso, Rio Brilhante e Londrina..... 46

Figura 10- Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL₅₀) das espécies de noctuídeos estudadas após 7 dias da incorporação do inseticida indoxacarbe a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. a: Análise conjunta das populações Uberlândia, L. E. Magalhães, Castro, Sorriso, Rio Brilhante e Londrina..... 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Indicação de uso do inseticida flubendiamida (BELT®) (AGROFIT, 2015).....	21
Tabela 2 -	Indicação de uso do inseticida clorantraniliprole (PREMIO®) (AGROFIT, 2015).....	21
Tabela 3 -	Indicação de uso do inseticida indoxacarbe (AVATAR®) (AGROFIT, 2015).....	23
Tabela 4 -	Procedência, cultura, data de coleta e coordenadas geográficas das populações de <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S. frugiperda</i> , <i>S. eridania</i> e <i>S. cosmioides</i>	31
Tabela 5 -	Caracterização da suscetibilidade de <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S. frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>S. eridania</i> a flubendiamida.....	35
Tabela 6 -	Caracterização da suscetibilidade de <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S. frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>S. eridania</i> a clorantraniliprole.....	39
Tabela 7 -	Caracterização da suscetibilidade de <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S. frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>S. eridania</i> a indoxacarbe.....	43
Tabela 8 -	Análise conjunta das populações de <i>C. includens</i> que apresentaram maior suscetibilidade aos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 NOCTUÍDEOS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	16
3.1.1 Importância econômica de <i>Chrysodeixis includens</i>	16
3.1.2 Importância econômica de <i>Helicoverpa armigera</i>	17
3.1.3 Importância econômica de <i>Spodoptera spp.</i>	17
3.2 O USO DE INSETICIDAS NO CONTROLE DE NOCTUÍDEOS	18
3.2.1 Uso de diamidas no controle de noctuídeos	20
3.2.2 Uso de Oxadiazinas no controle de Noctuídeos	22
3.3 RESISTÊNCIA DE INSETOS A INSETICIDAS	24
3.3.1 Casos de resistência de noctuídeos a inseticidas.....	24
3.4 LINHAS DISCRIMINATÓRIAS E LINHAS BÁSICAS DE SUSCETIBILIDADE DE NOCTUÍDEOS A INSETICIDAS	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 COLETA E CRIAÇÃO DAS POPULAÇÕES DE NOCTUÍDEOS.....	29
4.2 INSETICIDAS QUÍMICOS UTILIZADOS NOS BIOENSAIOS.....	29
4.3 DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DOS NOCTUÍDEOS A FLUBENDIAMIDA, CLORANTRANILIPROLE E INDOXACARBE.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 RESULTADOS	34
5.1.1 Caracterização da suscetibilidade das espécies <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S.</i> <i>frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>S. eridania</i> ao inseticida flubendiamida	34
5.1.2 Caracterização da suscetibilidade das espécies <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S.</i> <i>frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>S. eridania</i> ao inseticida clorantraniliprole	38
5.1.3 Caracterização da suscetibilidade das espécies <i>C. includens</i> , <i>H. armigera</i> , <i>S.</i> <i>frugiperda</i> , <i>S. cosmioides</i> e <i>S. eridania</i> ao inseticida indoxacarbe	42
5.1.4 Concentrações discriminantes dos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe para o monitoramento da suscetibilidade de populações de <i>C.</i> <i>includens</i>	47
5.1.5 Peso de lagartas sobreviventes ao 7º dia	48
5.2 DISCUSSÃO	48
6 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Na safra 2015/2016, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil apresenta uma estimativa de produção de 208,61 a 212,93 milhões de toneladas de grãos, porém, problemas podem prejudicar a produtividade das culturas, como a ocorrência de insetos-praga. Dentre as espécies de importância, destacam-se as da família Noctuidae. A lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), passou a ser encontrada com maior frequência na cultura da soja a partir de 2003 em diversas regiões brasileiras (BRAGA et al., 2011). Lagartas do gênero *Spodoptera* também provocam sérios prejuízos econômicos numa série de culturas. No milho, a espécie de maior importância é a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (CRUZ et al., 2005), enquanto *S. eridania* e *S. cosmioides* atacam principalmente soja, algodão e tomate (SANTOS et al., 2005). Outra espécie que ganhou importância e vem causando prejuízos principalmente em algodão e soja, com maior ocorrência nos estados da Bahia, de Goiás e do Mato Grosso é a lagarta *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (CZEPAK et al., 2013; SPECHT et al., 2013).

As dificuldades de controle têm sido frequentes no Brasil devido ao manejo inadequado utilizado nas lavouras e ao uso indiscriminado e excessivo de agrotóxicos, o que contribui para o desequilíbrio agroecológico (KUSS-ROGGIA, 2009; MOSCARDI et al., 2012). Isso tem acarretado sérios problemas, como a eliminação de inimigos naturais e a seleção de insetos resistentes a inseticidas (SOSA-GÓMEZ et al., 2009). A resistência é uma habilidade natural que uma população ou organismo tem em tolerar doses de um produto que seria letal para a maioria da população (CROFT, VAN DE BANN, 1988). Inúmeros casos de resistência de lagartas a inseticidas já foram registrados, como é o caso de *C. includens* nos Estados Unidos a cipermetrina (FELLAND et al., 1990), permetrina e teflutrina (THOMAS & BOETHEL, 1994) e a tiodicarbe (MASCARENHAS E BOETHEL, 1997). Também foi relatada a resistência das espécies *H. armigera* em países como Paquistão e Austrália (AHMAD, et al., 2007) e *S. frugiperda* nos Estados Unidos, Venezuela e Brasil a inseticidas piretroides, organofosforados e carbamatos (AHMAD et al., 2007; YU et al., 2003; MARTINELLI e OMOTO, 2006).

Em 2009, foram lançados no mercado brasileiro os inseticidas flubendiamida e clorantraniliprole, pertencentes ao grupo químico das diamidas, amplamente

utilizados para controle de lepidópteros. Inseticidas deste grupo atuam como moduladores de receptores de rianodina, causando letargia, paralisia, cessação de alimentação e morte da praga (CORDOVA, et al., 2006). Após o registro das diamidas, em 2013 foi lançado o grupo químico das oxadiazinas com um único ingrediente ativo registrado, o indoxacarbe. Esse inseticida atua bloqueando a entrada de sódio nas células nervosas, causando neurointoxicação, paralisia e morte do inseto (SATELLE et al., 2008; WHALON et al., 2008).

Evitar a seleção de linhagens resistentes é o grande desafio dos programas de controle de pragas. Para obter sucesso em um programa de manejo de resistência é necessário o estudo das linhas básicas de suscetibilidade e das linhas discriminatórias, que representam a primeira etapa para detectar mudanças na suscetibilidade e possível desenvolvimento da resistência. Alguns trabalhos estão sendo realizados no mundo para diversas espécies. Owen et al. (2013) encontraram diferentes níveis de suscetibilidade entre populações de *C. includens* nos Estados Unidos aos inseticidas flubendiamida e clorantraniliprole. Estas informações ainda são escassas no Brasil para as lagartas *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. eridania* e para *S. cosmioides*. Estudos iniciais foram realizados com *S. frugiperda*, por Da Silva Ribeiro (2014), que observou baixos níveis de suscetibilidade entre as populações oriundas de diversas regiões brasileiras a flubendiamida e a clorantraniliprole. Portanto, é fundamental pesquisar o comportamento das espécies de importância agrícola aos compostos químicos relativamente novos no mercado, como flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe, recomendados no manejo de controle de pragas para evitar a seleção de insetos resistentes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar a suscetibilidade de *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* aos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe por meio de bioensaios com aplicação de inseticida incorporado na dieta artificial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a suscetibilidade das populações das lagartas de *C. includens* e *H. armigera* provenientes de diferentes regiões produtoras de soja, coletadas nas safras 2013/14 e 2014/15 aos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe.
- Determinar doses discriminantes de suscetibilidade para servir de referência no monitoramento das alterações futuras da resposta de populações de Noctuídeos aos inseticidas utilizados.
- Definir regiões que apresentam populações com alterações dos níveis de suscetibilidade a fim de orientar sobre o uso dos produtos mais eficientes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil possui, atualmente, mais de 204 milhões de habitantes (IBGE, 2015), sendo um dos países mais populosos do mundo e ficando atrás somente da China, Índia, Estados Unidos e Indonésia. Além de possuir uma grande demanda por alimentos, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja, milho, feijão, trigo, etc. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (2015), a estimativa de produção da safra brasileira 2015/16 será de 208,61 a 212,93 milhões de toneladas, em uma área de 57,8 milhões de hectares. Porém, vários fatores podem interferir na produção das culturas agrícolas, como a ocorrência de insetos-pragas.

3.1 NOCTUÍDEOS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

Uma família de relevância que está entre os principais grupos de lepidópteros que causam prejuízos às lavouras é a Noctuidae. Ela apresenta grande diversidade de espécies que se alimentam principalmente de folhas durante o período larval e ocorrem em diversos ambientes, especialmente na região Neotropical (HEPPNER, 1991; HOLLOWAY et al., 1992). Na cultura da soja, alguns desfolhadores importantes vêm se destacando desde 2003, devido a alterações no manejo das lavouras. Dentre eles, podemos destacar a ocorrência da lagarta-falsa-medideira, *C. includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae), espécies do gênero *Spodoptera*, tais como *S. cosmioides* (Walker), *S. eridania* (Cramer) e *S. frugiperda* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e ainda espécies da subfamília *Heliothinae*, como a *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (MOSCARDI, et al., 2012).

3.1.1 Importância econômica de *Chrysodeixis includens*

A lagarta-falsa-medideira *C. includens* vem se tornando um grande problema no Brasil. Essa lagarta passou a ser encontrada com maior frequência a partir de 2003 e hoje é considerada praga chave da soja (BRAGA et al., 2011). Está presente em todo o Hemisfério Ocidental, ocorrendo desde o norte dos Estados Unidos até o sul da América do Sul (ALFORD; HAMOND, 1982). No Brasil, *C. includens* pode ser encontrada em todas as regiões produtoras, desde o Rio Grande do Sul até Roraima (MARSARO JUNIOR et al., 2010), com maior frequência no oeste da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul

(MOSCARDI et al., 2012). É uma espécie polífaga, com capacidade de se desenvolver em 73 plantas hospedeiras no Brasil (BERNARDI, 2012), como feijão, repolho, quiabo, batata-doce, fumo, tomate (WOLCOTT, 1936), algodão e soja (HENSLEY et al., 1964). Seu controle é difícil e a praga apresenta grande potencial de dano. Nos Estados Unidos, foram relatadas perdas anuais superiores a 10% (incluindo custos de controle) (MASCARENHAS & BOETHEL, 1997).

3.1.2 Importância econômica de *Helicoverpa armigera*

A lagarta *H. armigera* é considerada uma das pragas agrícolas mais importantes do mundo e está presente na Austrália (GREGG et al., 1993), Índia (PEDGLEY et al., 1987), Sudão (HAGGIS, 1981), Europa (PEDGLEY, 1985) e China (WU; XU; GUO et al., 1998). Recentemente, esta praga foi detectada no Brasil (SPECHT et al., 2013), caracterizando o primeiro caso de ocorrência da mesma no continente americano. Ela é encontrada em vários estados, com maior importância em Goiás, Bahia e Mato Grosso. É uma espécie altamente polífaga, ocorrendo principalmente nas culturas do algodão e da soja (CZEPAK et al., 2013).

Essa espécie tem um alto potencial de crescimento populacional, alta mobilidade, alta fecundidade e pode apresentar diapausa facultativa. Essas características fisiológicas e ecológicas facilitam sua sobrevivência, mesmo em *habitats* instáveis. Além disso, apresenta alta adaptação a mudanças sazonais (NASERI, et al., 2009). Desde 1990, o controle de *H. armigera* na China tornou-se complicado devido à sua resistência a inseticidas químicos (WU; XU; GUO et al., 1998).

3.1.3 Importância econômica de *Spodoptera spp.*

As espécies do gênero *Spodoptera spp.* são distribuídas, mundialmente, desde os trópicos e subtropicais até regiões temperadas e neotropicais (TEIXEIRA et al., 2001). São consideradas importantes pragas de diversas culturas (POGUE, 2002), como, por exemplo, milho, algodão, soja, amendoim, trigo, sorgo, arroz, cebola, tomate e girassol (SOUZA, 2013). Algumas das espécies desse gênero são importantes para a cultura da soja, como as lagartas *S. eridania* e *S. cosmioides*. Nos últimos anos, altas infestações dessas pragas foram detectadas em áreas de soja, algodão e tomate (SANTOS et al., 2005), principalmente na fase reprodutiva (SOSA-

GÓMEZ et al., 1993). Na soja, elas causam injúrias nas vagens (SANTOS et al., 2005), além de atacarem folhas e plantas recém germinadas, apresentando um sintoma parecido com o de *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) (SOSA-GÓMEZ et al., 1993).

A principal praga da cultura do milho no Brasil é a lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*. Os problemas de controle dessa espécie estão aumentando principalmente pelo cultivo de safras de milho consecutivas em algumas regiões, o que permitiu a evolução da resistência da praga à proteína Cry1F em condições de campo no Brasil (FARIAS et al., 2014). Além desse fato, outro como o desequilíbrio biológico agrava a situação (CRUZ, 1995).

As espécies *S. cosmioides* e *S. eridania* são consideradas pragas em expansão, pela frequência crescente e intensidade de danos em diversas regiões produtoras de algodão no cerrado, onde não eram consideradas pragas da cultura. *Spodoptera eridania* começou a se destacar como um problema, pois o número de produtos registrados para o seu controle ainda é escasso (SANTOS, 2007).

3.2 O USO DE INSETICIDAS NO CONTROLE DE NOCTUÍDEOS

Os métodos de controle de pragas podem ser mecânico, físico, químico e biológico, porém, o mais utilizado ainda é o químico. O controle das principais pragas agrícolas deve ser realizado de acordo com os princípios do “Manejo Integrado de Pragas” (MIP), que visa à integração de várias táticas, ao contrário de se basear no uso exclusivo de inseticidas (KOGAN, 1998). Consiste na tomada de decisão envolvendo o uso coordenado de múltiplas técnicas para otimizar o controle de todas as classes de pragas de uma maneira sustentável e economicamente compatível (PROKOPY; KOGAN, 2003). O MIP tem como base o nível de ataque, onde o inseto só é considerado praga quando causa danos econômicos, levando em conta o número e o tamanho dos insetos, além do estágio de desenvolvimento da cultura, que são obtidos em inspeções regulares na lavoura (TECNOLOGIAS, 2005). As estratégias e táticas de manejo devem ser adotadas de maneira que visem manter o agroecossistema o mais próximo possível do equilíbrio agroecológico.

Em 2011, o Brasil passou a ser destaque global pelo posto de maior mercado consumidor de agrotóxicos (IPEA, 2012). Em termos de produto comercial, foram produzidos 902.408 t (acrécimo de 9,6% em relação a 2010), correspondendo a

367.778 t de ingrediente ativo (incremento de 6,1%), de acordo com dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola. Esses números ocorreram principalmente devido ao aumento da área cultivada no país e pela necessidade de controle de pragas e doenças (IEA, 2014). A produção de inseticidas apresentou um aumento de 29,9% em 2013 (em relação ao ano anterior), devido à ocorrência da lagarta *H. armigera* e ao ressurgimento da mosca-branca e da lagarta-falsa-medideira (IEA, 2014).

No processo de descoberta de inseticidas, a fase de pesquisa e desenvolvimento de produto é uma etapa onerosa (MCDOUGALL, 2005). Portanto, existe uma preocupação com a resistência a cada novo inseticida, ainda mais quando usado inadequada e indiscriminadamente. Isso ocorre quando os produtores utilizam doses acima das recomendações de bula, número de aplicações exagerado e fazem uso de misturas inseticidas indevidas ou, ainda, quando realizam as aplicações em condições climáticas desfavoráveis. Essas situações vão contra as recomendações do MIP, comprometendo a eficiência do controle natural pelos organismos benéficos, contaminando o ambiente, prejudicando a saúde dos trabalhadores rurais e também dos consumidores, devido ao aumento do nível de resíduos químicos acima do permitido nos alimentos. Além disso, podem causar sérios problemas como a ressurgência de pragas, o que aumenta a resistência a inseticidas (CRUZ, 2002; OLIVEIRA, 2008).

A resistência de artrópodes a agrotóxicos é uma das mais graves preocupações no desenvolvimento e manutenção do MIP (SCOTT; LIU; WEM, 1998). O processo de evolução da resistência está relacionado com aplicações frequentes de inseticidas pertencentes ao mesmo grupo químico ou que apresentam o mesmo mecanismo de ação, aumento da dosagem dos produtos e à substituição de produtos, geralmente, por um de maior toxicidade (GEORGIHIOU, 1983). A aplicação constante de um mesmo agente de controle leva ao aumento na frequência relativa de indivíduos pré-adaptados, uma seleção Darwiniana das populações em que os indivíduos aptos sobrevivem e a tentativa de controle dos tolerantes leva à ampliação das doses de inseticidas, causando a seleção de populações resistentes (CASIDA; QUISTAD, 1998). Inseticidas eficientes com novos modos de ação estão se tornando importantes para o MIP e para as táticas de manejo de resistência, substituindo os grupos tradicionais que apresentam riscos tanto para a saúde humana como para o ambiente (WING et

al., 2000). Os produtos que preservam a fauna benéfica dificultam a evolução da resistência, pois permitem que os indivíduos resistentes sejam controlados por seus inimigos naturais, reduzindo a necessidade do uso de inseticidas (ROUSH, 1989).

No mercado brasileiro, existem diversos inseticidas registrados e com diferentes modos de ação. Os principais grupos químicos utilizados para o controle de lepidópteros são organofosforados, carbamatos e os reguladores de crescimento (bezoiluréias e benzoilfeniluréias). Em 2009, foram registrados dois produtos novos: flubendiamida e clorantraniliprole. A partir de 2011, esses produtos já estavam na lista de recomendações da Embrapa para uso na cultura da soja na Região Central do Brasil (TECNOLOGIAS, 2011). Em 2013, o primeiro e único ingrediente ativo do grupo das oxadiazinas obteve registro no Brasil: o indoxacarbe (AGROFIT, 2015). As novas substâncias apresentaram maior segurança, seletividade, biodegradabilidade, viabilidade econômica, aplicabilidade em programas integrados de manejo de pragas e baixo impacto ambiental (JÚNIOR, 2003).

3.2.1 Uso de diamidas no controle de noctuídeos

As diamidas foram descobertas a partir de estudos do extrato da casca de *Ryania speciosa* (Flacourtiaceae), uma planta nativa da América do Sul e Central (WARE, 1892). Os pesquisadores observaram que os insetos não se alimentam de plantas dessa família, detectando a presença de um inseticida natural em sua casca. A propriedade inseticida da planta foi patenteada em 1946, com base no trabalho realizado no Departamento de Entomologia da Universidade de Rutgers. Em 1948, a rianodina foi isolada e caracterizada, mas somente em julho de 2005 foi realizado o lançamento do inseticida flubendiamida, derivado do ácido ftálico, na Conferência Internacional sobre Pesticidas em Kuala Lumpur (KUSHNIR; MARKS, 2012).

Esse produto foi desenvolvido por meio de uma colaboração entre Nihon Nohyaku e Bayer CropScience, a partir do trabalho em torno do herbicida pirazinedicarboxamida, que contribuiu para o lançamento do inseticida flubendiamida, uma nova molécula de alta atividade inseticida sobre lepidópteros pragas (KUSHNIR; MARKS, 2012; TOHNISHI et al., 2005). A empresa DuPont otimizou as diamidas com a criação das diamidas antranílicas, formando o princípio ativo clorantraniliprole, um inseticida que possui maior atividade inseticida e segurança ambiental (LAHM, 2005; 2009).

No ano de 2009, foram registrados no Brasil dois novos inseticidas: flubendiamida (Belt 480 SC, 480 g i.a./L de produto comercial, BAYER S.A.) e clorantraniliprole (Premio 200 SC, 200 g i.a./L de produto comercial, DuPont do Brasil S.A.). O inseticida flubendiamida é registrado para a cultura da soja, algodão e milho enquanto o clorantraniliprole é registrado para a cultura da soja e do algodão. Ambos são recomendados para o controle de *C. includens*, *S. frugiperda*, *S. eridania*, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) dentre outros lepidópteros, conforme as instruções de uso (Tabelas 1 e 2). Cinco anos após o registro desses produtos, em 2014 tiveram a inclusão emergencial para controle de *H. armigera*, devido aos danos causados por essa espécie na safra 2013/2014 (AGROFIT, 2015).

Tabela 1 - Indicação de uso do inseticida flubendiamida (BELT®) (AGROFIT, 2015)

Culturas	Pragas Controladas		Doses	
	Nome comum	Nome científico	Produto Comercial	Ingrediente Ativo
Algodão	Lagarta-das-maçãs	<i>Heliothis virescens</i>	125 a 150 mL/ha	60-72 g/ha
	Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	100 a 150 mL/ha	48-72 g/ha
	Lagarta-das-vagens	<i>Spodoptera eridania</i>	120 a 150 mL/ha	57,6-72 g/ha
	Curuquerê	<i>Alabama argillacea</i>	15 a 20 mL/ha	7,2-9,6 g/ha
	Lagarta-do-velho-mundo	<i>Helicoverpa armigera</i>	125 a 150 mL/ha	60-72 g/ha
Milho	Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	100 a 150 mL/ha	48-72 g/ha
Soja	Lagarta-da-soja	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	20 a 25 mL/ha	9,6-12 g/ha
	Lagarta-falsa-medideira	<i>Chrysodeixis includens</i>	50 a 70 mL/ha	24-33,6 g/ha
	Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	50 a 70 mL/ha	24-33,6 g/ha
	Lagarta-do-algodão	<i>Helicoverpa armigera</i>	50 a 70 mL/ha	24-33,6 g/ha

Tabela 2 - Indicação de uso do inseticida clorantraniliprole (PREMIO®) (AGROFIT, 2015).

Culturas	Pragas Controladas		Doses	
	Nome comum	Nome científico	Produto Comercial	Ingrediente Ativo
Algodão	Curuquerê	<i>Alabama argillacea</i>	25 mL/ha	5g/ha
	Lagarta-das-maçãs	<i>Heliothis virescens</i>	150 mL/ha	30g/ha
		<i>Helicoverpa sp.</i>	150 mL/ha	30g/ha
	Lagarta-militar	<i>Spodoptera frugiperda</i>	150 mL/ha	30g/ha
Soja	Lagarta-da-soja	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	10mL/ha	2g/ha
	Lagarta-das-vagens	<i>Spodoptera eridania</i>	40-50mL/ha	8-10g/ha
	Lagarta-das-maçãs	<i>Heliothis virescens</i>	50mL/ha	10g/ha
		<i>Helicoverpa sp.</i>	50mL/ha	10g/ha
	Lagarta-falsa-medideira	<i>Chrysodeixis includens</i>	40-50mL/ha	8-10g/ha
	Lagarta-enladeira	<i>Hedylepta indicata</i>	40mL/ha	8g/ha

Os inseticidas flubendiamida, do grupo químico diamida do ácido ftálico, e clorantroliprole, do grupo químico diamida antranílica, ativam os receptores da rianodina (RyRs) via regulação da liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático de células musculares. Essa ativação estimula a liberação de cálcio a partir das reservas internas do músculo liso e estriado, regulação que faz com que o músculo danificado cause a paralisia e morte do inseto (SATELLE et al., 2008; WHALON et al., 2008). Os RyRs são encontrados em membranas do retículo sarcoplasmático do músculo e do retículo endoplasmático de neurônios, células epiteliais, dentre outras (FRANZINI-ARMSTRONG et al., 1997). Esses inseticidas atuam diretamente sobre o receptor, sem a necessidade de uma proteína acessória (CORDOVA et al., 2006; WHALON, 2008).

Além da alta atividade inseticida, apresentam maior segurança ambiental, baixa toxicidade a insetos benéficos e mamíferos (EBBIN GHAUS-KINTSCHER et al., 2006). A divergência estrutural entre os RyRs de mamíferos e insetos ocorre porque, ao contrário dos insetos, mamíferos possuem três isoformas de RyRs. Assim, as diamidas apresentam baixa toxicidade a mamíferos (SATELLE, 2008).

Dados sobre a suscetibilidade das espécies *C. includens*, *S. frugiperda*, *S. eridania* e *H. armigera* a esses inseticidas ainda são escassos no Brasil, sendo importante o conhecimento desses dados para futuros estudos de monitoramento de resistência.

3.2.2 Uso de Oxadiazinas no controle de Noctuídeos

O inseticida indoxacarbe, pertencente ao grupo das oxadiazinas, apresenta alta atividade inseticida e baixa toxicidade em mamíferos (SONG et al., 2006). Único ingrediente ativo registrado no grupo das oxadiazinas, são assim como, os piretroides, derivados sintéticos do extrato de pyrethrum, que ocorre naturalmente a partir de plantas do crisântemo, e, nas últimas décadas, têm desempenhado um papel de destaque no controle de pragas de insetos de importância agrícola. Porém, o uso intensivo de piretroides no controle de pragas levou ao desenvolvimento de resistência de muitas populações de insetos-pragas (WING et al., 2000).

Os primeiros produtos formulados do grupo das oxidiazinas foram registrados no Brasil em 2013, são eles Avaut 150, Finez e Rumo WG, todos com princípio ativo indoxacarbe. O inseticida Avatar (indoxacarbe, DuPont do Brasil S.A.) teve seu

registro concedido no ano de 2015 e é recomendado para as culturas da soja, milho e algodão, atuando no controle de *C. includens*, *S. frugiperda*, *H. armigera*, dentre outras, segundo as recomendações de uso (Tabela 3).

Os inseticidas pertencentes a esse grupo atuam como bloqueadores dos canais de sódio. Outros inseticidas também atuam nos canais de sódio, como DDT, e piretróides, como moduladores desses canais. Porém, as oxidiazinas atuam de forma diferente das destes outros inseticidas, acarretando o fechamento dos canais de sódio e resultando na prolongada transmissão de sinais nervosos (SODERLUND & KNIPPLE, 1995).

Tabela 3 - Indicação de uso do inseticida indoxacarbe (AVATAR®) (AGROFIT, 2015).

Culturas	Pragas Controladas		Doses (*)	
	Nome comum	Nome científico	Produto Comercial	Ingrediente Ativo
Algodão	Lagarta-do-velho-mundo	<i>Helicoverpa armigera</i>	400-800mL/ha	60-12g/ha
	Curuquerê	<i>Alabama argillacea</i>	400-500mL/ha	60-75g/ha
	Lagarta-rosada	<i>Pectinophora gossypiella</i>	600-800mL/ha	90-120g/ha
	Lagarta-das-maçãs	<i>Heliothis virescens</i>	600-800mL/ha	90-120g/ha
	Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	600-800mL/ha	90-120g/ha
Milho	Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	300-400mL/ha	45-60g/ha
Soja	Lagarta-do-velho-mundo	<i>Helicoverpa armigera</i>	300-400mL/ha	45-60g/ha
	Lagarta-do-cartucho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	200mL/ha	30g/ha
	Lagarta-falsa-medideira	<i>Chrysodeixis includens</i>	400mL/ha	60g/ha

O indoxacarbe atua via ingestão, causando o bloqueio dos canais de sódio. Porém, para a molécula ter efeito, ela precisa ser ativada metabolicamente por meio de enzimas (esterases/amidases) presentes nos insetos, formando o metabólito JT33 (N-decarbomethoxylated), fazendo com que não ocorra a entrada de sódio nas células nervosas, causando neurointoxicação, paralisia e morte do inseto. O mecanismo de ação dos piretroides em canais de sódio tem sido objeto de estudo há décadas e é bem estabelecido. No entanto, estudos sobre o mecanismo de ação do indoxacarbe nos canais de sódio são limitadas (WING et al, 2000).

Indoxacarbe é agora considerado como uma alternativa promissora para inseticidas piretroides, especialmente para o controle de lepidópteros-praga de culturas agrícolas de importância (WING et al., 2000). Dados sobre a suscetibilidade das espécies *C. includens*, *S. frugiperda*, *S. eridania* e *H. armigera* a esse inseticida,

ainda são escassos no Brasil, sendo importante o conhecimento desses dados para futuros estudos de monitoramento de resistência.

3.3 RESISTÊNCIA DE INSETOS A INSETICIDAS

As aplicações realizadas de forma inadequada de inseticidas sintéticos levam ao desequilíbrio das lavouras. Entre os problemas causados, estão a eliminação dos inimigos naturais, a ressurgência de pragas principais, a presença de alto nível de resíduos em alimentos e a ocorrência de populações de insetos resistentes a inseticidas, contribuindo para um maior custo de produção e danos ao ambiente (HERNÁNDEZ; VENDRAMI, 1996; SOSA-GÓMEZ et al., 2009).

A resistência a inseticidas é a habilidade que um organismo ou uma população desenvolve em tolerar doses de tóxicos que normalmente seriam letais para a maioria da população, ou seja, os indivíduos suscetíveis da espécie (CROFT; VAN DE BAAN, 1988). Essa característica é transferida para as próximas gerações e, assim, o inseticida acaba atuando como agente de seleção. A evolução da resistência é apenas um processo resultante da pressão de seleção e de tempo (HOY, 1995). Esta é influenciada por vários fatores, dentre eles os genéticos, biológicos e operacionais (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977). Esse processo é pré-adaptativo, pois, no início, a frequência de resistência é baixa e depois aumenta com o passar do tempo (ROUSH; MCKENZIE, 1987).

A resistência de artrópodes a inseticidas já vem sendo relatada há muitos anos. Melander (1914) descreveu - pela primeira vez - o fracasso de aplicações de enxofre para controlar *Aspidiotus perniciosus* (Comstock, 1880) (Hemíptera, Diaspididae), em macieiras no Clarkson Valley, Washington (METCALF, 1975).

Os casos de resistência a inseticidas e acaricidas sintéticos estão aumentando mundialmente e constituem um dos mais complexos problemas de controle de pragas na atualidade. Existem mais de 7740 relatos de casos de resistência a 331 compostos, envolvendo mais de 540 espécies de insetos e ácaros-praga (WHALON et al., 2008).

3.3.1 Casos de resistência de noctuídeos a inseticidas

Desenvolvimento de resistência em noctuídeos já foi detectado no mundo, as principais classes de inseticida. A evolução da resistência em populações de *C.*

Includens é preocupante, devido aos casos de resistência já relatados e pelo fato de a espécie apresentar uma tolerância natural a inseticidas químicos. Outra dificuldade no controle dessa praga está no seu hábito, já que as lagartas ficam normalmente alojadas no terço médio e inferior das plantas, ficando, assim, protegidas da ação dos inseticidas (BERNARDI, 2012; WISCH, et al., 2012).

Existe histórico de desenvolvimento de resistência dessa espécie a inseticidas químicos nos Estados Unidos (MASCARENHAS & BOETHEL, 2000). Nesse país foi registrada a resistência a acefato (ROGER, et al., 1990), BHC (GRAVES, 1974), cipermetrina (FELLAND, et al., 1990), DDT (GRAVES, 1974), deltametrina (THOMAS, et al., 1996), fenvalerato (FELLAND, et al., 1990), metomil (ROGER, et al., 1990), paratiom metílico (GRAVES, 1974), permetrina, teflutrim (THOMAS, et al., 1996) e tiodicarbe (MASCARENHAS & BOETHEL, 1997).

Além do caso de *C. includens*, a seleção de insetos resistentes também é importante para outras espécies. A lagarta *H. armigera* tornou-se uma ameaça para a produção de algodão na Ásia, África e Austrália. Essa espécie apresenta casos de resistência a diversos inseticidas químicos, como piretroides, organofosforados, carbamatos, etc. (AHMAD, et al., 2007). No Paquistão, essa praga exibiu resistência a todos os inseticidas químicos convencionais, tais como endosulfan, piretroides, organofosforados e carbamatos (AHMAD et al., 1995; AHMAD et al., 1997; AHMAD et al., 1999; AHMAD et al., 2001).

A situação do Paquistão não é diferente das de outros países que realizam aplicações intensivas de inseticidas para o controle desta praga. Segundo o Arthropod Pesticide Resistance Database of Michigan State University, 2015, em torno de 705 casos de resistência foram registrados para *H. armigera*, em mais de 260 locais no mundo, como em Portugal, na Índia, China, Austrália, Indonésia, Tailândia, Inglaterra, Espanha, França, Turquia, Paquistão, Nova Zelândia, África e no Camboja. Mais de 40 ingredientes ativos já apresentam casos de resistência registrados, alguns deles são: abamectina, clorpirifós, cipermetrina, indoxacarbe (ALVI, et al., 2012), bifentrina, endosulfan, tiodicarbe (AHEER, et al., 2009), metomil (BUES, et al., 2005), permetrina (GRUNNING, et al., 2007), dentre outros.

Outra espécie importante é a lagarta *S. frugiperda*, pois seu controle continua a ser realizado predominantemente por meio de inseticidas. No Brasil, o uso intensivo de inseticidas na cultura do milho tem aumentado nos últimos anos, seguido de

fracassos no controle da praga com inseticidas tradicionais, como piretroides e organofosforados, potencializando o desenvolvimento de resistência a inseticidas pertencentes a essas classes (DIEZ-RODRIGUEZ, OMOTO, 2001). Diez-Rodríguez e Omoto (2001) encontraram uma razão de resistência de aproximadamente 13 vezes ao piretroide lambda-cialotrina em uma população de *S. frugiperda* no Brasil.

No mundo, os primeiros casos para esta espécie foram registrados na Flórida ao inseticida carbaril (YOUNG; MC MILLIAN, 1979). Morrillo e Notz (2001), a partir de uma população de campo na Venezuela, realizaram a seleção de *S. frugiperda* em laboratório com lambda-cialotrina encontrando uma razão de resistência de 41,9 vezes. Brewer et al. (1990) verificaram uma razão de resistência a fenvalerate de 8,4 vezes, após 20 ciclos de seleção.

São mais de 40 casos de resistência registrados de *S. frugiperda* a inseticidas químicos no mundo, nos seguintes países: Estados Unidos, México, Venezuela, Porto Rico, Colômbia, Paraguai, Bolívia e Brasil. Alguns dos ingredientes ativos já relatados com caso de resistência são: clorpirifós, tiodicarbe, metomil, lambda-cialotrina, carbaril, permetrina, paration metílico, malation, dentre outros (ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE, 2015).

O grande desafio dos programas de controle de pragas no uso de inseticidas químicos é evitar a seleção de fenótipos resistentes (METCALF, 1980). Para o desenvolvimento de um bom programa de manejo de resistência, é necessário o estudo das linhas básicas de suscetibilidade e/ou linhas discriminatórias, que representam a primeira etapa para detectar mudanças na suscetibilidade das pragas aos produtos em estudo. As linhas discriminatórias são determinadas após a exposição das populações de campo aos inseticidas. Neste caso, há a possibilidade da presença de indivíduos com alelos de resistência (TABASHNIK et al., 1993). Por isso, é fundamental monitorar o desenvolvimento da resistência utilizando técnicas de bioensaios, por meio de aplicações tópicas ou incorporação do produto na dieta (MASCARENHAS & BOETHEL, 2000).

3.4 LINHAS DISCRIMINATÓRIAS E LINHAS BÁSICAS DE SUSCETIBILIDADE DE NOCTUÍDEOS A INSETICIDAS

Para o sucesso de um programa de manejo de resistência de espécies-praga a inseticidas, é importante documentar e acompanhar a variação na suscetibilidade dos produtos já utilizados ou com potencial de utilização, daqueles relativamente

novos, como flubendiamida e clorantraniliprole, e de novos, como indoxacarbe, para que técnicas de manejo da resistência possam ser aplicadas e também para a preservação desses produtos.

Segundo Sosa-Gómez e Omoto (2012), é necessário definir padrões de resposta para as diferentes concentrações de inseticidas e utilizá-los como uma característica própria de cada população, com a finalidade de comparar com outras populações nas quais se suspeita da ocorrência de resistência, detectando o início desse processo. Com base nessas informações é possível desenvolver bioensaios com doses diagnósticas que seriam mais eficientes na detecção precoce de populações resistentes (SIEGFRIED, et al., 2000; COOK, et al., 2003)

Informações sobre linhas básicas de suscetibilidade referentes à lagarta *C. includens* foram relatadas por OWEN et al., (2013). Os insetos foram coletados em diferentes campos de produção de soja no Mississipi e na região da Lousiana nos anos de 2010 e 2011. Diferentes níveis de suscetibilidade foram encontrados para o inseticida flubendiamida e clorantraniliprole, variando 9,2 vezes (1,02 – 9,4 µg/mL de dieta) e 6,25 vezes (0,8 - 5,01 µg/mL de dieta), respectivamente. Porém, de maneira geral, a CL₅₀ para flubendiamida foi 2,89 e para clorantraniliprole 2,61, não ocorrendo diferença significativa entre os inseticidas.

Sial et al. (2010) documentaram uma variação de suscetibilidade de 5,18 vezes a clorantraniliprole em populações de *Choristoneura rosaceana* (Harris) (Lepidoptera: Tortricidae) coletadas em pomares no estado de Washington. Os autores relatam que essa variação pode levar ao desenvolvimento de resistência. Na China, um estudo realizado com a espécie *Plutella xylostella* (Linnaeus) detectou grande probabilidade de desenvolvimento de resistência ao inseticida clorantraniliprole, devido às diferenças de suscetibilidade encontrada entre as regiões estudadas. Populações dessa espécie coletadas em 2008 e 2009 também apresentaram diferenças em função do ano de coleta (WANG, et al., 2010). Leonard et al. (1990) detectaram variação de 4,4 vezes na suscetibilidade de *C. includens* a piretroides, juntamente com a redução da eficácia a campo. Wing et al. (2000) detectaram que *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) foi 16 vezes mais sensível a indoxacarbe quando aplicado por via oral do que quando aplicado topicamente.

Populações de *P. xylostella* desenvolveram resistência a inseticidas utilizados mais recentemente, incluindo indoxacarbe (ZHAO et al. 2006). A resistência de quatro

populações de *P. xylostella* coletadas na região de Sydney, na Austrália, variou de 11,4 a 34,6 vezes para o indoxacarbe (ZHAO et al., 2006). A suscetibilidade de 16 populações de *P. xylostella* testadas com clorantraniliprole no Brasil foi relativamente alta e com variação pequena (3,7 vezes) (SILVA et al., 2012). Temple et al. (2009), em um trabalho desenvolvido com a espécie *H. zea*, obtiveram uma variação de suscetibilidade de 4,5 vezes para clorantraniliprole. Cavaguchi et al. (2009) determinaram linhas básicas de suscetibilidade de *A. gemmatilis* e *C. includens* para permetrina, metomil e metamidofós.

Já existem relatos de baixa suscetibilidade para vários insetos, como é o caso de *P. xylostella* a clorantraniliprole no Brasil (SILVA, 2012), na China (WANG, 2013), na Tailândia e nas Filipinas (TROCZA et al., 2012). Clorantraniliprole também apresenta baixa suscetibilidade para *C. rosaceana* nos Estados Unidos (SIAL et al., 2010), e para *H. armigera* (CAO, 2010). Da Silva Ribeiro (2014) estudou a suscetibilidade de *S. frugiperda* a clorantraniliprole e flubendiamida e relatou que a CL₅₀ de diferentes populações no Brasil variou de 1,15 a 2,55 µg de clorantraniliprole/mL de água, representando uma diferença de apenas 1,4 vezes entre as populações avaliadas. Já para flubendiamida, a CL₅₀ relatada foi de 1,75 µg, apresentando uma variação de 2,4 vezes entre as populações.

Flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe, provavelmente, serão ainda muito utilizados no controle de lepidópteros. Por isso, o monitoramento da suscetibilidade de pragas a estes inseticidas é importante, possibilitando melhorar a compreensão da evolução da resistência, a fim de criar novas estratégias de manejo (MCKENZIE, 2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 COLETA E CRIAÇÃO DAS POPULAÇÕES DE NOCTUÍDEOS

As colônias de *C. includens* foram estabelecidas a partir de coletas em campos de produção de soja e as de *H. armigera* em campos de algodão e girassol, durante as safras 2013/2014 e 2014/2015, em diferentes regiões agrícolas do Brasil (Figura 1 e Tabela 4). As amostras foram georreferenciadas com um aparelho de GPS (Garmin Etrex, Olathe, Kansas) configurado no sistema datum WGS 84. As populações de *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* (Figura 1 e Tabela 4) utilizadas na pesquisa foram oriundas da criação do Laboratório da Embrapa Soja de Londrina- PR.

Os adultos foram mantidos em gaiolas para oviposição e as lagartas de *C. includens* e *H. armigera* foram criadas em dieta artificial de Greene et al. (1976) modificada por Hoffmann-Campo et al. (1985) e as *Spodopteras* em dieta artificial de KASTEN et al. (1978) a temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade e fotoperíodo de 14L:10E, conforme protocolo de Hoffmann-Campo et al. (1985).

4.2 INSETICIDAS QUÍMICOS UTILIZADOS NOS BIOENSAIOS

Foram utilizados nos bioensaios inseticidas químicos dos grupos químicos das diamidas e oxadiazinas. Especificamente, as formulações comerciais dos seguintes ingredientes ativos (i.a.): flubendiamida (Belt 480 SC (3 - iodo - N' - (2 - mesyl- 1, 1 - dimetiletil) - N - {4 - [1, 2, 2, 2 - tetrafluoro - 1 - (trifluorometil) etil] - otolyl} phthalamide, 480 g de i.a./Kg, Suspensão concentrada, BAYER S.A., São Paulo); clorantraniliprole (Premio 200 SC, (3-bromo-4'-cloro-1-(3-cloro-2-piridil)-2'-metil-6'-(metilcarbamoil) pirazole-5-carboxinilide, 200 g de i.a./Kg de p.c., Suspensão concentrada, Dupont do Brasil S.A., Barueri, SP); indoxacarbe (Avatar, methyl(S)N[7chloro2,3,4a,5tetrahydro4a(methoxycarbonyl)indeno[1,2e][1,3,4]oxadiaz in-2-ylcarbonyl]-4'-(trifluoromethoxy) carbanilate, 150 g de i.a./L p.c., Concentrado emulsionável, Du Pont do Brasil S.A., Barueri, SP).

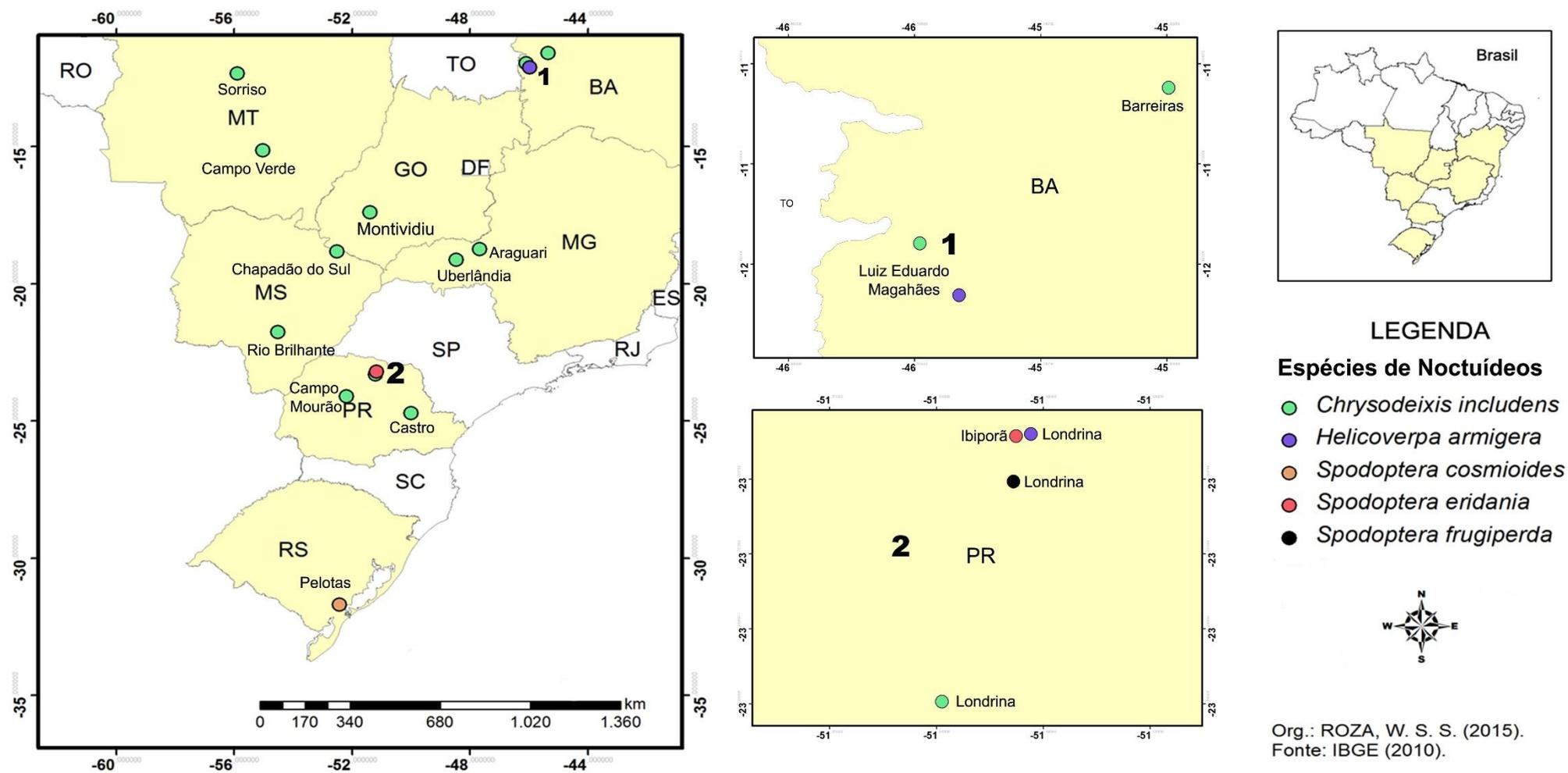


Figura 1 - Distribuição espacial das populações de Noctuídeos utilizados na pesquisa

Tabela 4 - Procedência, cultura, data de coleta e coordenadas geográficas das populações de *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*.

Espécie	UF	Município	Cultura	Data de coleta	Ger. de Lab. ¹	Latitude	Longitude
<i>C. includens</i>	PR	Castro	Soja	06/05/2014	6 a 8 ^a	-	-
<i>C. includens</i>	PR	Londrina	Soja	05/02/2015	2 a 3 ^a	23,2918 S	51,2086 O
<i>C. includens</i>	PR	Campo Mourão	Soja	12/01/2015	2 ^a	24,0941 S	52,1931 O
<i>C. includens</i>	BA	L. E. Magalhães	Soja	16/01/2014	8 ^a	11,9577 S	46,0907 O
<i>C. includens</i>	MG	Uberlândia	Soja	16/01/2014	8 ^a	14,1261 S	48,3069 O
<i>C. includens</i>	MG	Araguari	Soja	09/01/2015	1 ^a	18,7246 S	47,6888 O
<i>C. includens</i>	GO	Montividiu	Soja	30/12/2013	9 ^a	17,3766 S	51,3943 O
<i>C. includens</i>	MT	Sorriso	Soja	16/12/2013	9 a 12 ^a	-	-
<i>C. includens</i>	MS	Chapadão do Sul	Soja	16/11/2014	9 ^a	18,8079 S	52,5136 O
<i>C. includens</i>	MT	Campo Verde	Soja	21/01/2015	1 ^a	15,13 S	55,0321 O
<i>C. includens</i>	MS	Rio Brillhante	Soja	21/01/2015	1 a 3 ^a	21,7506 S	54,521 O
<i>C. includens</i>	BA	Barreiras	Soja	29/01/2015	4 ^a	11,5343 S	45,3906 O
<i>H. armigera</i>	PR	Londrina	Girassol	20/07/2014	2 a 14 ^a	23,1853 S	51,1733 O
<i>H. armigera</i>	BA	L. E. Magalhães	Algodão	01/05/2015	14 a 17 ^a	-	-
<i>S. frugiperda</i>	PR	Londrina	Milho	13/08/2012	29 a 36 ^a	23,2017 S	51,1797 O
<i>S. eridania</i>	PR	Ibiporã	Soja	24/03/2011	41 a 50 ^a	23,1864 S	51,2086 O
<i>S. cosmioides</i>	RS	Pelotas	Mamona	01/07/2014	60 a 62 ^a	31,6762 S	52,43537 O
<i>S. cosmioides</i>	-	Pool	-	-	-	-	-

¹ Número de gerações em laboratório quando foram realizados os bioensaios

4.3 DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DOS NOCTÚIDEOS A FLUBENDIAMIDA, CLORANTRANILIPROLE E INDOXACARBE

A determinação da suscetibilidade foi testada a partir de sete concentrações de cada inseticida. Produtos comerciais contendo os ingredientes ativos indoxacarbe, flubendiamida e clorantraniliprole foram diluídos e incorporados à dieta artificial de Greene et al. (1976) modificada por Hoffmann-Campo et al. (1985). Em cada bioensaio, foram utilizados 100 mL de dieta para cada concentração, distribuída em bandeja plástica (32 células, Empresa: Adevento do Brasil – Diadema/SP), em 15 células (3,5 X 3,5 X 2,5 cm) de 27 mL com tampa, contendo cada uma aproximadamente 6,6 mL de dieta, para a espécie *C. includens*. Nos bioensaios para as espécies que apresentam canibalismo, como *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania*, a dieta contaminada foi distribuída em 30 células, contendo cada uma aproximadamente 3,3 mL de dieta.

Após a solidificação, duas lagartas de *C. includens* em final de segundo instar foram transferidas para cada célula da bandeja. Nas espécies que apresentam canibalismo, as lagartas foram individualizadas, totalizando 30 lagartas por concentração testada, sendo utilizadas 240 lagartas no total do bioensaio. Os bioensaios foram repetidos com o objetivo de avaliar um maior número de insetos de cada local para cada tratamento. As células com dieta foram tampadas e transferidas em câmaras BOD a $26 \pm 2^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 14L:10E.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A avaliação da mortalidade foi realizada diariamente até o sétimo dia, assim como foram realizadas pesagens das lagartas sobreviventes ao final dos bioensaios (7º dia), para o cálculo do peso larval médio.

Os dados de mortalidade de cada população testada foram submetidos à análise de Probit, para estimativa de CL_{50} e CL_{99} , com o auxílio do programa Polo-PC (LeOra Software, 1987). A determinação da suscetibilidade foi realizada por meio da sobreposição dos intervalos de confiança a 5% de probabilidade. Adicionalmente, os dados de peso ao sétimo dia das testemunhas foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para determinar as diferenças de peso entre as populações, com o auxílio do programa SigmaPlot 11.1 (Systat Software, San Jose, CA).

Já para os dados referentes ao peso médio das lagartas para todos os tratamentos, foram avaliadas todas as pressuposições da Análise de Variância (ANOVA) e, na grande maioria, as variáveis atenderam à homogeneidade de variâncias dos tratamentos, independência dos erros e à não-aditividade do modelo. O teste de comparações múltiplas de médias utilizado foi o de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados pelo pacote científico SAS-Statistical Analysis System, versão 9.2 (SAS INSTITUTE, 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS

5.1.1 Caracterização da suscetibilidade das espécies *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* ao inseticida flubendiamida

As CL_{50} de *C. includens* variaram de 0,861 a 187,280 μg de i.a/mL de dieta, representando uma diferença de 217,5 vezes entre a população de Castro-PR, que foi a mais suscetível, e a de menor suscetibilidade, correspondente a Montividiu-GO, que foi diferente de todas as demais (Tabela 5). Comparando os valores das CL_{50} encontrados, não houve diferença significativa entre as populações de Sorriso-MT (1,188), Uberlândia-MG (2,292), Londrina-PR (2,779) e Chapadão do Sul-MS (3,456 μg de i.a/mL de dieta) para o inseticida flubendiamida, devido à sobreposição dos valores estimados para os respectivos intervalos de confiança. A população de Araguari-MG (4,209) apresentou valores de suscetibilidade semelhantes às de Chapadão do Sul-MS e Londrina-PR.

Os indivíduos provenientes de Castro-PR foram os que apresentaram maior suscetibilidade entre as analisadas, diferindo significativamente dos demais, pois não apresentaram sobreposição dos valores estimados para os respectivos intervalos de confiança. Campo Verde-MT e Montividiu-GO diferiram entre si e das demais por apresentarem as menores suscetibilidades, 17,143 e 187,28 μg de i.a/mL de dieta, respectivamente. Esses valores podem ser explicados pela alta heterogeneidade encontrada, representadas pelos valores de coeficiente angular (Tabela 5). Ahmad et al. (1995) sugerem que a ocorrência de valores de coeficientes angulares (b) menores que dois é um indicativo de heterogeneidade nas populações. Os menores valores de b , 0,004 ($\pm 0,001$) para Montividiu-GO e 0,065 ($\pm 0,011$) para Campo Verde-MT, indicam uma maior heterogeneidade destas à flubendiamida. Além da alta heterogeneidade, os insetos de Campo Verde-MT apresentaram o maior peso larval na testemunha após 7 dias do início dos bioensaios, conforme apresentado na Figura 2. O peso das lagartas pode ser um indicativo da diferença encontrada entre a elevada CL_{50} de Campo Verde-MT quando comparada com as demais. Na análise da distribuição da mortalidade apresentada na Figura 3, é possível observar que a população de Montividiu-GO requer maiores concentrações para obter mortalidades semelhantes às demais, sugerindo a presença de indivíduos resistentes.

Tabela 5- Caracterização da suscetibilidade de *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* a flubendiamida.

Espécie	População	n ^a	CL ₅₀ (95% IC) ^b	CL ₉₉ (95% IC) ^b	b ± E ^c	χ ²
<i>Chrysodeixis includens</i>	Uberlândia-MG	120	2,292 (1,224 - 3,463)	25,440 (13,346 - 105,177)	0,222 ± 0,467	0,974
<i>Chrysodeixis includens</i>	Montividiu-GO	210	187,280 (97,107 - 289,108)	782,152 (563,118 - 1458,541)	0,004 ± 0,001	5,145
<i>Chrysodeixis includens</i>	Castro-PR	420	0,861 (0,607 - 1,129)	26,896 (15,051 - 66,876)	1,556 ± 0,188	0,385
<i>Chrysodeixis includens</i>	Sorriso-MT	177	1,188 (0,554 - 2,207)	3,871 (2,643 - 8,151)	0,867 ± 0,137	3,952
<i>Chrysodeixis includens</i>	Chapadão do Sul-MS	180	3,456 (1,273 - 6,329)	158,787 (60,768 - 1276,408)	1,400 ± 0,290	2,289
<i>Chrysodeixis includens</i>	Araguari-MG	202	4,209 (2,439 - 6,597)	13,064 (9,562 - 22,257)	0,263 ± 0,044	4,170
<i>Chrysodeixis includens</i>	Campo Verde-MT	209	17,143 (9,824 - 32,820)	53,169 (35,851 - 120,302)	0,065 ± 0,011	6,564
<i>Chrysodeixis includens</i>	Londrina-PR	180	2,779 (2,063 - 5,500)	7,513 (5,063 - 18,381)	0,491 ± 0,159	1,243
<i>Helicoverpa armigera</i>	L. Eduardo Magalhães-BA	120	0,076 (0,010-0,122)	1,074 (0,508 - 42,934)	2,021± 0,700	0,281
<i>Helicoverpa armigera</i>	Londrina - PR	1072	0,093 (0,007 - 0,144)	0,384 (0,279 - 0,778)	8,007 ± 0,645	82,941 *
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Londrina - PR	729	0,255 (0,211 - 0,305)	0,584 (0,453 - 0,779)	7,058 ± 0,533	26,096 *
<i>Spodoptera eridania</i>	Ibiporã-PR	692	2,730 (1,713 - 4,197)	8,221 (6,008 - 14,516)	0,424 ± 0,036	25,601 *
<i>Spodoptera cosmioides</i>	Pelotas-RS	420	0,403 (0,337 - 0,497)	0,913 (0,752 - 1,209)	4,566 ± 0,449	5,125

a: número de insetos utilizados

b: µg de i.a/mL de dieta

c: coeficiente angular ± erro

* valor de χ² significativo

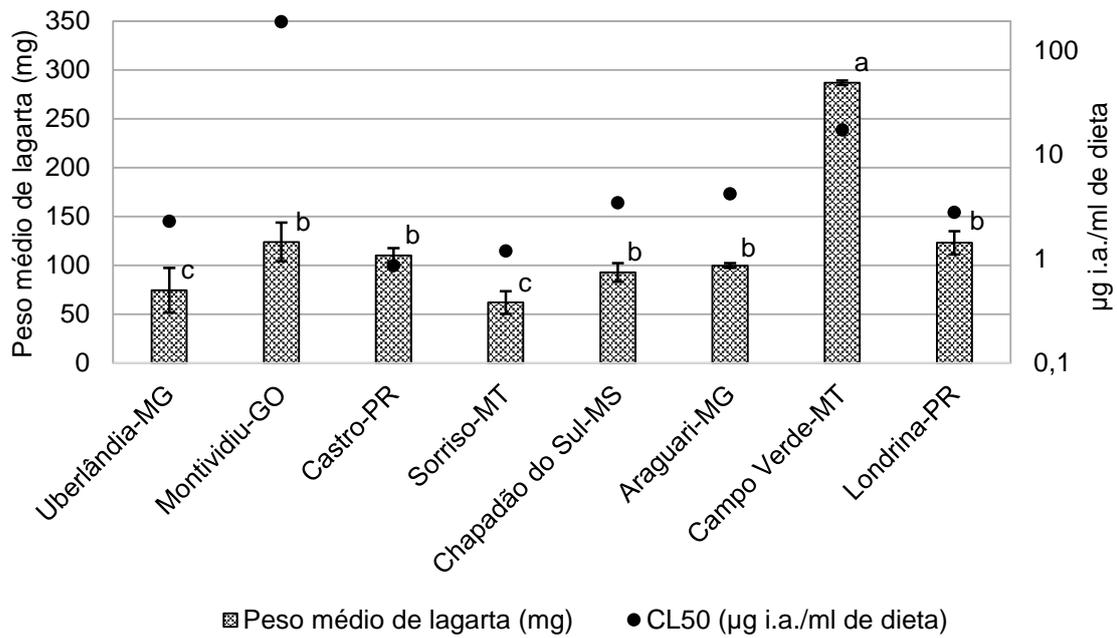


Figura 2 – Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL₅₀) das populações de *C. includens* após 7 dias da incorporação do inseticida flubendiamida à dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

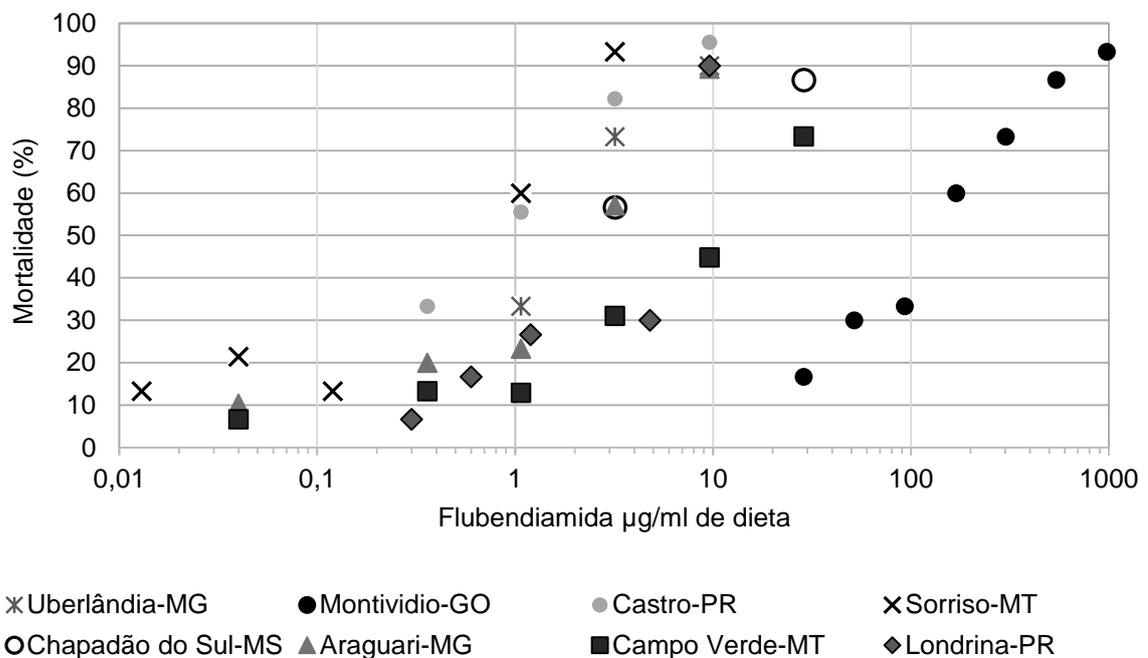


Figura 3 – Distribuição da porcentagem de mortalidade das populações de *C. includens* após 7 dias da incorporação do inseticida flubendiamida à dieta artificial em laboratório.

A CL_{50} das duas populações de *H. armigera* estudadas não foram diferentes. Os indivíduos de Luiz Eduardo Magalhães-BA apresentaram CL_{50} de 0,076, enquanto os de Londrina-PR de 0,093 μg de i.a/mL de dieta, sendo que a variação entre elas foi de apenas 1,22 vezes. Os valores de b encontrados nas duas populações foram superiores a 2, apresentando menor heterogeneidade que as populações de *C. includens* para flubendiamida (Tabela 5).

As CL_{50} da população de laboratório das espécies *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* variaram de 0,255 a 2,73 μg de i.a/mL de dieta, apresentando uma diferença de 10,70 vezes entre elas quando utilizada a flubendiamida. A espécie mais suscetível foi a *S. frugiperda*, que teve CL_{50} de 0,255. A espécie que apresentou menor suscetibilidade foi *S. eridania* com 2,73 μg de i.a/mL de dieta. Nos ensaios com *Spodoptera cosmioides*, esse valor foi de 0,913 μg de i.a/mL de dieta. Houve diferença significativa de suscetibilidade entre as espécies, sendo que o valor de b para *S. eridania* foi superior a 2, demonstrando maior homogeneidade em relação às demais.

O valor de χ^2 calculado não foi significativo para nenhuma das populações de *C. includens*, assim como para *H. armigera* oriunda de L. Eduardo Magalhães-BA e também para *S. cosmioides*. Portanto, os dados se ajustam ao modelo de Probit. Já as populações de *H. armigera* (Londrina-PR), *S. frugiperda* e *S. eridania*, apresentaram valores de χ^2 altamente significativos. Uma das causas da falta de ajuste de χ^2 está na presença de dados heterogêneos. Essas populações demonstraram altos valores para a heterogeneidade, muito comum em populações heterozigotas (HADDAD, 1998).

Comparando as CL_{50} encontradas para todas as espécies estudadas, a *C. includens* se mostrou menos suscetível, seguida das espécies do gênero *Spodoptera* e *H. armigera*, que foi a espécie mais suscetível ao inseticida flubendiamida. *Chrysodeixis includens* apresenta, naturalmente, uma tolerância a inseticidas químicos, mas a grande diferença de suscetibilidade encontrada entre as populações geográficas é preocupante, sendo necessário um estudo mais aprofundado da resposta a esse inseticida em um maior número de populações e indivíduos.

5.1.2 Caracterização da suscetibilidade das espécies *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* ao inseticida clorantraniliprole

As CL_{50} de clorantraniliprole para *C. includens* variaram de 0,025 a 5,331 μg de i.a./mL de dieta, apresentando diferença de 213,24 vezes entre a população de Chapadão do Sul-MS e a de Campo Verde-MT, que foi a de menor suscetibilidade (Tabela 6). De todas as populações analisadas, apenas Uberlândia-MG (0,377), Barreiras-BA (0,398) e Luis Eduardo Magalhães-BA (0,564 μg de i.a./mL de dieta) não foram diferentes entre si. A linha de dose-resposta calculada com os indivíduos de *C. includens* de Campo Verde-MT apresentou o menor valor de coeficiente angular ($0,207 \pm 0,031$) e, portanto, maior heterogeneidade. Além disso, ela obteve o maior peso larval na testemunha após 7 dias do início dos bioensaios (Figura 4).

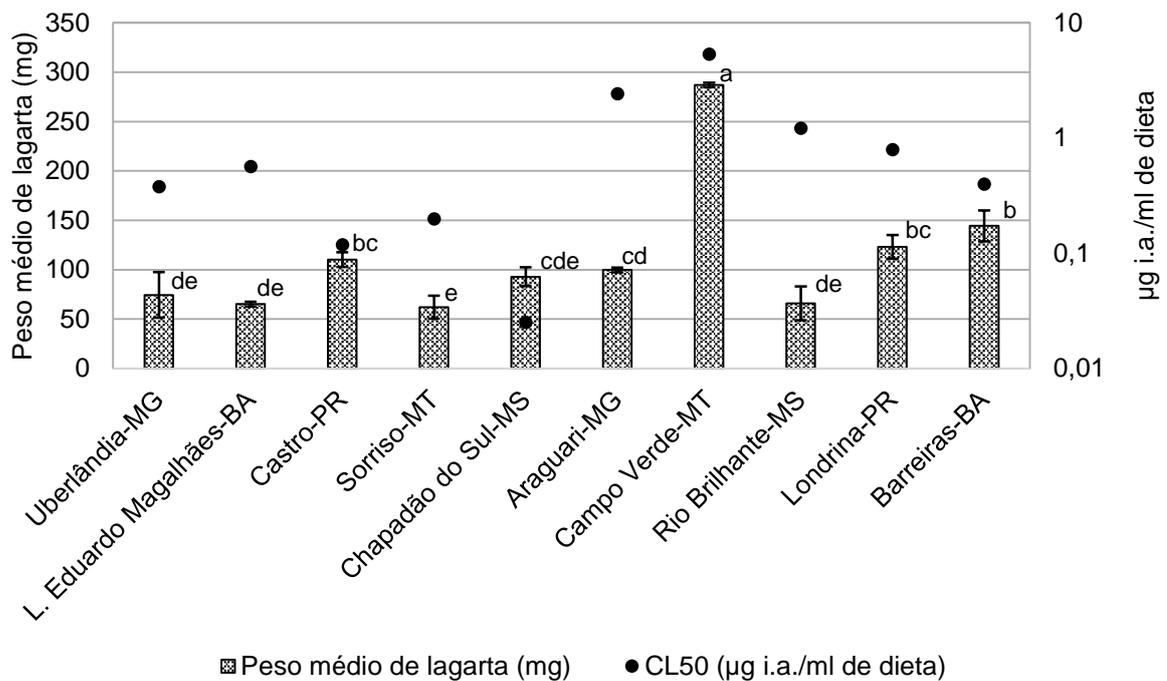


Figura 4 – Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL_{50}) das populações de *C. includens* após 7 dias da incorporação do inseticida clorantraniliprole à dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6- Caracterização da suscetibilidade de *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* a clorantraniliprole.

Espécie	População	n ^a	CL ₅₀ (95% IC) ^b	CL ₉₉ (95% IC) ^b	b ± E ^c	χ ²
<i>Chrysodeixis includens</i>	Uberlândia-MG	210	0,377 (0,067 - 0,788)	6,903 (2,303 - 956,349)	1,842 ± 0,373	5,725
<i>Chrysodeixis includens</i>	L. Eduardo Magalhães-BA	150	0,564 (0,133 - 0,829)	2,622 (2,052 - 4,055)	1,133 ± 0,260	1,933
<i>Chrysodeixis includens</i>	Castro-PR	403	0,118 (0,058 - 0,174)	4,166 (2,181 - 14,906)	1,503 ± 0,263	2,141
<i>Chrysodeixis includens</i>	Sorriso-MT	269	0,198 (0,146 - 0,247)	0,521 (0,441 - 0,657)	7,205 ± 1,071	0,356
<i>Chrysodeixis includens</i>	Chapadão do Sul-MS	180	0,025 (0,006 - 0,052)	3,334 (0,982 - 63,100)	1,092 ± 0,247	0,443
<i>Chrysodeixis includens</i>	Araguari-MG	206	2,409 (1,675 - 3,130)	6,928 (5,451 - 9,892)	1,842 ± 0,094	5,725
<i>Chrysodeixis includens</i>	Campo Verde-MT	241	5,331 (3,118 - 9,523)	16,585 (11,475 - 32,706)	0,207 ± 0,031	9,690
<i>Chrysodeixis includens</i>	Rio Brilhante-MS	160	1,215 (0,396 - 1,893)	6,821 (5,052 - 11,457)	0,415 ± 0,097	1,041
<i>Chrysodeixis includens</i>	Londrina-PR	148	0,793 (0,625 - 1,039)	2,208 (1,752 - 3,109)	1,645 ± 0,285	0,164
<i>Chrysodeixis includens</i>	Barreiras-BA	234	0,398 (0,180 - 0,740)	71,739 (22,001 - 606,823)	1,031 ± 0,164	3,618
<i>Helicoverpa armigera</i>	L. Eduardo Magalhães-BA	562	0,051 (0,041 - 0,062)	0,331 (0,229- 0,594)	2,873 ± 0,257	4,0545
<i>Helicoverpa armigera</i>	Londrina-PR	570	0,050 (0,031 - 0,070)	0,174(0,132 - 0,277)	18,730 ± 1,891	14,393
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Londrina-PR	790	0,032 (0,018 - 0,055)	0,085 (0,059 - 0,192)	44,230 ± 3,185	41,320*
<i>Spodoptera eridania</i>	Ibiporã-PR	652	0,104 (0,058 - 0,144)	0,375 (0,285 - 0,612)	8,585 ± 0,857	44,370*
<i>Spodoptera cosmioides</i>	Pelotas-RS	450	0,058 (0,049 - 0,071)	0,139 (0,116 - 0,179)	28,860 ± 2,921	7,137

a: número de insetos utilizados

b: µg de i.a/mL de dieta

c: coeficiente angular ± erro

* valor de χ² significativo

Os pontos que representam a distribuição da mortalidade da população de Campo Verde-MT, através do gradiente de concentrações, indicam necessidade de uso de uma maior dose para provocar mortalidade, o que permite inferir a menor suscetibilidade desta população quando comparada com as outras (Figura 5).

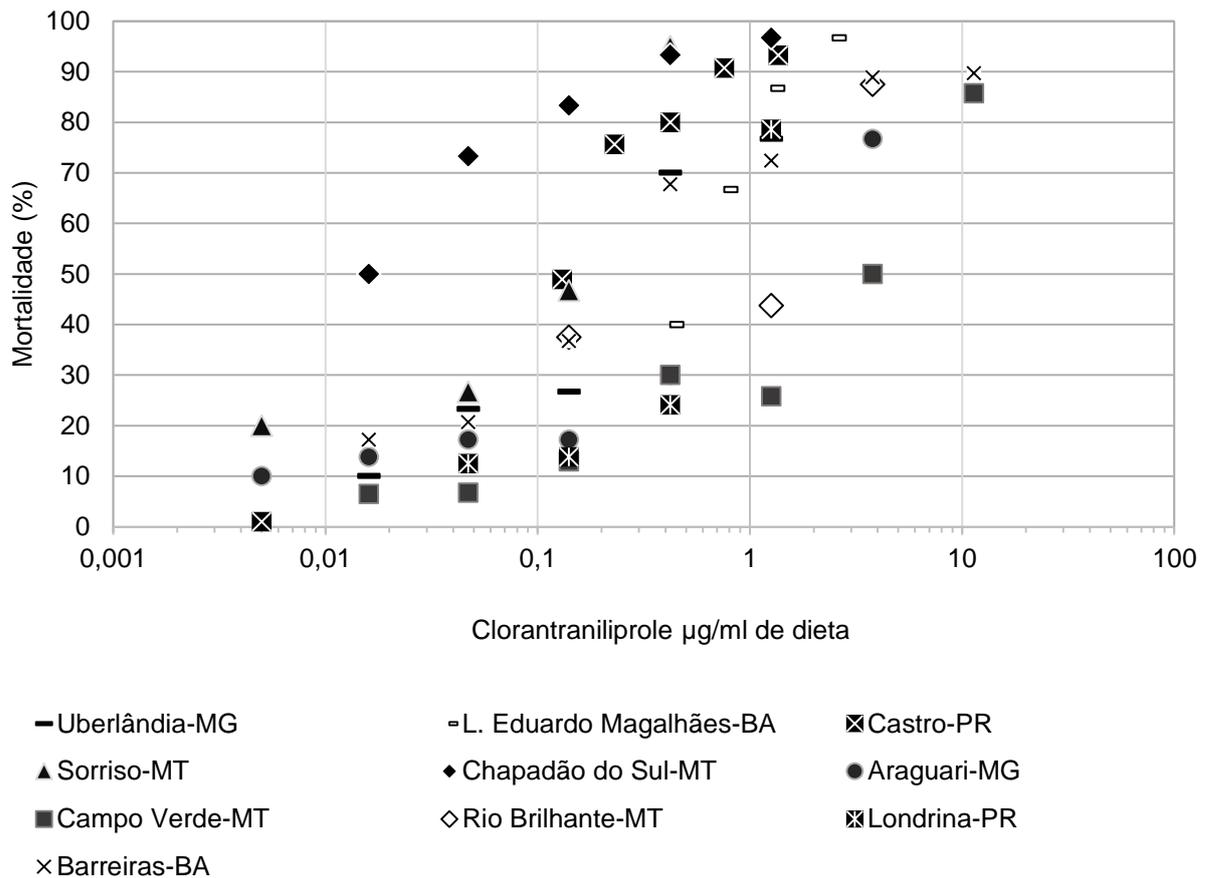


Figura 5 – Distribuição da porcentagem de mortalidade das populações de *C. includens* após 7 dias da incorporação do inseticida clorantraniliprole à dieta artificial em laboratório.

As CL_{50} das duas populações de *H. armigera* estudadas, não foram significativamente diferentes. A CL_{50} dos indivíduos de Luiz Eduardo Magalhães-BA (0,051 µg de i.a/mL) foi muito próxima da dos provenientes de Londrina-PR (0,050 µg de i.a/mL). As populações dessa espécie apresentaram alta suscetibilidade ao inseticida clorantraniliprole.

A CL_{50} do clorantraniliprole quando inoculado nas populações de laboratório de *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* variaram de 0,032 a 0,104 µg de i.a/mL de dieta, o que representa uma diferença de suscetibilidade de 3,25 vezes. A espécie de maior suscetibilidade foi *S. frugiperda*, com CL_{50} de 0,032, e a menos suscetível foi

a *S. eridania* com 0,104 µg de i.a/mL de dieta. *Spodoptera cosmioides* apresentou valor intermediário (CL₅₀ foi de 0,058 µg de i.a/mL de dieta). Todos estes valores foram significativamente diferentes.

Os coeficientes angulares (b) das curvas de concentração-mortalidade de *H. armigera* e das espécies de *Spodoptera* obtidos com clorantraniliprole foram maiores que os valores estimados para flubendiamida (Tabela 6). Um valor elevado de b permite maximizar as diferenças entre as populações suscetíveis e resistentes, identificar a progressão de resistência e a variação genotípica na tolerância a um inseticida (HOSKINS; GORDON, 1956). O elevado valor do coeficiente angular do inseticida clorantraniliprole indica maior atividade inseticida, bem como maior homogeneidade genotípica das populações testadas. Os valores de CL₅₀ estimados para clorantraniliprole foram inferiores aos de flubendiamida para todas as populações das espécies em estudo, o que demonstra maior atividade inseticida de clorantraniliprole em relação ao inseticida flubendiamida.

O valor de χ^2 calculado não foi significativo para nenhuma das populações de *C. includens*, para as populações de *H. armigera* e também para a população de *S. cosmioides* estudadas., Portanto, os dados se ajustam ao modelo de Probit. Já as *S. frugiperda* e *S. eridania* apresentaram valores de χ^2 altamente significativos, assim como ocorreu para flubendiamida.

Comparando as CL₅₀ encontradas para todas as espécies estudadas, a *C. includens* se mostrou a menos suscetível, seguida das espécies de *Spodoptera* e *H. armigera*, a qual foi a espécie mais suscetível ao inseticida clorantraniliprole, assim como foi para flubendiamida. *Chrysodexis includens* apresenta, naturalmente, uma tolerância a inseticidas químicos, porém a diferença de suscetibilidade encontrada em algumas populações neste trabalho necessita de um estudo mais aprofundado da resposta a clorantraniliprole em um maior número de populações e indivíduos.

5.1.3 Caracterização da suscetibilidade das espécies *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* ao inseticida indoxacarbe

As CL_{50} das populações de *C. includens* variaram de 1,345 a 2,94 μg de i.a./mL de dieta, apresentando diferença significativa de 2,186 vezes entre a população de Campo Mourão-PR, que foi a de maior suscetibilidade, e a de Londrina-PR, menos suscetível. Comparando os valores das CL_{50} encontrados, não houve diferença entre Rio-Brilhante-MS (1,811) e Barreiras-BA (2,32), assim como não houve diferença entre Barreiras-BA (2,32 μg de i.a./mL de dieta) e Londrina-PR (2,94 μg de i.a./mL de dieta) (Tabela 7). Os indivíduos de Campo Mourão-PR (1,345 μg de i.a./mL de dieta) foram diferentes dos demais, pois não ocorreu sobreposição dos valores estimados para os respectivos intervalos de confiança. As populações testadas com indoxacarbe que apresentaram maior peso larval na testemunha após 7 dias do início dos bioensaios foram Barreiras-BA e Londrina-PR (Figura 6). Estas foram as que apresentaram as menores suscetibilidades para indoxacarbe.

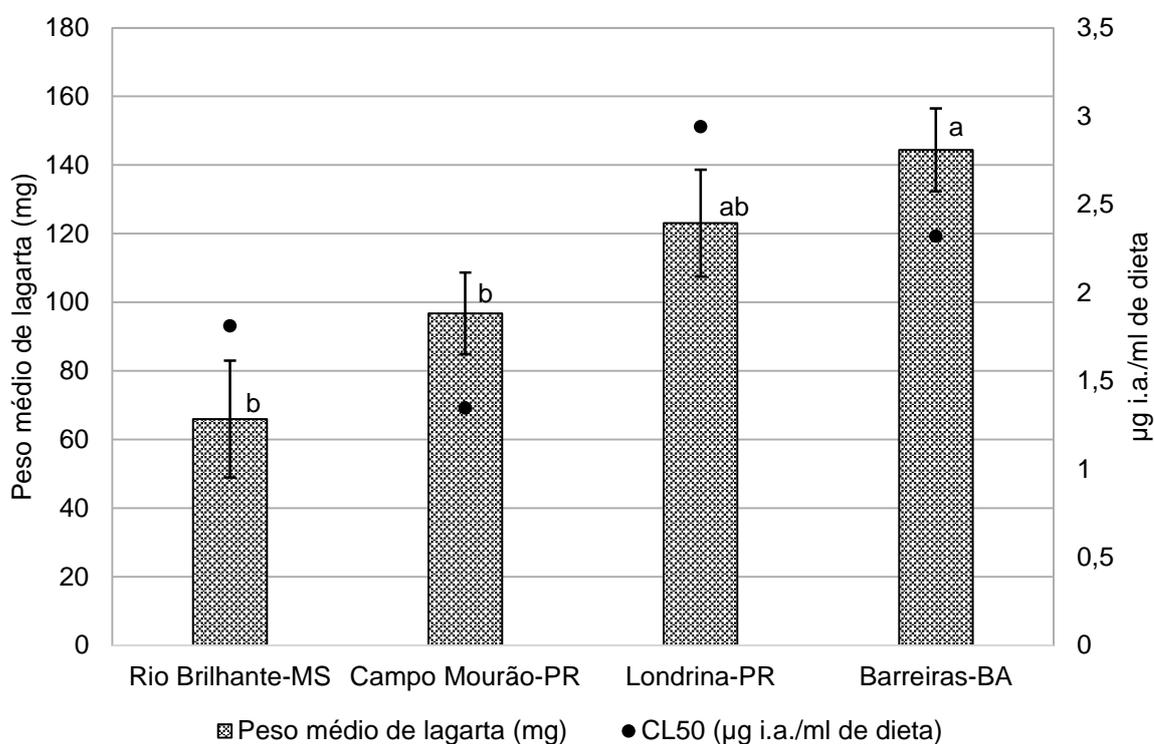


Figura 6 – Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL_{50}) das populações de *C. includens* após 7 dias da incorporação do inseticida indoxacarbe a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7- Caracterização da suscetibilidade de *C. includens*, *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* a indoxacarbe.

Espécie	População	n^a	CL₅₀ (95% IC)^b	CL₉₉ (95% IC)^b	b ± E^c	χ²
<i>Chrysodeixis includens</i>	Rio Brilhante-MS	492	1,811 (1,366 - 2,537)	3,996 (3,029 - 7,379)	1,065 ± 0,0180	8,7276
<i>Chrysodeixis includens</i>	Campo Mourão-PR	233	1,345 (1,111 - 1,534)	2,501 (2,164 - 3,234)	2,011 ± 0,410	0,584
<i>Chrysodeixis includens</i>	Londrina-PR	420	2,940 (2,655 - 3,422)	5,298 (4,443 - 7,276)	0,987 ± 0,204	3,908
<i>Chrysodeixis includens</i>	Barreiras-BA	239	2,320 (1,782 - 3,124)	4,910 (3,808 - 8,292)	0,898 ± 0,168	6,0502
<i>Helicoverpa armigera</i>	Londrina-PR	601	1,581 (1,301 - 1,857)	3,859 (3,320 - 4,762)	1,021 ± 0,097	12,340
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Londrina-PR	490	0,834 (0,411 - 1,602)	4,631 (3,055 - 10,881)	0,613 ± 0,100	30,804*
<i>Spodoptera eridania</i>	Ibiporã-PR	301	3,088 (2,337 - 4,942)	7,452 (5,394 - 12,892)	0,533 ± 0,124	0,712
<i>Spodoptera cosmioides</i>	S/I	570	1,498 (1,396 - 1,619)	3,079 (2,799 - 3,459)	1,472 ± 0,119	4,856

a: número de insetos utilizados

b: µg de i.a/mL de dieta

c: coeficiente angular ± erro

* valor de χ² significativo

A distribuição de mortalidade das diferentes populações de *C. includens* testadas com indoxacarbe indicam comportamento homogêneo entre elas (Figura 7), diferentemente do que ocorreu com as populações avaliadas com flubendiamida e clorantraniliprole.

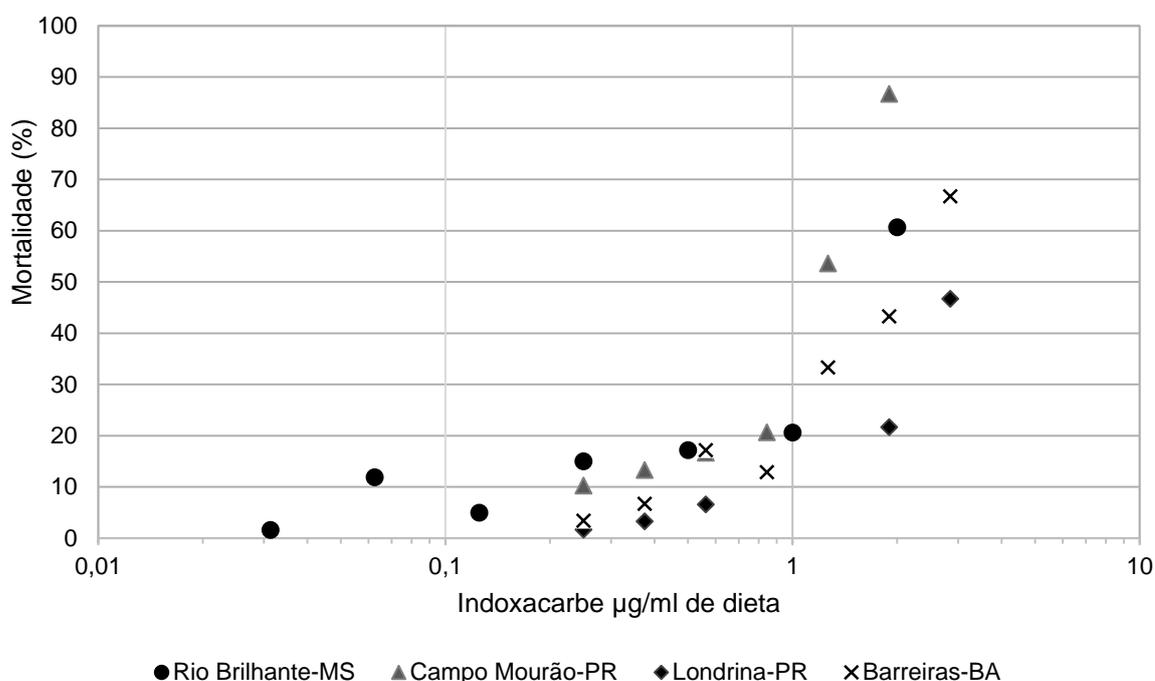


Figura 7 – Distribuição da porcentagem de mortalidade das populações de *C. includens* após 7 dias da incorporação do inseticida indoxacarbe a dieta artificial em laboratório.

A CL_{50} de *H. armigera* estudada foi de 1,581 µg de i.a/ml de dieta, para o inseticida indoxacarbe.

As espécies *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* apresentaram CL_{50} de 0,834, 3,0886 e 1,498 µg de i.a/mL de dieta, respectivamente. A espécie com maior suscetibilidade foi *S. frugiperda*, seguida de *S. cosmioides* e de *S. eridania*, que se mostrou menos suscetível. A diferença da variação da CL_{50} entre elas foi de 3,70 vezes. Não houve diferença significativa entre *S. frugiperda* e *S. cosmioides*, o que não ocorreu para a espécie *S. eridania*, que apresentou CL_{50} superior e diferente das demais.

Os valores de b de todas as populações de *C. includens*, *H. armigera* e do gênero *Spodoptera* quando testadas com indoxacarbe foram próximos ou inferiores a 2, indicando heterogeneidade nas populações (Tabela 7).

O valor de χ^2 calculado foi significativo somente para a *S. frugiperda*, sendo esta a única em que os dados não se ajustaram ao modelo de Probit.

As diferenças de CL_{50} observadas são estreitas. Diferenças de suscetibilidade dessa ordem indicam variabilidade genética natural entre as populações, como observado por Oliveira (2008) em *S. frugiperda* ao inseticida metaflumizone e por Da Silva Ribeiro (2014) também em *S. frugiperda* quando testada com flubendiamida e clorraniliprole. Para esse inseticida, o estudo pode ser caracterizado como linha básica de suscetibilidade devido ao seu recente registro no mercado brasileiro.

Quando comparados os pesos médios das lagartas do tratamento testemunha de todas as espécies estudadas para os três inseticidas (flubendiamida, clorraniliprole e indoxacarbe), observa-se que não há relação entre o peso e a CL_{50} encontrados (Figuras 8, 9 e 10). A diferença de suscetibilidade é característica genética inerente a cada espécie estudada. Porém, populações da mesma espécie podem ter peso médio de lagartas diferentes, como observado para *C. includens*.

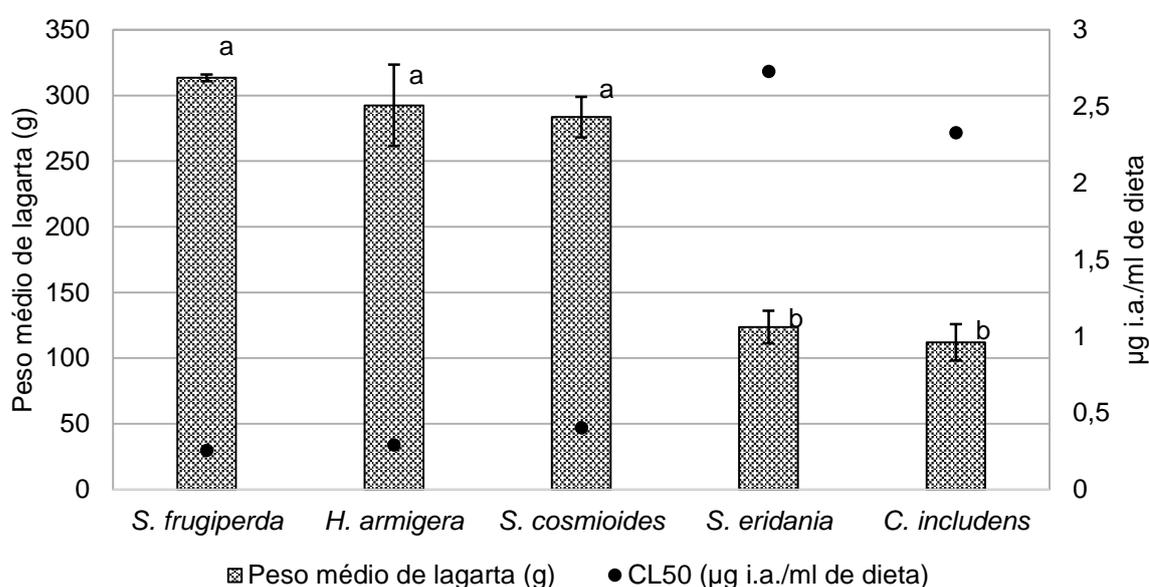


Figura 8 – Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL_{50}) das espécies de noctuídeos estudadas após 7 dias da incorporação do inseticida flubendiamida a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. a: Análise conjunta das populações Uberlândia, Castro, Sorriso e Londrina.

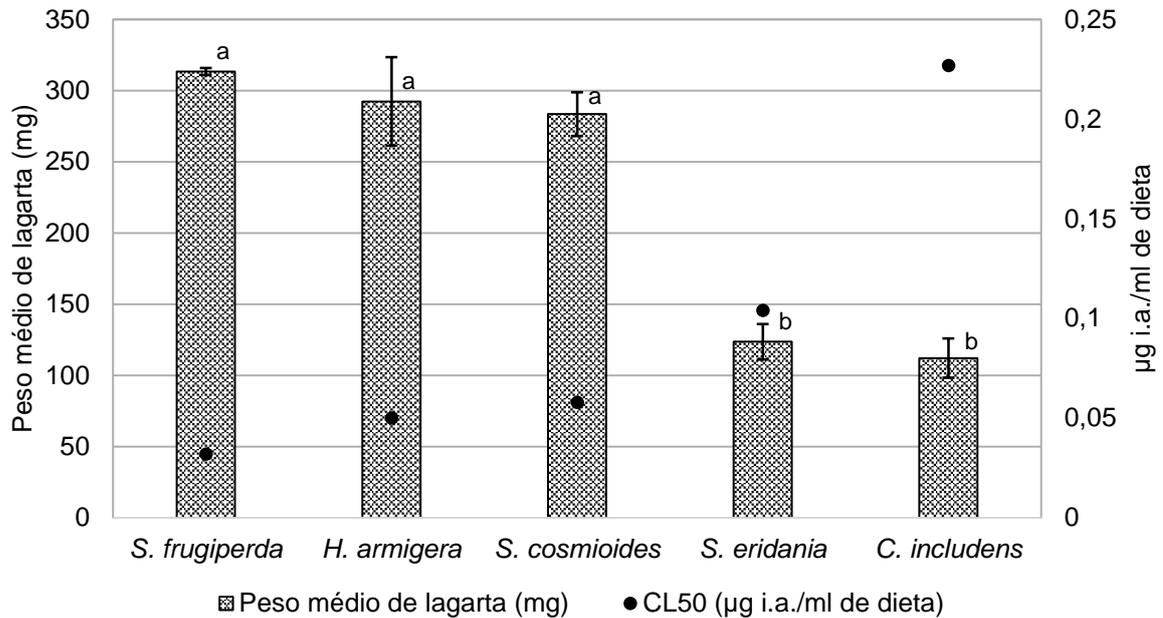


Figura 9 – Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL₅₀) das espécies de noctuídeos estudadas após 7 dias da incorporação do inseticida clorantraniliprole a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. a: Análise conjunta das populações Uberlândia, L. E. Magalhães, Castro, Sorriso, Rio Brilhante e Londrina.

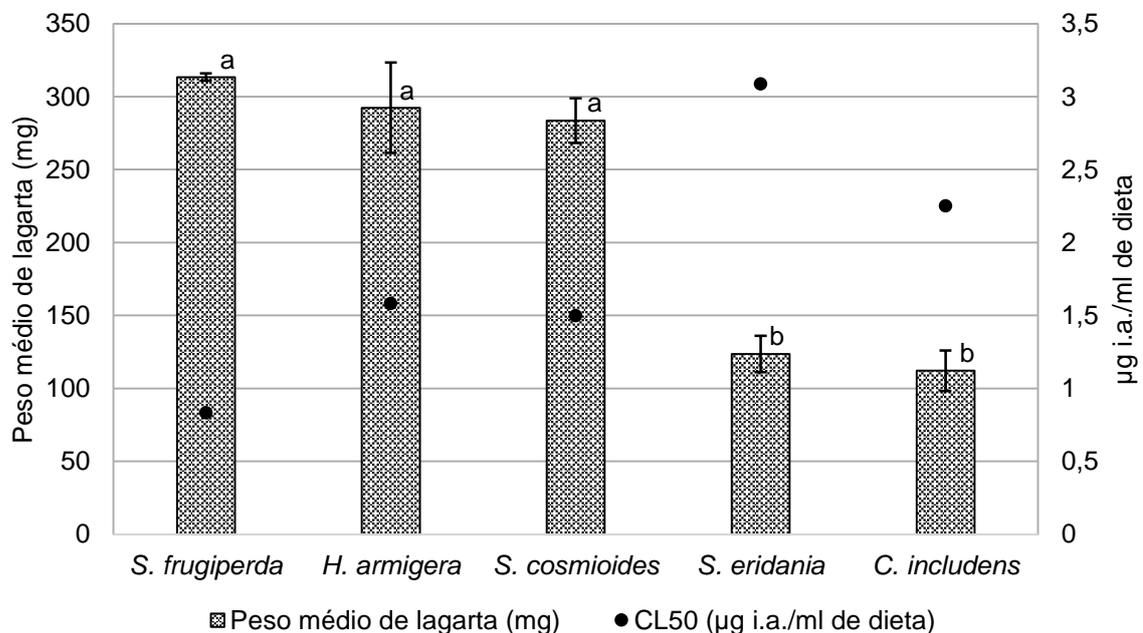


Figura 10 – Peso médio de lagarta (testemunha) e resposta de concentração letal (CL₅₀) das espécies de noctuídeos estudadas após 7 dias da incorporação do inseticida indoxacarbe a dieta artificial em laboratório. Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. a: Análise conjunta das populações Uberlândia, L. E. Magalhães, Castro, Sorriso, Rio Brilhante e Londrina.

5.1.4 Concentrações discriminantes dos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe para o monitoramento da suscetibilidade de populações de *C. includens*

Os resultados de concentração-resposta da análise conjunta foram baseados nas populações que tiveram comportamento semelhante em relação aos valores de CL₅₀ e CL₉₉. Para o inseticida flubendiamida, as populações que apresentaram valores parecidos foram Uberlândia-MG, Castro-PR, Sorriso-MT e Londrina-PR. Já Uberlândia-MG, L. E. Magalhães-BA, Castro-PR, Sorriso-MT, Rio Brilhante-MS e Londrina-PR tiveram desempenhos análogos quando testadas tanto com clorantraniliprole quanto com indoxacarbe (Tabela 8).

A partir da análise conjunta dos dados de concentração-resposta das populações de *C. includens* coletadas nas safras 2013/14 e 2014/15, foram estimadas as CL₉₉ para todos os inseticidas testados. Para o flubendiamida, a CL₉₉ correspondeu a 11,586 (I.C95% 7,738 – 27,563) µg de i.a./mL de dieta. Para o clorantraniliprole, esse valor foi de 9,192 (I.C95% 4,583 – 29,201) µg de i.a./mL de dieta, enquanto que para o indoxacarbe a CL₉₉ foi de 4,997 (I.C95% 4,015 – 7,147) µg de i.a./mL de dieta. As concentrações diagnósticas encontradas e sugeridas para o monitoramento da resistência de *C. includens* foram de 12 e 120 µg de flubendiamida/mL de dieta, 10 e 100 µg de clorantraniliprole/mL de dieta e 5 e 50 µg de indoxacarbe/mL de dieta

Tabela 8- Análise conjunta das populações de *C. includens* que apresentaram maior suscetibilidade aos inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe.

Inseticida	n ¹	CL ₅₀ (95% IC) ²	CL ₉₉ (95% IC) ²	b ± E ³	χ ²
Flubendiamida ^a	1318	2,330 (0,079 - 4,674)	11,586 (7,738 - 27,563)	0,251 ± 0,019	147,1 *
Clorantraniliprole ^b	1335	0,227 (0,147 - 0,317)	9,192 (4,583 - 29,201)	1,448 ± 0,098	31,084*
Indoxacarbe ^c	1446	2,251 (1,86 - 2,845)	4,997 (4,014 - 7,147)	0,847 ± 0,070	50,119*

1: número de insetos utilizados

2: µg de i.a./mL de dieta

3: coeficiente angular ± erro

* valor de χ² significativo

a: Análise conjunta das populações Uberlândia, Castro, Sorriso e Londrina

b: Análise conjunta das populações Uberlândia, L. E. Magalhães, Castro, Sorriso, Rio Brilhante Londrina

c: Análise conjunta das populações Uberlândia, L. E. Magalhães, Castro, Sorriso, Rio Brilhante e Londrina

5.1.5 Peso de lagartas sobreviventes ao 7º dia

Houve redução no peso de lagartas sobreviventes ao 7º dia para a maioria das concentrações testadas em relação à testemunha. Os dados podem ser observados nos apêndices. As lagartas de *C. includens* tiveram peso reduzido a partir das concentrações superiores a 0,013, 0,016 e 0,0050 µg de i.a/mL de dieta para os inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe, respectivamente. Os mesmos inseticidas nas concentrações de 0,052, 0,004, e 0,031 µg de i.a/mL de dieta foram suficientes para interferir no desenvolvimento das lagartas de *H. armigera*. Lagartas de *S. frugiperda* tiveram peso reduzido a partir das concentrações 0,015, 0,0017 e 0,008; *S. eridania*, 0,141, 0,031 e 0,008; *S. cosmioides*, 0,015, 0,005 e 0,008 µg de i.a/mL de dieta para os inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole e indoxacarbe, respectivamente. Novamente, a espécie *S. eridania* foi mais tolerante aos inseticidas testados que as demais espécies de *Spodoptera*, confirmando a tendência observada através dos valores de CL₅₀. Esses dados variaram entre populações e também entre os bioensaios, porém, fica claro que os inseticidas, mesmos em concentrações subletais, afetaram o desenvolvimento das lagartas em estudo.

5.2 DISCUSSÃO

Os inseticidas flubendiamida e clorantraniliprole foram registrados em 2009 no Brasil e, portanto, da literatura nacional só constam os estudos de clorantraniliprole sobre *P. xylostella* e de clorantraniliprole e flubendiamida em *S. frugiperda* (SILVA, 2012; DA SILVA RIBEIRO, 2014). Neste estudo, revelaram-se variações dos níveis de suscetibilidade aos diferentes inseticidas e entre as populações. A suscetibilidade a um inseticida pode variar entre populações geográficas, bem como através do tempo. Sendo assim, é de suma importância estudar a variação desta suscetibilidade em populações de campo antes da ocorrência de falhas de controle (TABASHNIK et al., 1992).

Owen et al. (2013) também relataram diferenças na suscetibilidade de populações de *C. includens* coletadas em diferentes campos de soja no Mississippi e Louisiana, nos Estados Unidos. Os valores de CL₅₀ apresentaram variação de 9,2 vezes e 6,25 vezes para os inseticidas flubendiamida e clorantraniliprole,

respectivamente. Sial et al. (2010) relatam variações de suscetibilidade entre populações a clorantraniliprole acima de 5 vezes em *C. rosaceana*. Segundo os autores, esses resultados podem levar ao desenvolvimento de resistência. Neste estudo, as populações que se mostraram menos suscetíveis a flubendiamida foram Montividiu-GO e Campo Verde-MT. No caso de clorantraniliprole, Campo Verde-MT, foi, novamente, a menos suscetível. As diferenças na suscetibilidade constatadas de 217,2 vezes para flubendiamida e 213,24 vezes para clorantraniliprole são superiores às diferenças de suscetibilidade naturais entre populações, indicando a ocorrência de resistência a esses produtos. As regiões de Montividiu-GO e Campo Verde-MT são caracterizadas pelo cultivo em larga escala de grandes culturas e pelo uso intensivo de inseticidas.

A CL_{50} das duas populações de *H. armigera* estudadas no presente trabalho apresentaram variação de suscetibilidade de 1,22 vezes (0,076-0,093) para flubendiamida e de 1,02 vezes (0,050-0,051 μg de i.a/mL de dieta) para clorantraniliprole. Zhang et al. (2013) determinaram a suscetibilidade de *H. armigera* a clorantraniliprole de uma população de laboratório na China, encontrando CL_{50} de 0,033 μg de i.a/mL de dieta, semelhante aos valores aqui obtidos. Estudos de suscetibilidade de outras espécies a clorantraniliprole também foram estabelecidos, e, assim como no presente trabalho para a espécie *H. armigera* as variações encontradas foram baixas. Populações de *Itame argillacearia* (Lepidoptera: Geometridae) no Canadá apresentaram variação de 2,1 (RAMANAIDU et al., 2011), *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) na Índia, de 4,2 (SHARMA; PATHANIA, 2012), *P. xylostella* no Pernambuco de 3,7 durante os anos de 2008 e 2009 (WANG et al., 2010), *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) na China de 5,8 (ZHENG et al., 2011), *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) na China de 6 (LAI et al., 2011) e *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae), também na China, de 9,4 vezes (HUANG, et al., 2011). Flubendiamida e clorantraniliprole demonstraram alta atividade inseticida para a *H. armigera*. Clorantraniliprole também apresentou alta atividade inseticida para outras espécies como *P. xylostella* e *C. rosaceana* (TROCZKA et al., 2012; WANG et al., 2012).

No presente trabalho, a diferença entre as CL_{50} das populações de laboratório de *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* foi de 10,70 vezes quando testadas com flubendiamida e 3,25 vezes com clorantraniliprole. A *S. eridania* se mostrou mais tolerante aos inseticidas testados em relação às outras espécies do mesmo gênero.

Esta espécie já apresenta diferentes graus de tolerância a inúmeros inseticidas (CAMPOS, 1982).

Da Silva Ribeiro (2014), determinou a suscetibilidade de *S. frugiperda* provenientes de Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Paraná, São Paulo e Rio Grande do Sul - coletadas durante as safras 2011/12 e 2013/14 - e não observou diferenças significativas entre as populações testadas. Segundo a autora, isso pode ter ocorrido por se tratar de uma molécula nova. A ausência de diferenças estatísticas entre as CL_{50} das populações testadas era esperada, dado que a frequência de indivíduos resistentes a diamidas no campo ainda é baixa. Já os valores de coeficiente angular encontrados para clorantraniliprole foram maiores que os valores estimados para flubendiamida, indicando uma maior atividade inseticida e maior homogeneidade genotípica das populações testadas. Os valores de CL_{50} estimados para clorantraniliprole foram inferiores aos de flubendiamida para todas as populações de *S. frugiperda*, confirmando maior atividade inseticida de clorantraniliprole. Estes resultados encontrados por Da Silva Ribeiro (2014) foram semelhantes aos encontrados neste trabalho com *S. frugiperda*.

Neste estudo, revelaram-se variações dos níveis de suscetibilidade aos diferentes inseticidas e entre as populações. Os valores de coeficiente angular obtidos pelas populações de *C. includens* estudadas para o inseticida flubendiamida foram menores que 2,0, o que indica heterogeneidade genética nas populações estudadas, assim como para *S. eridania*. Porém, *H. armigera*, *S. frugiperda* e *S. cosmioides* apresentaram valores de coeficiente angular maiores que 2,0, indicando maior homogeneidade. Para o inseticida clorantraniliprole, todas as localidades estudadas de *C. includens*, *H. armigera* – Luiz E. Magalhães e *S. cosmioides* apresentaram coeficiente angular menor que 2,0. Isso demonstra uma resposta de uma população geneticamente heterogênea quanto à sua suscetibilidade ao inseticida (ROBERTSON & PREISLER, 1992), diferente dos coeficientes angulares das populações das espécies *S. frugiperda* e *S. eridania*.

As CL_{50} das populações de *C. includens* apresentaram diferença de 2,186 vezes para o inseticida indoxacarbe. A variação dos valores de CL_{50} de indoxacarbe para *H. zea* e *H. virescens* em Luisiana, nos Estados Unidos, também foram semelhantes, de 1,05 e 1,33 vezes, respectivamente. Segundo os autores, esses dados contribuem como base para permitir que os pesquisadores monitorem futuras

mudanças na sensibilidade dessas lagartas ao inseticida indoxacarbe (COOK et al., 2005).

A CL_{50} da população de *H. armigera* estudada foi de 1,581 µg de i.a/mL de dieta para o inseticida indoxacarbe. Nove populações de *H. armigera* foram estudadas no Paquistão e a variação encontrada na suscetibilidade chegou a 4,08 vezes entre essas populações para indoxacarbe. As CL_{50} menores foram 2,06 e 2,78 e as maiores 7,87 e 8,41mg de i.a/L de água (HARDKE et. al., 2011). Devido a uma longa história de controle químico, *H. armigera* gradualmente tornou-se resistente a muitos inseticidas, incluindo alguns novos tipos de produtos químicos, assim como o indoxacarbe (AHMAD et al., 2003). Portanto, é necessário o acompanhamento dessas populações ao longo do tempo, para evitar a seleção de insetos resistentes (SOSA-GÓMEZ; OMOTO, 2012), já que essa espécie apresenta diversos casos de resistência a diferentes inseticidas no mundo (ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE, 2015)

A variação das CL_{50} do indoxacarbe nas populações de laboratório de *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania* foi de 3,70 vezes para indoxacarbe. É interessante mencionar que estudos sobre *C. rosaceana* indicaram que a espécie é altamente resistente ao indoxacarbe nos EUA, mesmo antes da sua utilização no campo. Provavelmente, isso se deve à resistência cruzada a organofosforados (AHMAD et al., 2002). Entretanto, populações de campo *S. frugiperda* e *P. xylostella* coletadas no norte da Flórida, Estados Unidos, que apresentavam alta resistência a carbaril e populações de *P. xylostella* resistentes à permetrina não tiveram resistência cruzada a indoxacarbe. As variações entre a suscetibilidade das populações de campo foram pequenas em relação a suscetível de laboratório (YU et al., 2007).

Programas de monitoramento da suscetibilidade de pragas a inseticidas são realizados através de comparações de doses letais e coeficientes angulares (FRENCH-CONSTANT; ROUSH 1990). Em alguns casos, quando o programa de monitoramento é preventivo, o uso de concentrações letais e coeficientes angulares não é suficiente para distinguir com precisão as populações suscetíveis das supostamente resistentes, por serem tratados de testes menos sensíveis a pequenas mudanças na frequência de indivíduos resistentes (ROUSH; MILLER 1986). Testes diagnósticos baseados em concentrações diagnósticas ou discriminatórias foram propostos por French-Constant e Roush (1990), por apresentarem mais vantagens

do que o uso de concentrações letais e coeficientes angulares, visto que demandam menos tempo e menor número de indivíduos para obtenção dos resultados e os insetos são testados numa determinada concentração, cujas percentagens de mortalidade são de interesse. No Brasil, a concentração diagnóstica projetada para *P. xylostela* foi de 30 µg de clorraniliprole/mL de água e mostrou ser adequada para detectar precocemente sobreviventes ao inseticida clorraniliprole (SILVA et al., 2012). Da Silva Ribeiro (2014), também no Brasil, sugeriu para o monitoramento da suscetibilidade de *S. frugiperda* as concentrações diagnósticas de 10 e 32 µg de clorraniliprole/mL de água e 100 e 180 µg de flubendiamida/mL de água. No presente estudo, foram sugeridas concentrações diagnósticas para os três inseticidas testados em *C. includens*.

Os programas de monitoramento de resistência são importantes para diagnosticar a sua evolução nas populações de insetos-pragas ao longo dos anos E para preservar a vida útil dos inseticidas e a longevidade dos produtos novos no mercado. Esses estudos também podem ser utilizados na detecção de produtos falsificados, devido ao conhecimento do comportamento e resposta da suscetibilidade da praga-alvo aos produtos de interesse. Os dados obtidos neste trabalho poderão servir de subsídio para pesquisas posteriores com os noctuídeos estudados e suas reações aos inseticidas flubendiamida, clorraniliprole e indoxacarbe, de maneira a alertar que os usos de inseticidas químicos devem ser realizados racionalmente dentro do manejo das pragas agrícolas.

6 CONCLUSÕES

Há variabilidade entre as populações de *C. includens* quanto à suscetibilidade aos inseticidas estudados.

A população Montividiu-GO de *C. includens* apresentou menor suscetibilidade ao inseticida flubendiamida e Campo Verde-MT a clorantraniliprole entre as populações estudadas.

As concentrações diagnósticas sugeridas para o monitoramento da suscetibilidade de *C. includens* são de 12 e 120 µg de flubendiamida/mL de dieta, 10 e 100 µg de clorantraniliprole/mL de dieta e 5 e 50 µg de indoxacarbe/mL de dieta.

Entre os inseticidas estudados, o clorantraniliprole apresenta maior potencial de controle para *H. armigera*, *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*.

As duas populações de *H. armigera* estudadas não apresentaram diferenças quanto à suscetibilidade aos inseticidas flubendiamida e clorantraniliprole.

Entre as espécies do gênero *Spodoptera* estudadas, *S. eridania* apresentou menor suscetibilidade aos inseticidas testados, enquanto as *S. cosmioides* e *S. frugiperda* foram as mais suscetíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT, Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Junho de 2015, Brasília.
Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>.

ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE. **Shown Resistance to Active Ingredient(s) for *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa armigera* and *Chrysodeixis includens***. Setembro de 2015. Disponível em: < <http://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=200>>.

AHEER, G.M.; AZIZ, M.A.; HAMEED, A.; ALI, A. Evaluation of resistance to different insecticides in field strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Punjab, Pakistan. **Entomological Research**. v.39, p. 159-167, 2009.

AHMAD, M.; ARIF, M.I.; AHMAD, Z. Monitoring insecticide resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. **Journal of Economic Entomolog**. v.88 (4), p.771-776, 1995.

AHMAD, M.; ARIF, M.I.; AHMAD, Z. Occurrence of insecticide resistance in field populations of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. **Crop Protection**. v. 26, p.809-817, 2007.

AHMAD, M.; ARIF, M.I.; AHMAD, Z. Patterns of resistance to organophosphate insecticides in field populations of *Helicoverpa armigera* in Pakistan. **Pesticide Science**. v. 55, p. 626–632, 1999.

AHMAD, M.; ARIF, M.I.; AHMAD, Z. Resistance to carbamate insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. **Crop Protection**. v. 20, p.427-432, 2001.

AHMAD, M., HOLLINGWORTH, R.M., WISE, J.C. Broad-spectrum insecticide resistance in obliquebanded leafroller *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) from Michigan. **Pesticide Science**. v.58, 834–838, 2002.

AHMAD, M.; ARIF, M.I.; AHMAD, Z. Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to new chemistries in Pakistan. **Crop Protection**. v. 22, p.539-544, 2003.

AHMAD, M.; ARIF, M.I.; ATTIQUE, M.R. Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. **Bulletin of Entomological Research**. v. 87, p. 343-347, 1997.

ALFORD, A.R.; HAMMOND JUNIOR, A.M. Plusiinae (Lepidoptera: Noctuidae) populations in Louisiana soybeans ecosystems as determined with loop lure baited traps. **Journal of Economic Entomology**, v. 75, p. 647-650, 1982.

ALVI, A.; SAYYED, A.; NAEEM, M.; ALI, M. Field evolved resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis* Toxin Cry1Ac in Pakistan. **Public Library of Science One**. v. 7, p.1-9, 2012.

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

BREWER, M. J.; TRUMBLE, J. T.; ALVARADO-RODRÍGUEZ, B.; CHANEY, E. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) adult and larval susceptibility to three insecticides in managed habitats and relationship to laboratory selection for resistance. **Journal of Economic Entomology**. v.83, p. 2136 – 2146, 1990.

BRAGA, P. V.; OLIVEIRA, W. S.; MARTINELLI, S.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; OLIVEIRA, M. Estudo de Caso da Soja MON 87701 x MON 89788 (Bt/RR2). In: BORÉM, A.; ALMEIDA, G.D. **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidade para regiões tropicais**. Ed. Suprema, 2011. p. 347-390.

BUES, R.; BOUVIER, J.C.; BOUDINHON, L. Insecticide resistance and mechanisms of resistance to selected strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in the south of France. **Crop Protection**. v. 24, p. 814-820, 2005.

BURR, I.W. & FOSTER, L.A. A test for equality of variances. Mimeo series nº 282. University of Purdue, West Lafayette, 26p. 1972.

CAMPOS-S, L. (1972). V - Toxicidad de cuatro insecticidas contra *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y *Prodenia eridania* (Cram.) del Valle de Lluta, Chile. In: Cortés. Las cuncunillas (Noctuidae) de la alfalfa em Lluta y Camarones, Arica – Chile. Un problema Bioecológico de Control. **Revista Peruana de Entomologia**. 15(2): 261-262.

CAO, G.; LU, Q.; ZHANG, L.; GUO, F.; LIANG, G.; WU, K.; WYCKHUYS, K. A. G.; GUO, Y. Toxicity of chlorantraniliprole to Cry1Ac-susceptible and resistant strains of *Helicoverpa armigera*. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 98, n. 1, p. 99-103, 2010.

CASIDA, J. E.; QUISTAD, G.B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? **Annual review of entomology**, v. 43, n. 1, p. 1-16, 1998.

CAVAGUCHI, S.A.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; SOUZA, J.L.A. Concentrações letais de diferentes grupos de inseticidas para *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) e *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5; MERCOSOJA 2009, Goiânia. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2009. Seção trabalhos, t.233. 1CD-ROM.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Novembro de 2015, Brasília. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_11_10_09_51_50_safras_nov_2015.pdf>.

COOK, D. R.; LEONARD, B. R.; GORE, J.; TEMPLE, J. H. Baseline responses of bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie), and tobacco budworm *Heliothis virescens* (F.), to indoxacarb and pyridalyl. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**. v. 22, p. 99-109, 2005.

COOK, D.R.H.; TEMPLE, R.H. GABLE, S.; MICINSKI, S.; WALTMAN, W.F.; STEWART, A.M.; LEORNARD, B.R.; BAGWELL, R.D. Insecticide susceptibility of Louisiana bollworm and tobacco budworm populations. **Proceedings of the 2003 Beltwide Cotton Conferences**. 6-10 January 2003, Nashville, TN.

CORDOVA, D.; BENNER, E.A.; SACHER, M.D.; RAUH, J.J.; SOPA, J.S.; LAHM, G.P.; SELBY, T.P.; STEVENSON, T.M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D.F.; WU, L.; SMITH, R.M.; TAO, Y. Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. San Diego, v.84, p. 196–214, 2006.

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

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1995. 45p.

CRUZ, I. Controle biológico em manejo integrado de pragas. In: PARRA, J.; BOTELHO, P.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo, Manole, 2002, P. 543-570.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

DA SILVA, J. E.; DE SIQUEIRA, H. A.; SILVA, T. B.; DE CAMPOS, M. R.; BARROS, R. Baseline susceptibility to chlorantraniliprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. **Crop Protection**, v. 35, p. 97-101, 2012.

DA SILVA RIBEIRO, R. **Monitoramento da suscetibilidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a inseticidas diamidas no Brasil**. 2014. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-Cialotrina. **Neotropical Entomology**. v. 30(2), p.311-316, 2001.

EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; LUEMMEN, P.; LOBITZ, N.; SCHULTE, T.; FUNKE, C.; FISCHER, R.; MASAKI, T.; YASOKAWA, N.; TOHNISHI, M. Phthalic acid diamides activate ryanodine sensitive Ca²⁺ release channels in insects. **Cell Calcium**, [s.l], v. 39, n. 1, p. 21-33, 2006.

FARIAS, J.R.; ANDOW, D.A.; HORIKOSHI, R.J.; SORGATTO, R.J.; FRESIA, P.; SANTOS, A.C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, Guildford, v.64, p.150-158, 2014.

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. (Ed.). **Pesticide resistance in arthropods**. New York, 1990. p. 4-38.

FRANZINI-ARMSTRONG, C.; PROTASI, F. Ryanodine receptors os striated muscle: a complex channel capable of multiple interactions. **Physiological Reviews**, New York, v.77. p. 699-729, 1997.

FELLAND, C. M.; PITRE, H. N.; LUTTREI, R. G.; HAMER, J. L. Resistance to pyrethroid insecticides in soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) in Mississippi. **Journal of Economic Entomology**. v.83, p. 35-40, 1990.

GEORGHIOU T. S. **Pest resistance to pesticides**, Plenum New York. p.703-733, 1983.

GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic Entomology**. v.70 (5), p.653-658, 1977.

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.488-497, 1976.

GRAVES, J. B. Communication to FAO, 1974.

GREGG, P. C.; FITT, G. P.; M. COMBBS; HENDERSON G. S. Migrating moths (Lepidoptera) collected in towermounted light traps in northern New South Wales, Australia: species composition and seasonal abundance. **Bulletin of Entomological Research**. v. 83, p. 563-578, 1993.

GUNNING, R. V.; MOORES, G. D.; JEWESS, P.; BOYES, A. L.; DEVONSHIRE, A. L.; KHAMBAY, B. P. S. Use of pyrethroid analogues to identify key structural features for enhanced esterase resistance in *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**. v.63, p.569-575, 2007.

- HADDAD, M. L. 1998. Utilização do Polo-PC para análise de Probit. In: Alves, S. B. (ed.), Controle microbiano de insetos. 2. ed. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz - FEALQ, Piracicaba, Brasil, pp. 999-1014.
- HAGGIS, M. J. Spatial and temporal changes in the distribution of eggs by *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera, Noctuidae) on cotton in the Sudan Gezira. **Bulletin of Entomological Research**. v. 71, p. 183-193, 1981.
- HARDKE, J. T.; TEMPLE, J. H.; LEONARD, B. R.; JACKSON, R. E. Laboratory Toxicity and Field Efficacy of Selected Insecticides Against Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 94, n. 2, p. 272-278, 2011.
- HENSLEY, S. D.; NEWSON, L. D.; CHAPIN, J. Observations on the looper complex of the noctuid subfamily Plusiinae. **Journal of Economic Entomology**, v. 57, p. 1006-1007, 1964.
- HEPPNER, J.B. Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. **Tropical Lepidoptera**, Gainesville. v. 2 (1), p. 1-85, 1991.
- HERNÁNDEZ, C.V.; VENDRAMI, J.D. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidade). **Manejo Integrado de Plagas**, 14-22. 1996.
- HOFFMANN-CAMPO, C.B.; OLIVEIRA, E.B.; MOSCARDI, F. Criação massal da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*), EMBRAPA/CNPSo, Documentos 1985, p. 10.
- HOLLOWAY, J. D.; J. D. BRADLEY & D. J. CARTER. **II E Guides to Insects of Importance to Man. 1. Lepidoptera**. London, The Natural History Museum, 263 p. 1992.
- HOSKINS, W.M.; H.T. GORDON. Arthropod resistance to chemicals. **Annual Review of Entomology**, Standfort, v.1, p.89-122, 1956.
- HOY, M. A. Multitactic resistance management: na approach that is long overdue. **Florida Entomologist**. v.78, p.443-451, 1995.
- HUANG, J.; WU, S.F. ; YE, G. Y. Evaluation of lethal effects of chlorantraniliprole on *Chilo suppressalis* and its larval Parasitoid, *Cotesia chilonis*. **Agriculture Science**. v. 10, p.134 - 138, 2011.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Agosto de 2015, Brasília. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>.

IEA, Instituto de Economia Agrícola. **Defensivos Agrícolas: comercialização recorde em 2013 e expectativas de acréscimo nas vendas em 2014**. Setembro de 2015, São Paulo. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13467>>.

IPEA. BOLETIM RADAR: TECNOLOGIA, PRODUÇÃO E COMÉRCIO EXTERIOR. Brasília: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). n. 20, 04 jun. 2012.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

KASTEN Jr., P.; PRECETTI, A.A.C.M.; PARRA, J.R.P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.53, n.1/2, p.68, 1978.

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

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

KUSS-ROGGIA, R. C. K. **Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia**. 2009, 128f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

LAI, T.; LI, J.; SU, J. Monitoring of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to chlorantraniliprole in China. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v. 101, p. 198-205, 2011.

LAHM, G.P.; SELBY, T.P.; STEVENSON, T.M.; MYERS, B.J.; SEBURYAMO, G.; SMITH, B.K.; FLEXNER, L.; CLARK, C.E.; DANIEL CORDOVA, D. Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potente ryanodine receptor activators. **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**. v.15, p. 4898-4906, 2005.

LAHM, G.P.; CORDOVA, D.; BARRY, J.D. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. **Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters**. v. 17, p. 4127- 4133, 2009.

LEONARD, B.R.; BOETHEL, D.J.; SPARKS, A.N.J.R.; LAYTON, M.B.; MINK, J.S.; PAVLOFF, A.M.; BURRIS, E.; GRAVES, J.B. Variations in response of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides in Louisiana. **Journal of Economic Entomology**. v. 83, p. 27-34, 1990.

LEORA SOFTWARE. Polo-PC: A user's guide to probit or logit analysis. Berkeley, CA, USA: LeOra Software, 22p. 1987.

MARSARO JUNIOR, A.L.; PEREIRA, P.R.V.; SILVA, W.R.; GRIFFEL, S.C.P. Flutuação populacional de insetos-praga na cultura da soja no estado de Roraima. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, p. 71-76, 2010.

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

MASCARENHAS, R. N.; BOETHEL, D. J. Responses of field-collected strains of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides using artificial diet overlay bioassay. **Journal of Economic Entomology**. v. 90, p. 1117-1124, 1997.

MARTINELLI, S.; OMOTO, C. Resistencia de lepidópteros-praga a inseticidas na cultura do algodão no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 10, n. 3, 2006.

MCDUGALL, P. A Consultancy Study for CropLife International. **Agrochemical Industry Research and Development Expenditure, 2005**. United Kingdom, setembro de 2015. 30 p. Disponível em: <<http://croplife.org/crop-protection/cp-case-studies/>>.

MCKENZIE, J.A. The character or the variation: the genetic analysis of the insecticide resistance phenotype. **Bulletin of Entomological Research**. v. 90. p. 3-7, 2000.

MELANDER, A.L. Can insects become resistant to sprays? **Jornal of Economic Entomology**. v.7, p.167-173, 1914.

METCALF, R.L. Changing role of inseticides in crop protection. **Annual Review of Entomology**. v. 25, p. 219-256, 1980.

METCALF, R. L. Implications and prognosis of resistance to insecticides. 1975 J. P. In: GEORGHIOU T. S. **Pest resistance to pesticides**, Plenum New York. p.703-733, 1983.

MORRILLO, F.; NOTZ, A. Resistência de *Spodoptera frugiperda* a lambdacialotrina y metomil. **Entomotropica**, Maracay, v.16, p. 79-87, 2001.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. F.; SOSA-GOMEZ, D. R., ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; ... & YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Embrapa, Brasília, p. 211-334, 2012.

- NASERI, B.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH, V. Comparative life history and fecundity of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on different soybean varieties. **Entomological Science**, v. 12, n. 2, p. 147-154, 2009.
- OWEN, N. L.; CATCHOT, A.L.; MUSSER, F.R.; GORE, J.; COOK, D.C; JACKSON, R. Susceptibility of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to Reduced-Risk Insecticides. **BioOne**, Flórida, v. 96, p.554-559, 2013.
- OLIVEIRA, F. E. B. **Suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) a metaflumizone na cultura do milho: bases para o manejo da resistência**. 2008. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- PEDGLEY, D. E. Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae) to the British Isles. **Entomologist's Gazette**. v. 36, p. 15-20, 1985.
- PEDGLEY, D. E., M. R. TUCKER; C. S. PAWAR. Windborne migration of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera, Noctuidae). **Ecological Entomology**. v.11, p. 46-470, 1987.
- POGUE, G.M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). *Memoirs of the American Entomological Society*. v. 43, p. 1-202, 2002.
- PROKOPY, R.J.; KOGAN, M. **Integrated pest management**. In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. (Ed.). *Encyclopedia of Insects*. New York, Academic Press, 2003, p. 4-9.
- RAMANAIDU, K.; HARDMAN, J.M.; CUTLER, G.C. Laboratory and field susceptibility of blueberry spanworm *Itame argillacearia* Packard (Lepidoptera: Geometridae) to conventional and reduced-risk insecticides. **Crop Protection**. v.30, p. 1643-1648, 2011.
- ROBERTSON, J. L.; PREISLER, H.K. **Pesticide bioassays with arthropods**. Boca Raton: CRC Press, 1992. p. 127.
- ROGER, L. B.; BOETHEL, D. J.; SPARKS, A. J.; LAYTON, M. D.; MINK, J. S.; PAVLOF, A. M.; BURRIS, E.; GRAVES, J. B. Variation in response of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides in Louisiana. **Journal of Economic Entomology**. v.83, p. 27-34, 1990.
- ROUSH, R. T.; MCKENZIE, J. A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Annual Review of Entomology**. v.32, p.361-380, 1987.
- ROUSH, R. T. Designing resistance management programs: how can you choose? **Pesticide Science**, v. 26, n. 4, p. 423-441, 1989.

- SANTOS, K.B.; NEVES, P.J. & MENEGUIM, A. M. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**. v.34, p.903-910, 2005.
- SANTOS, W. J. Manejo das pragas do algodão com destaque para o cerrado brasileiro, In: FREIRE, E. C. (ed) **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007, p.403-478, 918p.
- SANTOS, W. J. O sistema de cultivo adensado do algodoeiro e os artrópodes-pragas. In: **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: embasamento e primeiros resultados: Atas do Workshop de Cuiabá**. Instituto Matogrossense do Algodão. Cuiabá: Defanti Editora, 2010. 390 p.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: statistics: version 8.2. 6. ed. Cary, NC, USA, 2001, 291p.
- SHARMA, P. C.; PATHANIA, A.K. Relative susceptibility of *Spodoptera litura* (fabricius) to some insecticides and biopesticides. **Journal of Insect Science**, Wisconsin v.2, p. 326-329, 2012.
- SHAPIRO, S.S. & WILK, M. B. "An analysis of variance test for normality". **Biometrika**, v. 52, p.591-611. 1965.
- SATELLE, D. B.; CORDOVA, D.; CHEEK, T. R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemical. **Invertebrate Neuroscience**. v. 8, n. 3, p. 107-119, 2008.
- SCOTT, J. G.; LIU, N.; WEN, Z. Insect cytochromes P450: diversity, insecticide resistance and tolerance to plant toxins. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology**, v. 121, n. 1, p. 147-155, 1998.
- SIAL, A. A.; BRUNNER, J. F.; DOERR, M. D. Susceptibility of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae) to two new reduced-risk insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 1, p. 140-146, 2010.
- SIEGFRIED, B.D.; SPENCER, T.; NEARMAN, J. Baseline susceptibility of the corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) to the Cry1Ab toxin from *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Economic Entomology**. v. 93, p. 1265-1268, 2000.
- SILVA, J.E.; SIQUEIRA, A.A.; TADEU, B.M.; MATHEUS, R.C.; BARROS, R. Baseline susceptibility to chlorantraniliprole of Brazilian populations of *Plutella xylostella*. **Crop Protection**. v. 35, p. 97-101, 2012.
- SODERLUND, D. M. & KNIPPLE, D. C. Actions of insecticides on sodium channels multiple target sites and site-specific resistance. In: CLARK, J. M. (ed.). **Molecular action of insecticides on ion channels**. American Chemical Society Symposium Series. vol. 591. American Chemical Society, Washington. p. 97-108, 1995.

SONG, W.; LIU, Z.i; DONG, K. Molecular basis of differential sensitivity of insect sodium channels to DCJW, a bioactive metabolite of the oxadiazine insecticide indoxacarb. **Neurotoxicology**, v. 27, n. 2, p. 237-244, 2006.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; GAZZONI, D.L.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Pragas da soja e seu controle. In: ARANTES, N.P.; SOUZA, P.I.M. (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 299-331.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; SILVA, J.J.; LOPES, I.O.N.; CORSO, I.C.; ALMEIDA, A.M.R.; MORAES, G.C.P.; BAUR, M.E. Susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) adults to insecticides used in Brazilian soybeans. **Journal Economic of Entomology**, v.102, p.1209-1216, 2009.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. RESISTÊNCIA A INSETICIDAS E OUTROS AGENTES DE CONTROLE EM ARTRÓPODES ASSOCIADOS À CULTURA DA SOJA. IN: **HOFFMANN-CAMPO, CB, CORRÊA-FERREIRA, BS, MOSCARDI, F. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Embrapa, 2012.**

SOUZA, B.H.S.; BOTTEGA, D.B.; SILVA, A.G.; BOIÇA JUNIOR, A.L. Feeding non-preference by *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera eridania* on tomato genotypes. **Ceres**. v.60, n.1, p.21-29, 2013.

SPECHT, A.; SOSA-GOMEZ, D. R.; MORAES, P.; VIEIRA S. D.; YANO, S.A.C. 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.

TABASHNIK, B.E.; SCHWARTZ, J.M.; FINSON, N.; JOHNSON, M.W. Inheritance of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economy Entomology**, Laham, v.85, p.1046–1055, 1992.

TABASHNIK, B. E.; FINSON, N.; CHILCUTT, C. F.; CUSHING, N. L.; JOHNSON, M. W. Increasing efficiency of bioassays: evaluating resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**. v. 86, p.635–644, 1993.

TECNOLOGIAS de produção de soja: Paraná 2006. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 208p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 8).

TECNOLOGIAS de produção de soja região central do Brasil, 2011. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 14).

TEIXEIRA, E.P.; NOVO, J.P.S.; STEIN, C.P.; GODOY, I.J. Primeiro Registro da ocorrência de *Spodoptera albula* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) atacando amendoim (*Arachis hypogaea* L.) no Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**. v. 30, p. 723-724, 2001.

TEMPLE, J.H.; POMMIREDDY, P.L.; COOK, D.C.; MARCON, P.; LEONARD, B. R. Susceptibility of selected lepidopteran pests to Rynaxypyr, a novel insecticide. **Journal Cotton Science**, Tennessee, v.13. p.23–31, 2009.

TOHNISHI, M.; NAKAO, H.; FURUYA, T.; SEO, A.; KODAMA, H.; TSUBATA, K.; FUJIOKA, S.; KODAMA, H.; HIROOKA, T.; NISHIMATSU, T. Flubendiamide, a novel insecticide highly active against lepidopterous insect pests. **Journal Pesticide Science**. v. 30, p. 354, 2005.

TROCZKA, B.; ZIMMER, C. T.; ELIAS, J.; SCHORN, C.; BASS, C.; DAVIES, T. E.; FIELD, L. M.; WILLIAMSON, M. S.; SLATER, R.; NAUEN, R. Resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is associated with a mutation in the membrane-spanning domain of the ryanodine receptor. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 42, n. 11, p. 873-880, 2012.

THOMAS, J.D.; OTTEA, J.A.; BOETHEL, D.J.; IBRAHIM, S. Factors influencing pyrethroid resistance in a permethrin selected strain of the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v.55, p. 1-9, 1996.

TUKEY, J.W. One degree of freedom for non-additivity. **Biometrics**. v.5 p.232-242. 1949.

WANG, X.; LI, X.; SHEN, A.; WU, Y. Baseline susceptibility of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to chlorantraniliprole in China. **Journal of economic entomology**, v. 103, n. 3, p. 843-848, 2010.

WANG, X.; WU, S.; YANG, Y.; WU, Y. Molecular characterization and mRNA expression of a ryanodine receptor gene from diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. v.102, p. 204-212, 2012.

WANG, X.; KHAKAME, S. K.; YE, C.; YANG, Y.; WU, Y. Characterisation of field-evolved resistance to chlorantraniliprole in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, from China. **Pest Management Science**. v. 69, p. 661-665, 2013.

WARE, G.W. **Fundamentals of pesticides: a self-instruction guide**. 3 ed. Fresno, CA, 1982. p. 78-79.

WHALON, M.E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R.M. Analysis of global pesticide resistance in arthropods. In: WHALON, M.E. (ed). **Global Pesticide Resistance in Arthropods**. v. 5, p. 31, 2008.

WING, K. D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects. **Crop Protection**. v. 19, p. 537–545, 2000.

WISCH, L.; RUTHES, E.; OLIVEIRA, M.; SOSA-GÓMEZ, D. R. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE OVOS E LAGARTAS DE PLUSIINAE (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DA SOJA. In: **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2012, Cuiabá. Soja: integração nacional e desenvolvimento sustentável: anais. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

WOLCOTT, G. N. Insectae Borinquenses. **Journal Agriculture University**, v. 20, p. 1-627, 1936.

WU, K.; XU, G.; GUO, Y. Observations on migratory activity of cotton bollworm moths across the Bohai Gulf in China. **Acta Phytophylactica Sinica**. v.25, p. 337-340, 1998.

YOUNG, J.R.; MCMILLIAN, W.W. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl surfaces. **Journal of Economic Entomology**. v.72, p. 202-204, 1979.

YU, S. J.; NGUYEN, S. N.; ABO-ELGHAR, G. E. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 77, n. 1, p. 1-11, 2003.

YU, SIMON J.; MCCORD, ELZIE. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeut dae). **Pest management science**, v. 63, n. 1, p. 63-67, 2007.

ZHANG, R. M.; DONG, J. F.; CHEN, J. H.; JI, Q. E.; CUI, J. J. The sublethal effects of chlorantraniliprole on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 12, n. 3, p. 457-466, 2013.

ZHAO, J.Z.; COLLINS, H.L.; LI, Y.X.; MAU, R.F.L.; THOMPSON, G.D.; HERTLEIN, M.; ANDALORO, J.T.; BOYKIN, R.; SHELTON, A.M. Monitoring of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to spinosad, Indoxacarb, and emamectin benzoate. **Journal of Economic Entomology**. v. 99. p.176-181, 2006.

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