



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MARIANA NUNES DOS SANTOS SISMEIRO

**ARTRÓPODES PREDADORES E INSETOS-PRAGA EM
SISTEMAS DE SUCESSÃO SOJA-MILHO INCLUINDO
PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS**

Londrina
2015

MARIANA NUNES DOS SANTOS SISMEIRO

**ARTRÓPODES PREDADORES E INSETOS-PRAGA EM
SISTEMAS DE SUCESSÃO SOJA-MILHO INCLUINDO
PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade
Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini.
Co-orientador: Dr. Samuel Roggia

Londrina
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

S623a	<p>Sismeiro, Mariana.</p> <p>Artrópodes predadores e insetos-praga em sistemas de sucessão soja-milho incluindo plantas geneticamente modificadas. / Mariana Sismeiro. - Londrina, 2015. 68 f. : il.</p> <p>Orientador: Amarildo Pasini. Coorientador: Samuel Roggia.</p> <p>Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2015. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Manejo integrado de pragas - Teses. 2. Plantas GM - Teses. 3. Plantas resistentes a insetos - Teses. 4. Organismos não-alvo - Teses. I. Pasini, Amarildo. II. Roggia, Samuel. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">632.93</p>
-------	---

MARIANA NUNES DOS SANTOS SISMEIRO

**ARTRÓPODES PREDADORES E INSETOS-PRAGA EM SISTEMAS DE
SUCESSÃO SOJA-MILHO INCLUINDO PLANTAS GENETICAMENTE
MODIFICADAS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, da Universidade
Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Amarildo Pasini
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Maurício Ursi Ventura
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dra. Laila Herta Mihsfeldt
Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Prof. Dr. Orcial Ceolin Bortolotto
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 30 de março de 2015.

Dedico este trabalho a toda minha família e aos amigos que com muita compreensão, dedicação e incentivo me auxiliaram chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Amarildo Pasini pela amizade, ensinamentos, orientação e principalmente pelo apoio e dedicação.

Ao Dr. Samuel Roggia pela orientação e empenho ao tornar possível o trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (UEL) pela amizade, conselhos e ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da Embrapa- Soja, Antônio Pavão, Miguel Pereira, Nivaldo Ferreira, Elias, Ouriverto, Adriano Dalbem, Wilson, Walter, Vilma Cristina de Sá, Sérgio Henrique, Ivanilda Soldorio, pelos conhecimentos e auxílio em campo e em laboratório, pela paciência e pelo intenso trabalho.

Aos estagiários da Embrapa- Soja, Luís Antônio Brocco, Edenilson Maziero, Diandra Achre, Eduardo Poloni, Cassiano Kuss, Gustavo Lopes, Lucas Costa Sartori, Alexander Visentini, Guilherme Tura, pelo auxílio em campo e em laboratório.

Aos amigos do laboratório de Entomologia da UEL, Davi Tramontina, Adriano Thibes Hoshino, Orcial Ceolin Bortoloto, Janaína Zorzetti, Viviane Dutra, Maurício Moscardi, Juliana Chiquetti Fazam, Ana Carolina Colnaghi Montenegro, Ana Claudia Vieira, Fernando Teruhiko Hata, Katyuscia Kubaski, Bruna Guide, Thiago Fernandes, Bruno Garcia de Oliveira, Gianni Caroline, Juliana Suzuki, Marcelo Augusto Pastório, Gabriela Vieira Silva, Denise Magri, Tatiane Lobak, Junio Tavares Amaro, pela consideração, afinidade e por compartilharem momentos de preocupações e alegrias.

Aos amigos Eloisa de Souza Carvalho, Tatiana Paião Fiori, Bruna Gonçalves Guadaim Micheli, Jeissiane Alves Eduardo, Miriam Campos, Fátima Arcanjo, Amanda Araújo, Camila Lanssoni, Aline Hernandez, Márcia Terra, Talles Porto Ferrari Salomon Silva, Fernando Henrique Carnimeo, Daniel Amorim, Fernanda Terassi, Marilena Menolli, Beatriz Moreschi Tafelli, Camila Marcelino, pela amizade e por sempre estarem presentes nos momentos bons e ruins.

Enfim, a todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SISMEIRO, M. N. S. **Artrópodes predadores e insetos-praga em sistemas de sucessão soja-milho com plantas geneticamente modificadas**. 2015. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

Plantas geneticamente modificadas (GM), que expressam genes com atividade inseticida, representam uma opção ambientalmente mais segura para o controle de insetos-praga. No entanto, diversos questionamentos surgem quanto a esta estratégia, particularmente quanto ao impacto em organismos não-alvo. Desta forma, objetivou-se avaliar populações de artrópodes predadores e insetos-praga, em campos de cultivo com sucessão soja-milho, incluindo o uso de plantas geneticamente modificadas. Foram avaliados experimentos em dois anos agrícolas, em que os tratamentos foram compostos pela combinação de três genótipos de soja (a cultivar BRS284 e suas linhagens derivadas RR e Bt RR2) cultivados na safra, com dois híbridos de milho (um Bt e outro não-Bt) cultivados em segunda safra, perfazendo seis tratamentos, nos quais houve controle de pragas apenas quando foi atingido o nível de controle. Em um sétimo tratamento (T7) foi utilizada a linhagem de soja RR, seguida de milho Bt. Neste tratamento, o manejo de pragas foi realizado de forma “calendarizada”. Os insetos-praga foram amostrados semanalmente com pano de batida em soja e em milho foi realizada avaliação de dano por escala de notas. Para as coletas de artrópodes predadores, utilizaram-se armadilhas “pitfall”, tanto em soja como em milho com frequência quinzenal. Os resultados das coletas em soja e milho, com armadilhas de queda, evidenciaram maior abundância das ordens Araneae e Coleoptera, nos dois anos agrícolas. Houve destaque para as aranhas, com frequência igual ou superior a 68%. No caso da soja, Carabidae e Staphylinidae foram mais frequentes, com destaque para *Notiobia chalcites* e *Scarites* sp. No caso do milho, houve destaque para as famílias Hemerobiidae e Staphylinidae. Não se detectou diferenças em relação aos dois anos e entre os tratamentos para aranhas, carabídeos e estafilínídeos. Nas avaliações pelo pano de batida, na soja, verificou-se maior abundância para *Lebia* sp e *Geocoris* sp. Numa análise geral, tanto para a cultura do milho quanto da soja, não se detectou diferenças estatísticas entre os tratamentos, quanto à distribuição dos artrópodes predadores, indicando que, no curto prazo (dois anos agrícolas), os inimigos naturais da cultura do milho e da soja, não são afetados pela tecnologia Bt. A soja Bt RR2 e milho Bt confirmaram sua eficiência no controle de lagartas, por possuírem genes cry1Ac e cry1Ab respectivamente. Besouros desfolhadores e *Euschistus heros* apresentaram alta densidade populacional em soja Bt, portanto atenção deve ser dada a estes organismos não-alvo, que podem aumentar com a adoção desta tecnologia. Uma ou outra exceção detectada entre os tratamentos, com diferença estatística, não apresenta consistência que encaminhe a inferências de relação causa e efeito, ou mesmo conclusões. Isto pode ser justificado pela peculiaridade de cada espécie, merecendo estudos de médio e longo prazo, especialmente porque a adoção da tecnologia de soja Bt ainda encontra-se em fase inicial no Brasil.

Palavras-chave: GM. Plantas resistentes a insetos. Organismos não-alvo. Manejo integrado de pragas.

SISMEIRO, M. N. S. **Predator arthropods and pests in soybean-corn succession systems with the genetically modified plants.** 2015. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

Genetically modified (GM) plants expressing genes with insecticidal activity, represent a more environmentally safe option for the control of insects- pest. However, several questions arise as to this strategy, particularly regarding the impact on non-target organisms. Thus, aimed to evaluate populations of arthropod predators and pests in crop fields with succession soybean-corn, including the use of genetically modified plants. Experiments were evaluated in both years, in which treatments were composed by the combination of three soybean genotypes (cultivar BRS284 and its derived lines RR and Bt RR2) grown in a crop with two corn hybrids (one Bt and other non- Bt) grown in the second season, making six treatments in which there was pest control only when it reached the level of control. In treating a seventh (T7) was used soybean line RR, followed by Bt. In this treatment, pest management was carried out in a scheduled way. The insects- plague were sampled weekly to beat cloth on soybean and corn was conducted evaluation of damage rating scale. For collections of arthropod predators, we used traps "pitfall" both in soy in corn with fortnightly basis. The results of the collections in soybeans and corn, with pitfall traps, showed greater abundance of Araneae orders, and Coleoptera, in two seasons. There was especially spiders, often less than 68%. For soybeans, among Coleoptera, Carabidae and Staphylinidae were more frequent, especially *Notiobia chalcites* and *Scarites* sp. For maize, there was emphasis on Hemerobiidae and Staphylinidae families. There was no differences in the two years between treatments for spiders, carabid and staphilinids. In the evaluations by the beat of cloth, soybean, there was greater abundance to *Lebia* sp and *Geocoris* sp. In a general analysis, both for corn as soybean, was not detected statistical differences between treatments on the distribution of arthropod predators, indicating that in the short term (two seasons), the natural enemies of maize and soybeans, are not affected by Bt technology. The Bt RR2 soybean and Bt corn have confirmed their efficiency in the control of caterpillars, because they have genes cry1Ac and cry1Ab respectively. Defoliating beetles and *Euschistus heros* showed high population density on Bt soybean, so attention should be given to these non-target organisms, which may increase with the adoption of this technology. Either exception detected between treatments, with statistical difference, lacks consistency to transmit the inferences of cause and effect relationship, or even conclusions. This can be explained by the peculiarities of each species, deserving studies of medium and long term, especially since the adoption of Bt soybean technology is still at an early stage in Brazil.

Key words: GM. Plants resistant of insects. Non-target organisms. Integrated pest management.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Sucessão de cultivares de soja e híbridos de milho, utilizados para os tratamentos do experimento nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Londrina, PR..... 27
- Tabela 3.2** – Total de artrópodes predadores coletados por armadilhas “pitfall” em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Anos agrícolas 2012/13, 2013/14. Londrina, PR. 30
- Tabela 3.3** – Total de espécies da família Carabidae (Coleoptera) coletadas por armadilhas “pitfall” em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR..... 33
- Tabela 3.4** – Médias de predadores amostrados por armadilhas de queda “pitfall” em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR 34
- Tabela 3.5** – Médias do IAD (Índice acumulado diário) de predadores amostrados por pano de batida em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR..... 35
- Tabela 3.6** – Médias do IAD (Índice acumulado diário) de lagartas-praga amostradas por pano de batida em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR..... 36
- Tabela 3.7** – Médias do IAD (Índice acumulado diário) de percevejos e besouros amostrados por pano de batida em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR..... 37
- Tabela 4.1** – Sucessão de cultivares de soja e híbridos de milho, utilizados para os tratamentos do experimento nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Londrina, PR..... 44
- Tabela 4.2** – Total de artrópodes predadores coletados por armadilhas “pitfall” em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR..... 47

Tabela 4.3 – Total de espécies da família Carabidae (Coleoptera) coletados por armadilhas “pitfall” em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.....	48
Tabela 4.4 – Médias de predadores amostrados por armadilhas de queda “pitfall” em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR	49
Tabela 4.5 – Notas de injúria causada por <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	PRINCIPAIS PRAGAS DA SOJA	13
2.2	PRINCIPAIS INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DA SOJA.....	13
2.3	PRINCIPAIS PRAGAS DO MILHO	15
2.4	PRINCIPAIS INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DO MILHO.....	16
2.3	PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS (GM).....	19
2.3.1	Interação de Plantas GM com Artrópodes Não-alvo	20
3	ARTIGO A: ARTRÓPODES PREDADORES E INSETOS-PRAGA EM SOJA, EM SISTEMA DE SUCESSÃO SOJA-MILHO, COM PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS	24
3.1	RESUMO	24
3.2	ABSTRACT.....	24
3.3	INTRODUÇÃO	25
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.4.1	Local do Experimento	26
3.4.2	Delineamento Experimental.....	26
3.4.3	Tratos Culturais.....	27
3.4.4	Parâmetros Avaliados	28
3.4.5	Análise Estatística	29
3.5	Resultados	29
3.5.1	Abundância e Riqueza de Artrópodes Predadores em Soja.....	29
3.5.2	Abundância e Riqueza de Carabídeos em Soja.....	32
3.5.3	Médias dos Artrópodes Predadores mais Abundantes do Solo e da Parte Aérea em Soja	33
3.5.4	Médias dos Insetos-Praga em Soja.....	36
3.6	Discussão	37
3.6.1	Artrópodes Predadores em Soja	37

3.6.2 Insetos-Praga em Aoja	39
4 ARTIGO B: ARTRÓPODES PREDADORES E INJÚRIA DE SPODOPTERA FRUGIPERDA (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO NA SUCESSÃO SOJA-MILHO COM PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS	41
4.1. RESUMO	41
4.2. ABSTRACT	41
4.3. INTRODUÇÃO	42
4.4. MATERIAL E MÉTODOS	43
4.4.1 Local do Experimento	43
4.4.2 Delineamento Experimental	43
4.4.3 Tratos Culturais	44
4.4.4 Parâmetros Avaliados	45
3.4.5 Análise Estatística	45
4.5. RESULTADOS	45
4.5.1 Abundância e Riqueza de Artrópodes Predadores em Milho	45
4.5.2 Abundância e Riqueza de Carabídeos em Milho	48
4.5.3 Médias dos Artrópodes Predadores mais Abundantes em Milho	49
4.5.1 Notas de Injúria de <i>S. Frugiperda</i> em Milho	49
4.6. DISCUSSÃO	50
4.6.1 Artrópodes Predadores em Milho	50
4.6.2 Injúria de <i>S. Frugiperda</i> em Milho	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICES	63
APÊNDICE A	64
APÊNDICE B	65
APÊNDICE C	66
APÊNDICE D	67
APÊNDICE E	68

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] e o milho [*Zea mays* (L.)] possuem a produção limitada, entre outros fatores, pela ação de insetos-praga, que são favorecidos pelo desequilíbrio do ambiente, sendo, frequentemente, uma consequência do próprio sistema de cultivo adotado, baseado no monocultivo extensivo (BARROS, 1996; LANDIS, 1994).

Para minimizar os danos desses insetos-praga, tem-se adotado um conjunto de estratégias visando a proteção das plantas ao ataque de pragas. Tal conjunto compõe o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que engloba grandes áreas, como o controle genético, o desenvolvimento de variedades tolerantes/resistentes, controle cultural e mecânico, com intervenções na área, época de cultivo, controle biológico e o controle químico, aplicado de forma criteriosa e racional, tendo por base o manejo da resistência de insetos a inseticidas.

A utilização do MIP pressupõe a sustentabilidade do agroecossistema, com a utilização dos agentes de controle biológico. Este, através do favorecimento dos inimigos naturais (predadores, parasitoides e patógenos) aproveita as relações ecológicas antagônicas existentes entre os organismos, buscando sempre manter baixo o nível populacional das pragas.

Plantas transgênicas ou plantas geneticamente modificadas (GM), que expressam genes com atividade inseticida, representam alternativa para o controle de insetos, além de serem consistentes com a filosofia do MIP. No entanto, algumas dúvidas em relação à entomofauna têm despertado o interesse dos pesquisadores e dos órgãos de regulamentação. Os principais questionamentos são: a possibilidade de as plantas transgênicas afetarem a dinâmica de fitófagos e predadores (densodependência) e a possibilidade de evolução de resistência de pragas-alvo às proteínas de *Bacillus thuringiensis*, expressas pelas plantas transgênicas continuamente durante todo o ciclo da cultura.

Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar populações de insetos-praga, bem como de seus artrópodes predadores, em sistemas com sucessão de culturas de soja e milho, com o uso de plantas GM.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRINCIPAIS PRAGAS DA SOJA

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja. Na safra 2013/2014 produziu 86,1 milhões de toneladas distribuídas em 30 milhões de hectares por todo o país (CONAB, 2014).

Desde a implantação da cultura da soja no Brasil, a fauna associada à leguminosa aumentou de dez (PANIZZI; CORRÊA-FERREIRA, 1997) para cerca de 37 espécies, entre insetos e outros artrópodes. Na atualidade, verificam-se novas alterações no complexo de pragas e inimigos naturais, como a ocorrência de várias espécies de ácaros fitófagos e da mosca-branca, devido as alterações do manejo da cultura (BUENO et al., 2012a).

Entre os artrópodes desfolhadores da soja, as lagartas (principalmente os noctuídeos) e os coleópteros (principalmente os crisomelídeos) são os mais importantes. Entre estes insetos, destacam-se a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (LEPIDOPTERA: Erebidae), por sua abundância e ocorrência, frequente em todas as regiões do país onde a soja é cultivada, a lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* Walker, 1858 (LEPIDOPTERA: Noctuidae), e algumas espécies do gênero *Spodoptera*. Surtos de coleópteros desfolhadores podem ocorrer, porém apesar de reduzirem a área foliar da soja, raramente atingem populações que possam afetar negativamente a produtividade da cultura. Estão representados especialmente pelos besouros da família Chrysomelidae, compreendendo o complexo de vaquinhas e algumas espécies da família Curculionidae (MOSCARDI et al., 2012).

Além dos noctuídeos e crisomelídeos, a mosca-branca e os ácaros, cujas injúrias diminuem a capacidade fotossintética das plantas, têm causado sérios problemas. Esses artrópodes são observados, principalmente, em lavouras onde ocorre a aplicação abusiva de inseticidas de amplo espectro. Isso pode reduzir ou eliminar o controle biológico natural, agravando o desequilíbrio nestes ambientes e favorecendo a ocorrências de surtos de pragas (ROGGIA, 2010; SIQUEIRA, 2011).

Os percevejos são considerados o principal problema entomológico e econômico da cultura da soja, por atacarem diretamente o produto final. As espécies

Euschistus heros (Fabricius, 1798), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (HEMIPTERA: Pentatomidae) se destacam pelos danos que podem causar à cultura (GALLO et al., 2002; PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012; PANIZZI; SLANSKY JUNIOR, 1985; SOSA-GÓMEZ et al., 2010). O mais importante sugador de sementes, *E. heros*, pode causar danos também em cultivos de milho e algodão, após a colheita da soja. No caso de *Dichelops* sp. (HEMIPTERA: Pentatomidae), que permanece na palhada, os danos podem ocorrer no início da safra, com ataques aos cotilédones. Entretanto, as plantas, aparentemente, são tolerantes ao ataque destes e passam a se desenvolver normalmente, apesar da incidência inicial (PANIZZI; CHOCOROSQUI, 1999).

Na região central do Brasil, além dos insetos sugadores, observa-se uma maior importância do complexo de lagartas. O complexo *Spodoptera* spp. e *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (LEPIDOPTERA: Noctuidae), que tradicionalmente ocorriam somente em cultivos de milho e/ou algodão, agora são encontradas atacando vagens de soja (PANIZZI et al., 2012).

2.2 PRINCIPAIS INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DA SOJA

Os insetos-praga da soja são alvos de outros organismos denominados inimigos naturais e a ocorrência destes na cultura pode depender da região, da época, do ano e das condições climáticas vigentes. Assim, podem controlar as pragas, tornando comumente desnecessárias medidas de controle por inseticidas. Os inimigos naturais podem ser agrupados em entomopatógenos, parasitoides e predadores (GALLO et al., 2002), sendo descritos a seguir os mais importantes (Quadro 1).

Quadro 1 – Inimigos naturais em soja

Tipo de inimigos naturais	Ordem	Familia	Nome científico	Organismo-alvo	
Predadores	Hemiptera	Anthocoridae	<i>Orius</i> sp.	Ovos, pequenas lagartas, pequenas ninfas de percevejos, e outras pragas pequenas	
		Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.		
		Nabidae	<i>Tropiconabis</i> sp.		
		Pentatomidae	<i>Podisus</i> sp.		
	Coleoptera	Carabidae		<i>Lebia concinna</i>	Pragas diversas
				<i>Callida</i> spp.	
				<i>Calosoma granulatum</i>	
				<i>Odontocheila nodicornis</i>	
		<i>Tetracha brasiliensis</i>			
Parasitoides	Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Microcharops</i> spp.	Lagartas pequenas de <i>A. gemmatalis</i>	
		Trichogrammatidae	<i>Trichogramma</i> spp	Ovos de <i>A. gemmatalis</i>	
		Encyrtidae	<i>Copidosoma truncatellum</i>	Lagartas de <i>P. includens</i>	
			<i>Hexacladia smithii</i>	Adultos de <i>E. heros</i>	
	Platygastridae	<i>Trissolcus basalís</i>	Ovos de percevejo		
		<i>Telenomus podisi</i>			
	Diptera	Tachinidae	<i>Patelloa similis</i>	Lagartas grandes de <i>A. gemmatalis</i>	
			<i>Trichopoda nitens</i>	Percevejos adultos	
Entomopatógenos	Tipo de organismo		Nome científico	Alvo	
	Vírus		<i>Baculovirus</i> (VPNAg)	Lagartas de <i>A. gemmatalis</i>	
	Bactéria		<i>Bacillus thuringiensis</i>	Lagartas	
	Fungo		<i>Nomuraea rileyi</i>		
			<i>Paecilomyces tenuipes</i>		
			<i>Zoophtora radicans</i>	Lagartas de <i>C. includens</i>	
			<i>Pandora gammae</i>	Coleópteros desfolhadores e percevejos	
			<i>Beauveria bassiana</i>		
			<i>Metarhizium anisopliae</i>	Percevejos e moscas-brancas	
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>					

Fonte: Adaptado de Hoshino (2010)

Os predadores são entomófagos e dependendo da espécie não mantêm relação de dependência com suas presas. Atacam indivíduos de uma ou mais espécies, ou seja, não são específicos (DIEHL; JUNQUETTI, 2006) quando comparados com os parasitoides.

Os parasitoides são mais utilizados que os predadores, no controle biológico aplicado, por serem mais específicos aos insetos alvos, de forma que dependem do hospedeiro para completar seu ciclo biológico. Na cultura da soja, os parasitoides mais utilizados são: *Trissolcus basalís* (Wollaston) e *Telenomus podisi* (Ashmead) (HYMENOPTERA: Platygastridae) sendo criados em laboratório, para soltura em campo. Estes parasitoides de ovos

de percevejos são utilizados para controlar *N. viridula* e *E. heros*, respectivamente (BUENO et al., 2012b).

2.3 PRINCIPAIS PRAGAS DO MILHO

No Brasil, na safra de 2013/2014, a área total cultivada com milho chegou a 15,7 milhões de hectares, com produção de 77,9 milhões de toneladas (CONAB, 2014). A produção de milho no Brasil tem se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de cultivo. Os cultivos de verão, ou primeira safra, são realizados durante o período chuvoso, e a safrinha, ou segunda safra, refere-se ao milho não irrigado, semeado em fevereiro ou março, após soja precoce; este cultivo predomina na região Centro-Oeste e nos Estados do Paraná e São Paulo (EMBRAPA, 2012).

Com a expansão da área da cultura do milho houve um aumento dos problemas entomológicos, os quais podem afetar significativamente o potencial produtivo. Desse modo, é possível encontrar em determinada região ou ano agrícola a presença de espécies pragas com capacidade de danificar a semente, logo após a semeadura, ou a plântula antes ou após a emergência. Em função da espécie de inseto e da época de ataque, pode não ocorrer à morte da planta e sim uma redução parcial da capacidade de produção. Contudo, ataques por mais de uma espécie de praga são possíveis causando danos e perdas elevadas à cultura (CRUZ et al., 1997).

Neste contexto, Gassen (1986) considera que a ocorrência de pragas na lavoura é regulada por vários fatores, destacando-se o clima, a sucessão de culturas, o manejo do solo, o uso de inseticidas e a ocorrência de inimigos naturais. Esses fatores podem influenciar, de forma isolada ou associada, dificultando a explicação dos fenômenos relacionados à ocorrência de surtos de pragas nas lavouras.

Das pragas ocorrentes no milho, destaca-se como a mais importante a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: Noctuidae), pela prevalência nas áreas de cultivo, tanto no cultivo de primeira safra como em segunda safra, ocorrendo em todo o Brasil, além do fato de a praga atacar tanto no estágio vegetativo como reprodutivo da cultura (CRUZ, 1995; EMBRAPA, 2012). Cruz (1995) afirma que os prejuízos causados por insetos às lavouras não estão relacionados à ausência de tratamento fitossanitário, pois o número de aplicações tem aumentado ao longo dos anos. Em algumas regiões, é comum a utilização de mais de cinco aplicações de inseticidas durante a safra. No

momento, a preocupação é com a ocorrência de populações resistentes aos mesmos, verificada em algumas regiões, e a diminuição da diversidade de agentes de controle biológico, em consequência do uso inadequado dos agrotóxicos.

Outra praga de importância na cultura do milho é a lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*), principalmente no caso de produção de milho verde e milho doce, visto que o dano está relacionado mais com o aspecto visual do produto; as infestações podem ser superiores a 90% (PINTO; PARRA; OLIVEIRA, 2004).

No Rio Grande do Sul e no Paraná, têm se verificado aumento na incidência de *Dichelops furcatus* (Fabricius, 1775) e *D. melacanthus* (Dallas, 1851) (HEMIPTERA: Pentatomidae) respectivamente, em milho e trigo, o que tem preocupado pela possibilidade de maior densidade populacional desses percevejos no cultivo seguinte de soja (MANFREDI-COIMBRA et al., 2005; SALVADORI; PEREIRA; CORRÊA- FERREIRA, 2007). A disponibilidade contínua de alimento a esses insetos-praga impacta na sua flutuação populacional, favorecendo o crescimento dos mesmos e a migração ao longo do desenvolvimento das culturas (PANIZZI et al., 2012).

2.4 PRINCIPAIS INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DO MILHO

Os inimigos naturais quando favorecidos por manejos mais ecológicos e condições ambientais, podem exercer controles significativos sobre determinadas pragas. Os mais variados tipos ocorrem na cultura do milho podendo ser agrupados em: predadores, parasitoides e entomopatógenos; sendo descritos por diversos autores como Pinto; Parra e Oliveira (2004), Embrapa (2012), Carneiro et al. (2004), Cruz (2007). Os de maior importância podem ser visualizados no quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Inimigos naturais ocorrentes na cultura do milho.

Tipo de inimigo natural	Ordem	Familia	Nome científico	Organismos-alvo	
Predadores	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i>	Pulgões, ácaro, ovos e lagartas de primeiros instares.	
			<i>Hippodamia convergens</i>		
			<i>Scymnus</i> sp.		
			<i>Stethorus</i> sp.		
			<i>Coleomegilla maculata</i>		
			<i>Eriopis connexa</i>		
			<i>Olla v-nigrum</i>		
			<i>Hyperasps</i> sp.		
	Carabidae	<i>Calosoma</i> sp.	Pragas diversas		
		<i>Lebia conccina</i>			
		<i>Selenophorus</i> sp.			
	Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla externa</i>	Pulgões, ácaros, cochonilhas, ninfas de cigarrinhas, tripes, ovos e larvas pequenas de lepidópteros, ovos e larvas de besouros, larvas de dípteros e até fases imaturas de outros inimigos naturais.	
			<i>Ceraeochrysa caligata</i>		
		Hemerobiidae	<i>Nusalala tessellata</i>		
		Myrmeleontidae	<i>Myrmeleon brasiliensis</i>		
	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Podisus</i> sp.	Pragas diversas.	
			Reduviidae		<i>Zelus</i> sp.
		<i>Heza</i> sp.			
		Anthocoridae	<i>Orius</i> sp.	Ovos, pequenas lagartas, tripes, ácaros e pulgões.	
		Lygaeidae	<i>Geocoris</i> sp.		
Nabidae		<i>Nabis</i> sp.	Pulgões, ovos de mariposas e lagartas.		
Dermaptera	Forficulidae	<i>Doru luteipes</i>	Ovos, pequenas lagartas, pupas de pequenos lepidópteros, e pulgões.		
		<i>Doru lineare</i>			
	Labiduridae	<i>Euborelia annulipes</i>			
Diptera	Syrphidae	<i>Allograpta</i> sp.	Pulgões		
Parasitoides	Hymenoptera	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Ovos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , <i>Helicoverpa zea</i> e <i>Diatraea saccharalis</i>	
			<i>Trichogramma atopovirilia</i>		Ovos de <i>S. frugiperda</i>
			<i>Trichogramma galloi</i>		Ovos de <i>D. saccharalis</i>
		Platygastridae	<i>Telenomus remus</i>	Ovos de <i>S. frugiperda</i>	
		Encyrtidae	<i>Ooencyrtus</i> sp.	Ovos de <i>Leptoglossus zonatus</i>	
		Braconidae	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	Pulgões	
			<i>Aphidius</i> spp.		
			<i>Aphelinus</i> spp.		
<i>Chelonus insularis</i>	Ovos de <i>S. frugiperda</i> , <i>S. exigua</i> , <i>H zea</i> , <i>Elasmopalpus lignosellus</i>				

			<i>Exasticolus fuscicornis</i>	Lagartas jovens de <i>S. frugiperda</i>	
			<i>Apanteles</i> sp.	Lagartas de <i>Agrotis</i> sp.	
			<i>Cotesia flavipes</i>	Lagartas de <i>D. saccharalis</i>	
			<i>Centistes</i> spp.	<i>Diabrotica speciosa</i>	
		Chalcididae	<i>Spilochalcis</i> sp.	Lagartas de <i>Mocis latipes</i>	
		Ichneumonidae	<i>Enicospilus</i> sp.	Lagartas de <i>S. frugiperda</i>	
			<i>Eiphosoma</i> sp.		
			<i>Ophion</i> sp.		
			<i>Diadegma</i> sp.		
			<i>Campoletis</i> sp.	Lagartas jovens de <i>S. frugiperda</i>	
	Diptera	Tachinidae	<i>Archytas</i> sp.	Lagartas grandes	
					<i>Patelloa</i> sp.
				<i>Celatoria</i> spp.	Aduto de <i>D. speciosa</i>
				<i>Trichopoda</i> sp.	Adulto de <i>Nezara viridula</i>
Entomopatógenos	Tipo de organismo		Nome científico	Organismos- alvo	
	Vírus		<i>Baculovirus</i> (VPNSf)	Lagartas de <i>S. frugiperda</i>	
	Bactéria		<i>Bacillus thuringiensis</i>		
	Fungo		<i>Beauveria bassiana</i>		
			<i>Beauveria globulifera</i>		
			<i>Nomuraea rileyi</i>		
<i>Botrytis rileyi</i>					

Fonte: Adaptado de Hoshino (2010)

Segundo Embrapa (2012), dos insetos predadores na cultura do milho, merecem destaque, por sua importância, os dermápteros, pela predação da lagarta-do-cartucho. Em lugares onde existe o equilíbrio biológico, o controle natural, através de *Trichogramma* sp (HYMENOPTERA: Trichogrammatidae), *Doru* spp. (DERMAPTERA: Forficulidae) ou de espécies de *Orius* sp (HEMIPTERA: Anthocoridae) tem sido suficiente para manter a lagarta-do-cartucho-do-milho em nível populacional baixo, sem causar dano econômico.

Em 1991, Bianco destacou que poucos foram os casos de controle biológico aplicados para *S. frugiperda*, até então. Contraditoriamente, a lista de inimigos naturais desta praga é extensa. Já em 2003, Frizzas fez avaliações nos cultivos de verão e inverno, utilizando diferentes tipos de armadilhas (alçapão, bandeja d'água, cartão adesivo e rede de varredura). Entre os predadores, observou-se *Lebia concinna* (Brullé, 1838), *Selenophorus* sp. (COLEOPTERA: Carabidae), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) *Eriopis connexa* (Germar, 1824), *Hyperaspis* sp. (COLEOPTERA: Coccinellidae), *Geocoris* sp. (HEMIPTERA: Lygaeidae), *Allograpta* sp. (DIPTERA: Syrphidae), *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (NEUROPTERA: Chrysopidae), *Nusalala tessellata* (Gerstaecker, 1888)

(NEUROPTERA: Hemerobiidae), *Myrmeleon brasiliensis* (Navás) (NEUROPTERA: Myrmeleontidae), *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (DERMAPTERA: Forficulidae) e aranhas. Dentre os parasitoides, destacaram-se as famílias Chalcididae e Braconidae e as espécies *Archytas* sp. (DIPTERA: Tachinidae), *Campoletis sonorensis* (Cameron) (HYMENOPTERA: Ichneumonidae). No entanto, estudos básicos de biologia e comportamento destes insetos são imprescindíveis para a aplicabilidade do controle biológico (PASINI et al., 2010).

2.3 PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS (GM)

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de plantas geneticamente modificadas (GM), com uma área de produção de 40,3 milhões de hectares (JAMES, 2013). Atualmente, no Brasil existem quatro culturas aprovadas, liberadas e já comercializadas com eventos transgênicos, são elas: algodão, milho, feijão e soja (CÉLERES, 2013).

Desde a comercialização do milho Bt em 2008, o Brasil tem aumentado a taxa de produção por meio do cultivo com plantas transgênicas mais que qualquer outro país, com um recorde de sete milhões de hectares ao ano (JAMES, 2013). A busca constante por novas tecnologias tem sido recorrente, o que força as empresas detentoras das tecnologias geneticamente modificadas a inovar cada vez mais, diminuindo a vida útil dos eventos transgênicos ao longo dos anos (CÉLERES, 2013).

A cultura da soja lidera o mercado com a tecnologia RR (tolerante a herbicida Round up Ready) em 64,5% do total da área cultivada com soja, com uma queda de 0,6% em relação ao ano de 2012, devido à mudança de alguns sojicultores para a tecnologia com dois eventos (resistente a determinadas espécies de lagartas e tolerante ao herbicida glifosato, mais conhecida como Bt RR2). Em seguida aparece o milho, no qual somando-se as safras verão e inverno, perfaz 31,2% do total da área com culturas GM no Brasil (CÉLERES, 2013).

A pesquisa em melhoramento genético, seja de forma tradicional ou com a utilização de biotecnologia, sempre enfrentará novos desafios. No caso da soja brasileira, a grande expansão da área nos últimos anos contribuiu para o surgimento de problemas relevantes, relacionados, por exemplo, com doenças, insetos e plantas daninhas, tanto em áreas tradicionais como nas novas fronteiras agrícolas. Diante disso, o melhoramento genético, visando superar esses problemas, normalmente, representa caminho fundamental para permitir a manutenção da competitividade, frente aos competidores internacionais

(ROESSING; LAZZAROTTO, 2005).

2.3.1 Interação de Plantas GM com Artrópodes Não-Alvo

As plantas geneticamente modificadas (GM), que resistem a determinadas espécies de insetos pela expressão do gene de *Bacillus thuringiensis* (Bt) são consideradas pelos produtores um manejo de pragas alternativo (FERNANDES et al., 2007). Culturas como soja, milho, algodão, batata e fumo, têm sido modificadas geneticamente, para expressar as proteínas derivadas de *B. thuringiensis* (Berliner) e são utilizadas em escala comercial em vários países (JAMES, 2006).

No Brasil a primeira liberação de cultivo comercial de plantas Bt foi com o algodão Bollgard™ 531, que ocorreu em 2005. No entanto, além dessa liberação, o país apresenta 13 de um total de 21 eventos com a comercialização autorizada de plantas geneticamente modificadas com a tecnologia Bt no mundo (SOSA- GOMÉZ et al., 2012), sendo as principais milho MONTM 810 (toxina Cry1Ab, 2007) que confere à planta resistência a *S. frugiperda* e a soja resistente a determinadas espécies de insetos e tolerante ao herbicida glifosato MON 87701 (cry1Ac) x MON 89788 (cp4 epsps)(CTNBIO, 2014).

Após essas liberações, estudos se fazem necessários não somente com a eficiência agrônômica das plantas GM, mas também com os efeitos dessas sobre os inimigos naturais e outros artrópodes não-alvo, associados a estas culturas (CONNER; GLARE; NAP, 2003). As plantas Bt já completam mais de uma década no controle de espécies de lepidópteros, tendo contribuído na redução dos impactos causados pela aplicação de inseticidas sobre o ambiente e, muito importante, no auxílio ao controle de outras pragas, que eram favorecidas pela eliminação de seus inimigos naturais pelos inseticidas químicos (SOSA- GÓMEZ et al., 2012).

Para se avaliar impacto, efeitos ou riscos de plantas GM em organismos não-alvo, é necessário considerar o taxón a ser estudado, qual guilda ecológica este pertence, rota de exposição desse organismo à toxina Bt. Naranjo (2009), em uma revisão de literatura dos efeitos de plantas GM (algodão e milho Bt) sobre invertebrados não-alvo, apresenta resultados de 360 trabalhos que verificaram principalmente em artrópodes, pouco ou nenhum impacto negativo sobre a biologia e ocorrência destes.

Com a utilização da tecnologia Bt algumas mudanças ocorrem sobre organismos não-alvo, em relação ao “status” das pragas atuais ou o surgimento de novas

pragas. Estes efeitos adversos das plantas transgênicas podem ocorrer pela exposição contínua do organismo às toxinas Cry ou por efeitos pleiotrópicos (mudanças ocasionais na planta de forma não intencional). Como exemplo, algumas variedades de milho Bt que apresentaram maiores teores de aminoácidos, em comparação às variedades não-transgênicas, contribuem para o aumento significativo da densidade populacional do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (FARIA et al., 2007). Dessa forma, como consequência de efeitos pleiotrópicos, insetos, muitas vezes considerados pragas secundárias para a cultura, podem se tornar primárias. Se estas causarem malefícios ao agroecossistema, demandarão o uso de inseticidas na cultura, anteriormente não utilizados.

Em plantas de algodão, a inserção de genes da bactéria *B. thuringiensis* promove alterações nos compostos secundários liberados, interferindo na interação inseto-planta (JALLOW et al., 1999; YAN et al., 2004). De acordo com Yan et al. (2004), plantas de algodoeiro Bt produzem uma quantidade maior de α -pineno e β -pineno do que o algodoeiro não-Bt. Desta forma, diferenças na composição química dos voláteis produzidos constitutivamente, ou em resposta à herbivoria, podem alterar a atratividade de plantas para algumas espécies de artrópodes predadores, ou torná-las de baixa qualidade. Entretanto, em laboratório, estes efeitos não foram observados para o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (ACARI: Tetranychidae) e o seu predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1904) (ACARI: Phytoseiidae) em algodão Bt Bollgard™ (ESTEVEZ FILHO et al., 2010).

Estudos realizados em laboratório e casa-de-vegetação têm revelado efeitos em inimigos naturais quando a praga suscetível ao Bt é usada como presa ou hospedeiro, sem nenhuma indicação de efeito tóxico. Em campo, observou-se que a abundância e a atividade de predadores e parasitoides são similares em áreas com e sem transgênicos. Entretanto, em áreas com aplicação de inseticidas, observaram-se efeitos negativos sobre esses organismos (ROMEIS; MEISSLE; BIGLER, 2006).

Como os predadores são importantes agentes de controle natural, atenção especial tem sido dada aos possíveis efeitos das plantas GM sobre estes artrópodes (GLARE; O'CALLAGHAN, 2000). Nas espécies de predadores, tanto o adulto como as fases imaturas são de vida livre. Em função da mobilidade e da gama de hospedeiros, os predadores são geralmente menos afetados pela redução na abundância de uma espécie de presa em particular (SCHULER et al., 1999a).

Em campo, existe a exposição contínua de organismos não-alvo às toxinas Bt provenientes de plantas GM; evidenciado por Harwood, Wallin e Obrychi (2005) que

verificaram a presença da endotoxina Cry no trato digestório de insetos não-alvo de milho Bt. No caso de parasitoides e/ou predadores, a exposição a toxina Bt pode ocorrer por duas rotas: ao se alimentar/parasitar presas/hospedeiros contaminados pela toxina Bt ou se alimentar diretamente de substratos da planta GM (pólen, néctar ou seiva da planta) (DUTTON; ROMEIS; BIGLER, 2003).

Naranjo (2005), em estudo de cinco anos a campo, verificou que o algodoeiro Bt, comparado com a cultivar convencional, causou efeitos negativos nos predadores: *Nabis alternatus* (Parshley, 1922) (HEMIPTERA: Nabidae) e *Geocoris punctipes* (Say, 1832) (HEMIPTERA: Lygaeidae), sendo afetados indiretamente pela redução da praga-alvo ou pela ingestão direta da toxina Bt na planta. A joaninha *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville, 1842) (COLEOPTERA: Coccinellidae) foi afetada pelo consumo de néctar e pólen das plantas e moscas *Drapetis divergens* (Loew, 1872) (DIPTERA: Empididae) que na fase de larva, ingerem toxina Bt de presas que habitam o solo e, assim foram afetadas nesse período, não chegando a vida adulta.

Em laboratório, Santos et al. (2010) observaram a redução do período ninfal do predador *D. luteipes*, pela alimentação destas exclusivamente com lagartas de *S. frugiperda* em folhas de milho Bt, expressando as toxinas Cry1Ab. As ninfas do predador podem ter a capacidade de reduzir o ciclo de desenvolvimento, estando menos suscetíveis a fatores bióticos e abióticos de mortalidade. Porém, também foi observada uma deficiência nutricional nas presas, acarretando numa menor viabilidade de ninfas, pois as lagartas de *S. frugiperda* tiveram tamanho e biomassa muito reduzidos (MENDES et al., 2009).

Bitzer, Buckelew e Pedigo (2002) observaram que, independente do cultivo ser com soja GM ou convencional, a população de pragas sofre maiores variações em função das práticas de manejo do solo e da composição da flora espontânea. A população de inimigos naturais como *Calosoma granulatum* (Perty, 1830) (COLEOPTERA: Carabidae), *Tropiconabis capsiformis* (Germar, 1838) (HEMIPTERA: Nabidae) e *E. connexa* sofreram variações em função do manejo das plantas daninhas no local, sendo realizado nenhum tipo de controle, o controle mecânico ou químico, e do uso da cultivar de soja “CD 214RR” (tolerante a herbicida) (BRONDANI et al., 2008).

Características dos besouros da família Carabidae, como a distribuição, a alimentação e a importância de serem predadores generalistas os tornam essenciais na avaliação dos efeitos inesperados das culturas transgênicas. Em Iowa, nos EUA, por exemplo, foi testado o efeito de plantas Bt e as aplicações de inseticidas sobre populações de

Carabidae. O impacto do uso de inseticidas foi mais relevante do que os efeitos de plantas Bt sobre a espécie *Harpalus pensylvanicus* (LOPEZ et al., 2005).

3. ARTIGO A: ARTRÓPODES PREDADORES E INSETOS-PRAGA EM SOJA, EM SISTEMA DE SUCESSÃO SOJA-MILHO, COM PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS

3.1. RESUMO

Uma opção atual para o controle de determinadas espécies lepidópteros-praga da soja são as plantas geneticamente modificadas (GM), com genes de resistência a insetos. Isto implica em estudos sobre o impacto desta tecnologia sobre organismos benéficos e também a evolução de resistência de insetos-praga às proteínas de Bt. Desta forma, objetivou-se avaliar populações de artrópodes predadores e insetos-praga em soja, em sistema de sucessão soja-milho, com o uso de plantas GM. Foram avaliados experimentos em dois anos agrícolas, em que os tratamentos foram compostos pela combinação de três genótipos de soja (a cultivar BRS284 e suas linhagens derivadas RR e Bt RR2) cultivados na primeira safra, seguidas por dois híbridos de milho (um Bt e outro não-Bt) cultivados em segunda safra, perfazendo seis tratamentos, nos quais houve controle de pragas apenas quando foi atingido o nível de controle. Em um sétimo tratamento (T7) foi utilizada a linhagem de soja RR, seguida de milho Bt. Neste tratamento, o manejo de pragas foi realizado de forma “calendarizada”. Para as amostragens de insetos-praga, foram utilizados panos de batida e para os artrópodes predadores armadilhas de queda. Nas avaliações por armadilhas de queda, verificou-se maior abundância das ordens Araneae, Neuroptera e Coleoptera, nos dois anos agrícolas. Houve destaque para as aranhas, com frequência igual ou superior a 76%. Dentre os coleópteros, Carabidae e Staphylinidae foram mais frequentes, com destaque para *Notiobia chalcites* e *Scarites sp.* Nas avaliações pelo pano de batida, verificou-se maior abundância para *Lebia sp* e *Geocoris sp.* De maneira geral, verificou que não houve diferenças significativas na abundância dos predadores entre os tratamentos, indicando que a tecnologia da soja Bt não altera a composição dos inimigos naturais encontradas neste trabalho a curto prazo (2 anos agrícolas). Na soja Bt houve redução na densidade populacional de lagartas alvo e não-alvo e aumento dos besouros desfolhadores e *Euschistus heros*, portanto atenção deve ser dada a estes organismos não-alvo.

Palavras-chave: OGM, inimigos naturais, organismos-nao-alvo.

3.2. ABSTRACT

A current option for lepidopteran pest control soybeans are genetically modified (GM) plants with insect resistance genes. This involves studies on the impact of technology on beneficial and also the evolution of insect resistance to Bt proteins plague. Thus, this study aimed to evaluate populations of predators and pests in soybean in succession system soybean-corn, with the use of GM plants. Experiments were evaluated in both years, in which treatments were composed by the combination of three soybean genotypes (cultivar BRS284 and its derived lines RR and Bt RR2) grown in a first season, followed by two corn hybrids (one Bt and other non -bt) grown in the second season, making six treatments in which there was pest control only when it reached the level of control. In treating a seventh (T7) was used soybean line RR, followed by Bt. In this treatment, pest management was carried out in a scheduled way. For sampling of insect pests, were used beat cloths and arthropods predators pitfall traps. In the evaluations by pitfall traps, there was greater abundance of orders Araneae, Coleoptera

and Neuroptera, in two seasons. There was especially spiders, often less than 76%. Among the Coleoptera, Carabidae and Staphylinidae were more frequent, especially *Notiobia chalcites* and *Scarites* sp. In the evaluations by the beat of cloth, there was greater abundance to *Lebia* sp and *Geocoris* sp. In general, there was no significant differences in the abundance of predators between treatments, indicating that Bt soybean technology does not change the composition of natural enemies in the short term (2 seasons). In Bt soybean decreased in population density tracked target and non-target and increased defoliation beetes and *Euschistus heros*, so attention should be given to these non-target organisms.

Key words: GM, natural enemies, non target organisms

3.3. INTRODUÇÃO

A cultura da soja apresenta diversas espécies de artrópodes, causadoras de danos, que reduzem a produtividade ou diminuem a qualidade de grãos e sementes (GALLO et al., 2002; SOSA-GOMÉZ et al., 2010). Com o objetivo de minimizar os problemas decorrentes destas pragas e reduzir a utilização de inseticidas, implementou-se o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que preconiza a integração de diversas táticas de controle (KOGAN, 1998; BUENO et al., 2012a). Uma dessas é a tecnologia de plantas geneticamente modificadas (GM), resistentes a determinadas espécies de pragas.

Atualmente, as plantas transgênicas, resistentes a algumas espécies de lagartas, contêm genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) que codificam toxinas letais para determinados grupos de insetos (POLANCZYK et al., 2003). As plantas Bt apresentam um potencial de minimizar perdas causadas por pragas-alvo, principalmente da ordem Lepidoptera, bem como, reduzir o uso de inseticidas (FRIZZAS; OLIVEIRA, 2006).

Uma vez que as plantas são a base das relações tritróficas, elas podem influenciar biologicamente as pragas e inimigos naturais ocorrentes (HOY; HERZOG, 1985; SCHULER et al, 1999a). Sabendo-se que os herbívoros irão se alimentar de plantas GM, e, portanto ingerir proteínas Bt, é fundamental avaliar a interação planta-praga-inimigos naturais (VAN EMDEN, 1991; SCHULER et al, 1999b), preservando-se assim a sustentabilidade dos agroecossistemas. Neste sentido, o uso desta tecnologia proporciona questionamentos quanto ao impacto sobre organismos benéficos e também a evolução de resistência de insetos-praga às proteínas de Bt, devido a expressão ocorrer em toda a planta, durante todo o ciclo da cultura, e sucessivamente entre culturas.

Dentre os organismos benéficos, os artrópodes predadores encontrados no solo de culturas agrícolas pertencem, basicamente, aos grupos das aranhas, tesourinhas, carabídeos e estafilínídeos (STINNER; HOUSE, 1990; SOTHERTON, 1984). Lövei e Sunderland (1996) complementam que os carabídeos são considerados os mais importantes,

devido à sua natureza predatória em regiões de clima temperado (CLARK et al., 1994; MENALLED ; LEE; LANDIS., 1999). Assim, faz-se necessário conhecer a resposta destes organismos não-alvo sobre o uso de culturas GM.

Na maioria dos estudos sobre os efeitos dessas plantas em inimigos naturais não se observou toxicidade direta da proteína, quando a praga suscetível ao Bt é usada como presa ou hospedeiro. Em campo, observou-se que a abundância e a atividade de predadores e parasitoides são similares em áreas com e sem transgênicos. Entretanto, em áreas com aplicação de inseticidas, observaram-se a diminuição da abundância desses organismos (ROMEIS; MEISSLE; BIGLER, 2006). Em Iowa, por exemplo, foi testado o efeito de plantas Bt e as aplicações de inseticidas sobre populações de Carabidae, porém foi mais relevante o impacto do uso de inseticidas do que os efeitos de plantas Bt sobre a espécie *Harpalus pensylvanicus* (Degeer, 1774) (COLEOPTERA: Carabidae) (LOPEZ et al., 2005).

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar a ocorrência de artrópodes predadores e insetos-praga em soja em sistema de sucessão soja-milho, com o uso de plantas GM.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Local do experimento

O experimento foi na Embrapa- Soja, na região do norte do Paraná, 23°11'18.34"S e 51°10'48.14"O, altitude aproximada de 599 metros. Segundo a classificação de Köppen (1979), o clima é do tipo subtropical úmido (Cfa). A média anual da temperatura é de 20,9° C e da precipitação pluviométrica de 1.615 mm. A área do experimento era conduzida com rotação de culturas leguminosas e gramíneas como soja, milho, girassol e trigo, há mais de 10 anos. Antes de iniciar a sucessão soja-milho do experimento, a área total continha girassol.

3.4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com efeito de ano, como subparcela, utilizando-se de quatro repetições, sendo cada uma composta por parcela de 18x18m (APÊNDICE A). Os tratamentos foram compostos pela combinação de três genótipos de soja (a cultivar BRS284 e suas linhagens derivadas RR e Bt RR2, sendo as cultivares BRS284RR e a BRS1001Pro, respectivamente), cultivados na primeira safra com

dois híbridos de milho (um Bt e outro não-Bt), cultivados em segunda safra, perfazendo seis tratamentos, nos quais houve controle de pragas apenas quando foi atingido o nível de controle, ou seja, seguiu-se o MIP. Em um sétimo tratamento (T7), foi utilizada a linhagem de soja RR, seguida de milho Bt. Neste, o manejo de pragas foi realizado de forma “calendarizada”, com pulverizações em aproveitamento de outras operações como a aplicação de herbicidas e de fungicidas (aplicações simultâneas) (Tabela 4.1).

Tabela 3.1. Sucessão de cultivares de soja e híbridos de milho, utilizados para os tratamentos do experimento nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Londrina, PR.

Tratamentos		1º ano agrícola		2º ano agrícola	
		2012/13		2013/14	
		Soja ¹	Milho ²	Soja	Milho
SC/MC	MIP	não-GM	não-Bt	não-GM	não-Bt
SC/MBt	MIP	não-GM	Bt	não-GM	Bt
SRR/MC	MIP	RR	não-Bt	RR	não-Bt
SRR/MBt	MIP	RR	Bt	RR	Bt
SBt/MC	MIP	Bt RR2	não-Bt	Bt RR2	não-Bt
SBt/MBt	MIP	Bt RR2	Bt	Bt RR2	Bt
Produtor	Calendário	RR	Bt	RR	Bt

¹Soja não-GM refere-se a cultivar BRS 284, não transgênica e RR, Bt RR2 suas linhagens derivadas.²Milho não-GM refere-se ao híbrido Balu 188[®] e milho GM ao DKB 330 Pro[®].

A linhagem de soja RR contém o gene *cp4-epsps*, que confere tolerância ao herbicida glifosato. A linhagem de soja Bt RR2 contém o gene *cry1Ac*, que confere tolerância às principais espécies de lagartas-praga da soja, *A. gemmatilis* e *C. includens*. O híbrido DKB 330 VT Pro[®] de milho Bt, contém o gene *cry1Ab*, que confere tolerância à *Spodoptera frugiperda*.

3.4.3 Tratos culturais

O estudo foi desenvolvido por dois anos agrícolas, 2012/13 e 2013/14, sendo que as épocas de plantio condizem com as recomendações técnicas de cada cultura. A semeadura de soja, no primeiro ano agrícola, foi realizada no dia 05/10/2012 e, no segundo ano agrícola, no dia 15/10/2013. A densidade de semeadura foi de 20 sementes/ metro linear e o espaçamento de entrelinhas de 0,50 m. Realizou-se adubação em linha, com 250 kg/ha de fertilizante mineral da fórmula NPK 00:20:20. As sementes foram tratadas com fungicida

Vitavax-thiram 200SC[®] com dose de 3mL/kg e inoculadas com 2mL/kg de inoculante Atmo[®] na concentração de $5,0 \times 10^9$ UFC/mL.

Os milhos híbridos Balu 188[®] (não-GM) e DKB 330 VT Pro[®] (GM), no primeiro ano agrícola, foram semeados em 16/02/2013 e no segundo ano agrícola em 26/02/2014. A densidade de semeadura foi de 5 sementes/metro linear e o espaçamento entrelinhas de 0,80 m. Realizou-se adubação em linha, no momento do plantio com 250 kg/ha de NPK na fórmula 8:28:16, mais N em cobertura no estágio de V4 com 150 kg de ureia/ ha. O manejo fitossanitário das culturas consta nos APÊNDICES B e C.

3.4.4 Parâmetros avaliados

Foram realizadas avaliações quinzenais, para a coleta de artrópodes predadores que habitam o solo, com armadilhas de queda (“pitfall”). As armadilhas foram compostas por um recipiente plástico com 12 cm de diâmetro na base, 14 cm de diâmetro na abertura e 9 cm de profundidade. Cada armadilha continha aproximadamente 300 mL de solução aquosa com 1% de formol e 0,1% de detergente. Sobre a armadilha foi instalada uma cobertura, em PVC, com 19 cm de diâmetro, posicionada a aproximadamente 5 cm de altura do solo (APÊNDICE D). Quatro armadilhas, distanciadas em seis metros entre si (APÊNDICE E), foram instaladas no centro de cada parcela, por 72 horas. Os artrópodes capturados foram mantidos em etanol a 70% até serem identificados e quantificados.

Semanalmente, avaliou-se a densidade populacional de insetos-praga e predadores pelo método do pano-de-batida, conforme Corrêa-Ferreira (2012), com quatro sub- amostras por parcela. A partir desses dados foi calculado o índice IAD (insetos acumulados diários), que considera a densidade populacional diária acumulada de indivíduos e representa a pressão de ataque de pragas ao longo do período amostral. O índice IAD foi calculado pela seguinte equação (eq. 1):

$$IAD = \sum 0,5 \times (P_n + P_{n+1}) \times D$$

onde, P_n refere-se o número de indivíduos na amostragem da data n , P_{n+1} refere-se ao número de indivíduos na amostragem da data seguinte; D é o tempo em dias entre as duas datas de amostragem. O procedimento é aplicado a todas as amostragens de datas sucessivas e os valores parciais são somados para resultar no IAD. Este índice é comumente empregado para analisar dados de densidade populacional de ácaros, insetos, predadores e entomopatógenos, em resposta a aplicação de agrotóxicos em diversos cultivos (BEERS et al., 2005; KOCH; POTTER; RAGSDALE, 2010).

3.4.5 Análise estatística

Os valores de IAD e a média de artrópodes predadores de cada ano agrícola foram submetidos à análise exploratória, para verificação dos pressupostos (homogeneidade e homocedasticidade, assimetria e curtose) da análise de variância (ANOVA). A análise conjunta foi possível quando a razão entre o maior quadrado médio do resíduo dividido pelo menor resulta em um valor menor que sete nos dois anos agrícolas e, dessa forma, os tratamentos foram comparados por meio de Tukey.

3.5. RESULTADOS

3.5.1. Abundância e riqueza de artrópodes predadores em soja

No primeiro ano agrícola de soja foram amostrados 3635 indivíduos distribuídos em 14 táxons. As ordens de artrópodes mais frequentes foram Araneae (76,15%), Coleoptera (16,75%) e Dermaptera (4,21%) e os demais táxons apresentaram 2,89%. Na ordem Coleoptera houve predomínio de Carabidae, com 13,81%, Staphylinidae e Coccinellidae com 2,7 e 0,25%, respectivamente (Tabela 3.2).

No segundo ano agrícola foram coletados 3159 indivíduos, em 13 táxons, sendo que Araneae (80,94%), Coleoptera (11,24%) e Dermaptera (2,88%) as mais frequentes e os demais táxons apresentaram 4,94%. Observou-se as famílias Carabidae com 7,15%, Staphylinidae com 3,99% e Coccinellidae com 0,09%, pertencentes a ordem coleoptera.

O maior número de indivíduos foi encontrado no primeiro ano agrícola, embora os táxons mais frequentes foram os mesmos para ambas. Entretanto, alguns foram de ocorrência exclusiva para cada ano. Com frequência baixa, as famílias Sphecidae (0,06%), Syrphidae (0,03%) e Vespidae (0,03%) ocorreram somente na primeira, enquanto que Anthocoridae (0,13%) e Nabidae (0,03%) foram encontradas somente na segunda.

Em relação aos tratamentos, em 2012/13, no SC/MBt verificou-se maior abundância, com 792 indivíduos e o SBt/MBt foi o mais rico com 12 táxon. Em 2013/14, o SRR/MC foi o mais abundante com 510 indivíduos. Maior riqueza foi verificada em SC/MBt e SRR/MC com 11 táxons. Em ambos os anos agrícolas, Araneae contribuiu para maior abundância nos tratamentos (T2= 648, T3= 424).

Tabela 3.2. Total de artrópodes predadores coletados por armadilhas “pitfall” em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Anos agrícolas 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Ordens e famílias de predadores	Total ¹ de predadores por tratamento ²							Soma	Freq. ³ (%)
	SC/M C	SC/MBt	SRR/M C	SRR/MB t	SBt/M C	SBt/MB t	Produto r		
----- Ano agrícola 2012/2013 -----									
Araneae	393	648	334	405	343	352	293	2768	76,15
Coleoptera	105	82	64	100	118	82	58	609	16,75
Coleoptera: Carabidae	88	63	49	84	106	66	46	502	13,81
Coleoptera: Coccinellidae	1	2	0	1	2	2	1	9	0,25
Coleoptera: Staphylinidae	16	17	15	15	10	14	11	98	2,70
Dermaptera	24	44	16	13	15	27	14	153	4,21
Diptera	5	6	2	1	3	7	1	25	0,69
Diptera: Dolichopodidae	5	6	1	1	3	7	1	24	0,66
Diptera: Syrphidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0,03
Hemiptera	8	8	9	6	6	6	4	47	1,29
Hemiptera: Lygaeidae ⁴	4	2	4	3	0	3	2	18	0,50
Hemiptera: Reduviidae	4	6	5	3	6	3	2	29	0,80
Hymenoptera	1	2	5	2	4	5	5	24	0,66
Hymenoptera: Pompilidae	1	2	5	1	4	3	5	21	0,58
Hymenoptera: Sphecidae	0	0	0	1	0	1	0	2	0,06
Hymenoptera: Vespidae	0	0	0	0	0	1	0	1	0,03
Neuroptera	4	2	0	0	0	3	0	9	0,25
Neuroptera: Chrysopidae	1	0	0	0	0	0	0	1	0,03
Neuroptera: Hemerobiidae	3	2	0	0	0	3	0	8	0,22
Abundância ⁵	540	792	430	527	489	482	375	3635	-
Riqueza ⁶	11	10	8	9	7	12	8	14	-
----- Ano agrícola 2013/2014 -----									
Araneae	369	383	424	402	302	354	323	2557	80,94
Coleoptera	41	56	41	45	77	40	55	355	11,24
Coleoptera: Carabidae	32	37	24	20	49	27	37	226	7,15
Coleoptera: Coccinellidae	0	1	0	1	0	0	1	3	0,09
Coleoptera: Staphylinidae	9	18	17	24	28	13	17	126	3,99
Dermaptera	6	16	17	9	8	22	13	91	2,88
Diptera	8	6	7	14	7	7	6	55	1,74
Diptera: Dolichopodidae	8	6	7	14	7	7	6	55	1,74
Hemiptera	18	16	15	4	7	10	9	79	2,50
Hemiptera: Anthocoridae ⁷	2	1	1	0	0	0	0	4	0,13
Hemiptera: Lygaeidae ⁴	2	2	3	0	1	2	1	11	0,35
Hemiptera: Nabidae ⁸	0	0	1	0	0	0	0	1	0,03
Hemiptera: Reduviidae	14	13	11	4	6	8	8	64	2,03
Hymenoptera	3	5	4	0	2	1	3	18	0,57
Hymenoptera: Pompilidae	3	5	4	0	2	1	3	18	0,57
Neuroptera	0	1	1	0	0	1	0	3	0,09
Neuroptera: Chrysopidae	0	0	1	0	0	1	0	2	0,06
Neuroptera: Hemerobiidae	0	1	0	0	0	0	0	1	0,03
Abundância ⁵	445	483	510	474	403	435	409	3159	-
Riqueza ⁶	8	11	11	5	7	9	8	13	-

¹ Total refere-se ao total de predadores amostrados no ciclo da soja em 8 coletas em 2012/2013 e 9 coletas em 2013/2014. ² Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja

RR/milho Bt com aplicações calendarizadas.³ Freq. (%) = frequência relativa ao total de predadores amostrados.⁴ Hemiptera: Lygaeidae composta exclusivamente pelo gênero *Geocoris*.⁵ Abundância = número total de predadores amostrados.⁶ Riqueza = número total de táxons amostrados.⁷ Hemiptera: Anthocoridae - composta exclusivamente pelo gênero *Orius*.⁸ Hemiptera: Nabidae- composta exclusivamente pelo gênero *Nabis*.

3.5.2. Abundância e riqueza de carabídeos em soja

No primeiro ano agrícola foram coletados 502 indivíduos da família Carabidae (Coleoptera), sendo 58,96% distribuídos em 6 espécies, 4,78% na subfamília Cicindelinae e 36% não identificados. A espécie mais frequente foi *Notiobia chalcites* (Germar, 1824) com 28,69% , seguida por *Scarites* sp. com 21,12%.

Já para o segundo ano agrícola, foram coletados 226 carabídeos, sendo que 61,50% foram distribuídos em 6 espécies, 11,06% pertencentes a subfamília Cicindelinae e 27,43% não foram identificados. A espécie mais frequente foi *Scarites* sp. com 26,55% (Tabela 3.3).

A espécie *Gallerita brasiliensis* (Dejean, 1826) ocorreu somente no primeiro ano agrícola (N=21) e *Odontocheila nodicornis* (Dejean, 1825) somente no segundo (N= 27). *Calosoma granulatum* (Perty,1830) e *Lebia concinna* (Brullé, 1838) tiveram baixa frequência. Em Sbt/MC observou-se maior abundância de carabídeos nos dois anos agrícolas, com 106 indivíduos em 2012/13 e 49 indivíduos em 2013/14 (Tabela 3.2).

Tabela 3.3. Total de espécies da família Carabidae (Coleoptera) coletadas por armadilhas “pitfall” em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Espécies de carabídeos	Total ¹ de predadores por tratamento ²						Soma	Freq. ³ (%)	
	SC/MC	SC/MBt	SRR/MC	SRR/MBt	SBt/MC	SBt/MBt			Produtor
-----Ano agrícola 2012/2013-----									
CARABIDAE	31	20	21	35	19	38	18	182	36,25
<i>Notiobia chalcites</i>	22	9	13	21	51	15	13	144	28,69
<i>Scarites</i> sp.	19	23	10	12	22	10	10	106	21,12
<i>Gallerita brasiliensis</i>	5	7	2	3	2	0	2	21	4,18
<i>Lebia concinna</i>	1	0	0	0	1	0	0	2	0,40
<i>Calosoma granulatum</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0,20
CICINDELINAE	6	3	1	4	7	1	2	24	4,78
<i>Tetracha brasiliensis</i>	3	1	2	9	4	2	1	22	4,38
Abundância ⁴	88	63	49	84	106	66	46	502	-
Riqueza ⁵	6	4	4	4	5	3	4	6	-
-----Ano agrícola 2013/2014-----									
CARABIDAE	13	4	11	5	22	3	4	62	27,43
<i>Scarites</i> sp.	3	13	7	8	15	5	9	60	26,55
<i>Notiobia chalcites</i>	6	4	2	2	3	4	3	24	10,62
<i>Calosoma granulatum</i>	0	2	0	1	0	0	7	10	4,42
<i>Lebia concinna</i>	1	1	0	0	0	1	1	4	1,77
CICINDELINAE	3	6	1	1	4	7	3	25	11,06
<i>Odontocheila nodicornis</i>	4	4	3	1	3	5	7	27	11,95
<i>Tetracha brasiliensis</i>	2	3	0	2	2	2	3	14	6,19
Abundância ⁴	32	37	24	20	49	27	37	226	-
Riqueza ⁵	5	6	3	5	4	5	6	6	-

¹Total refere-se ao total de predadores amostrados no ciclo da soja em 8 coletas em 2012/2013 e 9 coletas em 2013/2014. ²Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ³Freq. (%) = frequência relativa ao total de predadores amostrados. ⁴Abundância = número total de predadores amostrados. ⁵Riqueza = número total de táxons amostrados

3.5.3. Médias dos artrópodes predadores mais abundantes do solo e da parte aérea em soja

A população de aranhas foi similar nas sucessões com as cultivares convencional, RR e Bt em 2012/13. Porém no segundo ano, o SRR/MC apresentou maior média (N=3,78) e se diferiu de SC/MC, SBt/MC, SBt/MBt, Produtor (N=2,55; N=2,09; N=2,45; N=2,24, respectivamente). SRR/MC foi o único tratamento em que, entre os anos, houve diferença, sendo que 2013/14 apresentou maior média (Tabela 3.4).

No primeiro ano agrícola, para a família Carabidae foi observada a diferença entre o SRR/MBt com IAD de 0,65 e o SRR/MC com IAD de 0,31, já no segundo ano agrícola não houve diferença entre os tratamentos. A população desta família foi maior no primeiro ano para SC/MC, SC/MBt, SRR/MBt, SBt/MBt.

Tabela 3.4. Médias de predadores amostrados por armadilhas de queda “pitfall” em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Tratamentos	Média ¹ de predadores por tratamento							
	Araneae			Carabidae			Staphylinidae	Outros predadores ²
	2012/2013	2013/2014	Médias	2012/2013	2013/2014	Médias		
1	3.07 Aa ³	2.55 Ab	2,81 a	0.62 Aab	0.26 Ba	0.44 a	0.06	0.31
2	3.03 Aa	2.65 Aab	2,85 a	0.49 Aab	0.17 Ba	0.33 a	0.13	0.33
3	2.61 Ba	3.78 Aa	3.19 a	0.31 Ab	0.16 Aa	0.24 a	0.12	0.28
4	2.35 Aa	2.79 Aab	2.57 a	0.65 Aa	0.14 Ba	0.39 a	0.14	0.19
5	2.68 Aa	2.09 Ab	2.39 a	0.45 Aab	0.34 Aa	0.39 a	0.13	0.22
6	2.75 Aa	2.45 Ab	2.60 a	0.51 Aab	0.18 Ba	0.35 a	0.09	0.32
7	2.29 Aa	2.24 Ab	2.26 a	0.36 Aab	0.25 Aa	0.31 a	0.10	0.21
p-valor	parcela	0.07			0.18		0,18 ns ⁴	0,60 ns
	subparcela	0.02			0.04		0,06	0.31
CV% ⁵	parcela	15.06			30.05		36.37	27.5
	subparcela	19.17			38.01		39.23	34.17

¹As densidades populacionais de predadores estimadas por armadilhas de solo tipo pitfall, os dados correspondem a média das amostragens dos dois primeiros meses de cada safra de soja. ²Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas.

²Outros Predadores referem-se às famílias de predadores menos frequentes. ³Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ⁴ns: diferença não significativa à 5% de significância. ⁵CV%: coeficiente de variação em %.

A densidade populacional de predadores da parte aérea não diferiu entre os anos de coleta, porém variou entre os tratamentos. *Lebia* sp apresentou maior média no SRR/MBt (IAD=4,38) diferindo de SRR/MC, SBt/MC e Produtor com menores médias (IAD=1,74; IAD=1,33 e IAD=0,9, respectivamente). Por sua vez, a espécie *Geocoris* sp apresentou diferença entre o SC/MC com 19,89 de IAD e o SBt/MC com 5,12 de IAD (Tabela 3.5).

Não houve diferenças entre os tratamentos e os dois anos agrícolas para a família Staphylinidae, bem como para outros predadores coletados por pitfall (menos

frequentes) e os coletados por pano de batida, famílias Coccinellidae e Chrysopidae (Tabela 3.4 e 3.5).

Tabela 3.5. Médias do IAD (Índice acumulado diário) de predadores amostrados por pano de batida em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Tratamentos	IAD ¹ de predadores por tratamento ²		
	<i>Lebia</i> sp.	<i>Geocoris</i> sp.	Outros Predadores ³
SC/MC	2,11 Ab ⁴	19,89 a	27,30
SC/MBt	2,08 ab	12,86 ab	30,31
SRR/MC	1,74 b	14,24 ab	27,23
SRR/MBt	4,38 a	11,81 ab	24,39
SBt/MC	1,33 b	5,12 b	22,74
SBt/MBt	2,27 ab	11,25 ab	20,66
Produtor	0,9 b	9,75 ab	22,14
p- valor	<0,01	0,02	0,52 ns ⁵
CV% ⁶	51,71	40,90	34,47

¹As densidades populacionais de predadores amostrados por pano de batida durante toda a cultura representam as médias do índice acumulado diário (IAD). ² Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ³Outros predadores referem-se às aranhas, às famílias Coccinellidae e Chrysopidae. ⁴Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ⁵ ns: diferença não significativa à 5% de significância. ⁶ CV%: coeficiente de variação em %.

3.5.4. Médias dos insetos-praga em soja

A cultivar de soja Bt RR2 (SBt/MC e SBt/MBt) por possuir o gene cry1Ac, apresentou eficiência no controle de lagartas mediante ação de toxinas (Tabela 3.6). Além destas espécies-alvo primários da soja Bt RR2, as lagartas do gênero *Spodoptera* e da subfamília Heliiothinae também tiveram reduzida densidade populacional em comparação às outras cultivares e dentro dos dois anos agrícolas avaliados, sendo que em 2012/13, o tratamento SBt/MC diferiu do Produtor e em 2013/14, o tratamento SBt/MBt diferiu do produtor (Tabela 3.6).

Os tratamentos SC/MC, SRR/MC, SBt/MC e Produtor apresentaram densidade populacional de lagartas maior no segundo ano, que no primeiro ano. O nível de controle (> 20 lagartas por m²) foi atingido em apenas uma amostragem (02/01/2014), para os tratamentos de Soja não-GM (SC/MC e SC/MBt). A cultura se encontrava em estágio R5, sendo realizado controle com neonicotinóide e piretróide (tiametoxam + Lambda- cialotrina) (APÊNDICE C).

Tabela 3.6. Médias do IAD (Índice acumulado diário) de lagartas-praga amostradas por pano de batida em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Trat.	IAD ¹ de insetos-praga ² por tratamento								
	<i>Anticarsia gemmatalis</i>			<i>Chrysodeixis includens</i>			Outras lagartas		
	2012/2013	2013/2014	Médias	2012/201	2013/2014	Médias	2012/2013	2013/2014	Médias
1	95.63 Ba ³	341.13 Aa	218.38 a	31.34 Ba	118.00 Ab	74.67 b	7.84 Bab	13.72 Aab	10.78 ab
2	116.47 Ba	325.15 Aab	220.81 a	31.28 Ba	115.34 Ab	73.31 b	6.59 Aab	10.38 Aab	8.48 ab
3	107.78 Ba	274.64 Abc	191.21 a	47.66 Ba	110.00 Ab	78.83 b	7.69 Bab	14.54 Aab	11.11 ab
4	114.56 Ba	302.72 Aabc	208.64 a	44.03 Ba	105.97 Ab	75.00 b	12.34 Aab	10.03 Aab	11.19 ab
5	10.44 Ab	1.97 Ad	6.20 b	2.22 Ab	4.81 Ac	3.51 c	3.22 Bb	14.50 ab	8.86 ab
6	10.78 Ab	6.38 Ad	8.58 b	3.06 Ab	6.63 Ac	4.84 c	5.81 Aab	6.30 Ab	6.05 b
7	131.25 Ba	251.34 Ac	191.29 a	51.10 Ba	184.81 Aa	117.95 a	12.78 Aa	16.19 Aa	14.48 a
p-valor parcela		<0.01			<0.01			0.07	
subparcela		<0.01			<0.01			0.01	
CV% ⁴ parcela		16.33			17.38			34.31	
subparcela		9.73			15.22			32.76	

¹ As densidades populacionais de insetos-praga amostrados por pano de batida durante toda a cultura representam as médias do índice acumulado diário (IAD). ² Insetos-praga: espécies de lagartas *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*, Outras lagartas referem-se às lagartas do gênero *Spodoptera* e da subfamília Heliothinae. ³ Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ⁴ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ⁵ CV%: coeficiente de variação em %.

Besouros desfolhadores das espécies *Diabrotica speciosa*, *Maecolaspis* sp. e *Aracanthus mourei* e a espécie de percevejo *Euschistus heros* não apresentaram diferenças entre os tratamentos e entre os anos avaliados no trabalho (Tabela 3.7). A população do percevejo marrom foi alta em todas as cultivares não apresentando diferenças entre os tratamentos, consequentemente, o nível de controle (> 2 percevejos por m²) foi atingido em toda a área, nos dois anos agrícolas, por mais de uma vez, sendo no primeiro ano em R5.5 e R6 e no segundo, nos estádios R5, R5.4, R5.5, R6.

A densidade populacional média dos percevejos das espécies *Dichelops melacanthus*, *Nezara viridula* e *Edessa meditabunda* no T1 (IAD=16,95) e T6 (IAD=17,44) diferiram de T3 (IAD=9,06) (Tabela 3.7).

Tabela 3.7. Médias do IAD (Índice acumulado diário) de percevejos e besouros amostrados por pano de batida em soja na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Trat.	IAD ¹ de insetos-praga ² por tratamento ³				
	Besouros desfolhadores	<i>Euschistus heros</i>	Outros percevejos		
			2012/2013	2013/2014	Médias
SC/MC	25.44	108.67	2.34 Ba ⁴	31.56 Aab	16.95 a
SC/MBt	28.39	128.47	4.19 Ba	24.00 Abc	14.09 ab
SRR/MC	20.86	109.69	3.28 Ba	14.84 Ac	9.06 b
SRR/MBt	22.35	107.27	5.59 Ba	16.81 Ac	11.20 ab
SBt/MC	30.92	151.16	0.89 Ba	26.76 Aab	13.82 ab
SBt/MBt	29.64	145.16	0.94 Ba	33.94 Aa	17.44 a
Produtor	26.72	146.31	3.10 Ba	26.53 Aab	14.82 ab
p-valor	parcela	0.11ns ⁵	0.04ns	<0.01	
	subparcela	0.68ns	0.33ns	<0.01	
CV% ⁶	parcela	19.83	18.23	20.87	
	subparcela	40.36	21.62	33.27	

¹ As densidades populacionais de insetos-praga amostrados por pano de batida durante toda a cultura representam as médias do índice acumulado diário (IAD). ²Insetos-praga: Coleoptera desfolhadores referem-se às vaquinhas das espécies *Diabrotica speciosa*, *Maecolaspis* sp e *Aracanthus mourei*, espécie de percevejo *Euschistus heros*, outros percevejos referem-se às espécies *Dichelops melacanthus*, *Nezara viridula* e *Edessa mediatubunda*. ³ Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ⁴ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ⁵ns: diferença não significativa à 5% de significância. ⁶CV%: coeficiente de variação em %.

3.6. DISCUSSÃO

3.6.1. Artrópodes predadores em soja

Semelhante a esse trabalho, em estudos prévios da artropodofauna benéfica associada às culturas de soja, também verificou-se que as ordens Araneae e Coleoptera foram mais frequentes em coletas por armadilhas de queda. Martins (2012) observou Hymenoptera, Coleoptera e Araneae como mais frequentes. Já no trabalho de Santos (2006), destacaram-se as ordens Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. Bruck et al. (2006) também observaram o predomínio de aranhas em milho, sendo híbridos não-GM ou GM.

A baixa frequência detectada para as famílias Sphecidae, Syrphidae e Vespidae, Anthocoridae e Nabidae pode ser explicada pelo método de coleta, pois são insetos mais comuns na parte aérea das plantas. No trabalho de Shelton e Edwards (1983), *Orius insidiosus* (HEMIPTERA: Anthocoridae) e *Nabis* spp. (HEMIPTERA: Nabidae) foram mais abundantes na parte aérea de soja, enquanto que nas coletas de pitfall foi *Harpalus* sp., um

carabídeo.

Dentre os organismos não-alvo da tecnologia Bt, destacaram-se também os coleópteros das famílias Carabidae e Staphylinidae, que possuem importantes espécies associadas ao solo, presentes em áreas agrícolas (PFIFFNER; LUKA, 2000). E são predadores de muitas pragas, incluindo afídeos, larvas de lepidópteros e lesmas (KROMP, 1999; HOLLAND; LUFF, 2000).

As espécies *Calosoma granulatum* e *Lebia concinna* embora sejam relevantes agentes de controle biológico na soja foram encontradas em baixa frequência. No entanto, outras espécies foram observadas como *Notiobia chalcites*, *Scarites* sp, *Tetracha brasiliensis* e *Odontocheila nodicornis*. Desse modo, essas espécies sugerem que a mudança no cenário agrícola com maior adoção da soja Bt e continuidade do milho Bt, outras espécies devam ser enquadradas como bioindicadoras nos agroecossistemas, merecendo mais estudos.

Na sucessão de soja Bt com milho não-Bt obteve-se maior abundância de carabídeos, o mesmo foi observado por Justiniano, Fernandes e Viana (2014), utilizando a soja Intacta RR2 PRO[®] (MON87701 & MON89788) sem o uso de inseticidas. Por outro lado, Dutra (2009) observou que no cultivo algodão não-Bt predominavam os coleópteros predadores das espécies *Calosoma granulatum*, *Tetracha* sp. 1, *Eriopis conexa*.

Dentre os prováveis fatores que podem explicar a maior abundância de predadores nesta cultivar, Bt RR2, estão: a ausência de desfolhamento, com conseqüente maior sombreamento e, portanto, um microclima diferenciado, com umidades e temperaturas mais amenas. Tais, condições podem favorecer alguns inimigos naturais ocorrentes em agroecossistemas (Letourneau, 1987).

Neste trabalho, a espécie *Geocoris* sp apresentou densidade populacional baixa na sucessão soja Bt com milho não-Bt, ao contrário do observado por TORRES e RUBERSON (2006) que algodão GM, expressando a proteína Cry1Ac não apresentam efeitos letais e subletais sobre a biologia de *Geocoris punctipes*. Dessa forma, esses resultados demonstram que a ocorrência destes predadores esteja relacionada à disponibilidade de presas nas cultivares, já que a soja Bt possui menor quantidade de lagartas.

Na Hungria, BALOG et al. (2010) observaram que a abundância, a riqueza e a diversidade de espécies da família Staphylinidae em milho Bt (MON 810) não se difere de um milho isogênico (não-Bt), ou seja, verificaram que a proteína cry1Ab não afeta a estrutura da comunidade. O mesmo constatado neste trabalho, onde não houve diferenças Staphylinidae

entre as cultivares de soja não-GM, RR e Bt. Esses resultados demonstram que não existe influência direta da planta GM sobre estes organismos.

No entanto, algumas alterações observadas durante este trabalho nas densidades populacionais de artrópodes predadores podem ser em função da densidade de plantas, culturas envolvidas, umidade do solo, microclima, guilda biológica, densidade de presas e a disponibilidade de outras fontes alimentares, como o pólen (FRENCH; ELLIOTT; BERBERET, 1998; CLARK; CAGE; SPENCE, 1997; CÁRCAMO; SPENCE, 1994). Assim, a necessidade de estudos que consideram a complexidade da interação planta-inseto em plantas GM é evidente para permitir uma maior compreensão da dinâmica populacional.

Assim como Lopez et al. (2005) que observaram que o impacto do uso de inseticidas foi mais relevante do que os efeitos de plantas Bt sobre a espécie de carábido *Harpalus pensylvanicus*. Brondani et al. (2008) observaram que as populações de *C. granulatum* (COLEOPTERA: Carabidae), *Tropiconabis capsiformis* (HEMIPTERA: Nabidae) e *E. connexa* (COLEOPTERA: Coccinellidae) sofreram variações nas densidades populacionais em função dos diferentes manejos das plantas daninhas (sem aplicação, manejo mecânico, manejo químico tradicional) e do uso das cultivares “CD 214RR”, tolerante ao herbicida glifosato, e “CD 201”, convencional. BHATTI et al., 2010 observaram que o milho MON 863 não teve impacto consistente sobre a abundância de artrópodes não-alvo, incluindo predadores e parasitoides, no entanto, a aplicação de inseticidas (permetrina) diminuem a abundância de joaninhas, crisopídeos.

3.6.2. Insetos-praga em soja

A eficiência da toxina Cry1Ac no controle de *A. gemmatilis* neste trabalho foi igualmente observada em Corbo (2011) para a soja Bt (MON 87701 × MON 89788). Esta cultivar foi desenvolvida com o objetivo de reduzir o uso de inseticidas para controlar lepidópteros praga em regiões tropicais e subtropicais, sobretudo contra o ataque de *Anticarsia gemmatilis* e de *Chrysodeixis includens* (CTNBIO, 2010).

As lagartas do gênero *Spodoptera* e da subfamília Heliiothinae apresentaram densidade populacional baixa nos tratamentos com soja Bt. Entretanto, por outro lado, com resultados obtidos em laboratório, Bortolotto et al. (2014) alertaram para o possível aumento da abundância de *Spodoptera eridania* por se desenvolverem normalmente em soja Bt, devido a alterações na planta pela inserção do transgene e não pela ação direta de toxinas da planta GM. Mudanças ocasionais nas plantas GM de forma não intencional (efeitos pleiotrópicos)

podem interferir na interação dos organismos não-alvo com as plantas (FARIA et al., 2007; JALLOW et al., 1999; YAN et al., 2004; ESTEVES FILHOS et al. 2010)

Assim, como neste trabalho em campo, Silva (2014), em condições de laboratório, não encontrou interferência da soja expressando a proteína Cry1Ac sobre aspectos biológicos de *E. heros*, embora ainda não foram avaliados os efeitos indiretos da cultura. Esses resultados demonstram que como não há efeito visível de soja Bt RR2 sobre pragas secundárias, é possível que haja um crescimento populacional em detrimento da diminuição do uso de inseticidas para o controle das pragas-alvo da cultura Bt.

Por isso, mudanças no manejo de pragas nas culturas Bt poderiam ser responsáveis pelo surgimento e posterior disseminação de pragas não-alvo. Na China, estudo de campo realizado por 10 anos, evidenciou que a população de *Apolygus lucorum* (HETEROPTERA: Miridae) aumentou progressivamente e adquiriu status de praga em algodão e em outras culturas, associados com a crescente adoção do cultivo de algodão Bt (LU et al. 2010).

Cruz et al. (2013) não encontraram efeito direto da soja MON 87701 x MON 89788 sobre a biologia de *D. melacanthus*. Porém, ainda não se sabe, o impacto da soja Bt no agroecossistema, já que ocorrerá a diminuição de aplicações para pragas-alvo. Como em algumas variedades de milho Bt que apresentaram aumento significativo da população de *Rhopalosiphum maidis* (HEMIPTERA: Aphididae), assim houve demanda de aplicações para esta praga secundária em milho (FARIA et al., 2007).

Numa análise geral, não se detectou diferenças estatísticas entre os tratamentos, quanto à distribuição dos artrópodes predadores na cultura da soja, indicando que, no curto prazo (dois anos agrícolas), os inimigos naturais não são afetados pela tecnologia Bt. A soja Bt RR2 confirmou sua eficiência no controle de *A. gemmatilis* e *C. includens*, por possuírem genes cry1Ac. Porém, as densidades populacionais dos besouros desfolhadores e *Euschistus heros* merecem atenção neste cultivar, devendo ser acompanhadas no médio e longo prazo. Uma ou outra exceção detectada entre os tratamentos, com diferença estatística, não apresenta consistência que encaminhe a inferências de relação causa e efeito, ou mesmo conclusões. Isto pode ser justificado pela peculiaridade de cada espécie, merecendo estudos de médio e longo prazo a campo, ou mesmo em laboratório.

4. ARTIGO B: ARTRÓPODES PREDADORES E INJÚRIA DE *SPODOPTERA FRUGIPERDA* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM MILHO NA SUCESSÃO SOJA-MILHO COM PLANTAS GENETICAMENTE MODIFICADAS.

4.1. RESUMO

O uso de milho geneticamente modificado (GM), expressando toxinas letais sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: Noctuidae), é um grande avanço para o manejo de insetos-praga (MIP). Porém, faz-se necessário avaliar a ocorrência de predadores e a injúria dessa praga, na sucessão soja-milho, com plantas GM, sendo este o objetivo deste trabalho. Foram avaliados experimentos, em dois anos agrícolas, em que os tratamentos foram compostos pela combinação de três genótipos de soja (a cultivar BRS284 e suas linhagens derivadas RR e Bt RR2) cultivados na safra, seguidas por dois híbridos de milho (um Bt e outro não-Bt) cultivados em segunda safra, perfazendo seis tratamentos, nos quais houve controle de pragas por meio do MIP. Em um sétimo tratamento foi utilizada a linhagem de soja RR, seguida de milho Bt com o manejo de pragas de forma “calendarizada”. As avaliações de injúria foram realizadas com escala de notas e as coletas de predadores com armadilhas de queda. No total foram coletados 4794 indivíduos, sendo que as ordens Araneae (N=3341), Neuroptera (N=665) e Coleoptera (N=477), foram as mais abundantes, e que destas duas últimas, as famílias Hemerobiidae (N=622) e Staphylinidae (N=272) foram as mais frequentes. Numa análise geral, não se detectou diferenças em relação aos dois anos e entre os tratamentos, indicando que a tecnologia de milho Bt não altera a composição dos artrópodes predadores, no curto prazo (2 anos agrícolas). O milho não-GM apresentou maior média de dano que o milho GM, confirmando a eficiência desse tipo de híbrido no controle de lagartas, por possuírem genes cry1Ab que produzem toxinas letais.

Palavras-chave: OGM, inimigos naturais, organismos não-alvo.

4.2 ABSTRACT

The use of genetically modified maize (GM), expressing lethal toxins on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: Noctuidae), is a major breakthrough for the management of pest insects (MIP). However, it is necessary to evaluate the occurrence of pests and damage of this pest, in succession soybean-corn with GM plants, being objective of this work. Experiments were evaluated in both years, in which treatments were composed by the combination of three soybean genotypes (cultivar BRS284 and isolines RR and Bt RR2) grown in a crop, followed by two corn hybrids (Bt and non-Bt) grown in the second season, making six treatments in which there was pest control through the IPM. In a seventh treatment, the RR soybean line was used followed by Bt corn, pest management in a scheduled way. The damage was assessed with rating scale and the collection of predators with pitfall traps. In total 4794 individuals were collected, and the orders Araneae (N = 3341), Neuroptera (N = 665) and Coleoptera (N = 477) were the most abundant, and that these last two, the Hemerobiidae families (N = 622) and Staphylinidae (N = 272) were the most frequent. In a general analysis, not detected differences in the two years between treatments, indicating that Bt corn technology does not alter the composition of arthropod predators in the short term (2 seasons). The non- Bt corn showed higher mean damage than Bt corn, confirming the effectiveness of this type of hybrid in control of fall armyworm, because they have genes cry1Ab, that produce lethal toxins.

Key words: OGM, natural enemies, non-target organisms

4.3. INTRODUÇÃO

A cultura do milho possui uma gama de insetos-praga, entretanto a principal e mais desafiadora para o produtor é *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: Noctuidae) (GALLO et al., 2002). O controle mais utilizado para esta praga é o químico, com inseticidas, porém o cultivo de híbridos de milho geneticamente modificados (GM) com resistência a essa espécie, se constituiu em avanço tecnológico nas estratégias de manejo.

Atualmente, as plantas transgênicas, tolerantes a lagartas, contêm genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) que codificam toxinas letais para determinados grupos de insetos (POLANCZYK et al., 2003). As plantas Bt apresentam potencial de minimizar perdas por insetos-praga, principalmente da ordem Lepidoptera, bem como, reduzir a utilização de inseticidas (FRIZZAS; OLIVEIRA, 2006).

Segundo Mendes et al. (2009), as avaliações e o monitoramento de organismos alvo e não-alvo pós-liberação comercial de variedades GM têm o papel de analisar os efeitos dessa tecnologia sobre o ambiente e o agroecossistema, além de possibilitar uma medida da eficácia dos eventos liberados, quanto ao controle das pragas-chave da cultura.

O milho GM pode alterar a dinâmica populacional de lepidópteros-praga, bem como seus inimigos naturais tanto quanto aquelas não-GM. No entanto, Fernandes (2003) observou que não houve diferenças quanto a capacidade de parasitismo por *Trichogramma atopovirilia* (Oatman & Platner, 1983) (HYMENOPTERA: Trichogrammatidae), quando os mesmos foram expostos a hospedeiros provenientes de milho Bt (MON 810).

Aranhas, tesourinhas, carabídeos e estafilínídeos são os componentes mais importantes da fauna associada ao solo (LÖVEI; SUNDERLAND, 1996; STINNER; HOUSE, 1990). Como estes são agentes de controle biológico, atenção especial tem sido dada aos possíveis efeitos das plantas GM sobre artrópodes benéficos (GLARE; O'CALLAGHAN, 2000).

Muitos outros fatores podem interferir nas comunidades de artrópodes predadores, além do tipo da cultura a ser utilizada, sendo esta GM ou não-GM. No trabalho de Lopez et al. (2005), o impacto do uso de inseticidas foi mais relevante do que os efeitos de plantas Bt sobre a espécie de carabídeo *Harpalus pensylvanicus* (De Geer, 1774) (COLEOPTERA: Carabidae). A população de inimigos naturais como *Calosoma granulatum* (Perty, 1830) (COLEOPTERA: Carabidae), *Tropiconabis capsiformis* (Germar, 1838)

(HEMIPTERA: Nabidae) e *E. connexa* sofreram variações em função do manejo das plantas daninhas no local, sendo realizado nenhum tipo de controle, o controle mecânico ou químico, e do uso da cultivar de soja “CD 214RR” (tolerante a herbicida) (BRONDANI et al., 2008).

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ocorrência de artrópodes predadores e os danos de *S. frugiperda* em milho em sucessão soja-milho, com o uso de plantas GM.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Local do experimento

O experimento foi na Embrapa- Soja, na região do norte do Paraná, 23°11'18.34”S e 51°10'48.14”O, altitude aproximada de 599 metros. Segundo a classificação de Köeppen (1979), o clima é do tipo subtropical úmido (Cfa). A média anual da temperatura é de 20,9° C e da precipitação pluviométrica de 1.615 mm. A área do experimento era conduzida com rotação de culturas leguminosas e gramíneas como soja, milho, girassol e trigo, há mais de 10 anos. Antes de iniciar a sucessão soja-milho do experimento, a área total continha girassol.

4.4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com efeito de ano, como subparcela, utilizando-se de quatro repetições, sendo cada uma composta por parcela de 18x18m (APÊNDICE A). Os tratamentos foram compostos pela combinação de três genótipos de soja (a cultivar BRS284 e suas linhagens derivadas RR e Bt RR2, sendo as cultivares BRS284RR e a BRS1001Pro, respectivamente), cultivados na primeira safra com dois híbridos de milho (um Bt e outro não-Bt), cultivados em segunda safra, perfazendo seis tratamentos, nos quais houve controle de pragas apenas quando foi atingido o nível de controle, ou seja, seguiu-se o MIP. Em um sétimo tratamento (T7), foi utilizada a linhagem de soja RR, seguida de milho Bt. Neste, o manejo de pragas foi realizado de forma “calendarizada”, com pulverizações em aproveitamento de outras operações como a aplicação de herbicidas e de fungicidas (aplicações simultâneas) (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Sucessão de cultivares de soja e híbridos de milho, utilizados para os tratamentos do experimento nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14. Londrina, PR.

Tratamentos		1º ano agrícola		2º ano agrícola	
		2012/13		2013/14	
		Soja ¹	Milho ²	Soja	Milho
SC/MC	MIP	não-GM	não-Bt	não-GM	não-Bt
SC/MBt	MIP	não-GM	Bt	não-GM	Bt
SRR/MC	MIP	RR	não-Bt	RR	não-Bt
SRR/MBt	MIP	RR	Bt	RR	Bt
SBt/MC	MIP	Bt RR2	não-Bt	Bt RR2	não-Bt
SBt/MBt	MIP	Bt RR2	Bt	Bt RR2	Bt
Produtor	Calendário	RR	Bt	RR	Bt

¹Soja não-GM refere-se a cultivar BRS 284, não transgênica e RR, Bt RR2 suas linhagens derivadas. ²Milho não-GM refere-se ao híbrido Balu 188[®] e milho GM ao DKB 330 Pro[®].

A linhagem de soja RR contém o gene cp4-epsps, que confere tolerância ao herbicida glifosato. A linhagem de soja Bt RR2 contém o gene cry1Ac, que confere tolerância às principais espécies de lagartas-praga da soja, *A. gemmatilis* e *C. includens*. O híbrido DKB 330 VT Pro[®] de milho Bt, contém o gene cry1Ab, que confere tolerância à *Spodoptera frugiperda*.

4.4.3 Tratos culturais

O estudo foi desenvolvido por dois anos agrícolas, 2012/13 e 2013/14, sendo que as épocas de plantio condizem com as recomendações técnicas de cada cultura. A semeadura de soja, no primeiro ano agrícola, foi realizada no dia 05/10/2012 e, no segundo ano agrícola, no dia 15/10/2013. A densidade de semeadura foi de 20 sementes/ metro linear e o espaçamento de entrelinhas de 0,50 m. Realizou-se adubação em linha, com 250 kg/ha de fertilizante mineral da fórmula NPK 00:20:20. As sementes foram tratadas com fungicida Vitavax-thiram 200SC[®] com dose de 3mL/kg e inoculadas com 2mL/kg de inoculante Atmo[®] na concentração de $5,0 \times 10^9$ UFC/mL.

Os milhos híbridos Balu 188[®] (não-GM) e DKB 330 VT Pro[®] (GM), no primeiro ano agrícola, foram semeados em 16/02/2013 e no segundo ano agrícola em 26/02/2014. A densidade de semeadura foi de 5 sementes/metro linear e o espaçamento entrelinhas de 0,80 m. Realizou-se adubação em linha, no momento do plantio com 250 kg/ha de NPK na fórmula 8:28:16, mais N em cobertura no estágio de V4 com 150 kg de ureia/ ha. O manejo fitossanitário das culturas consta nos APÊNDICES B e C.

4.4.4 Parâmetros avaliados

Avaliou-se o nível de injúria de lagartas do cartucho *S. frugiperda*, bem como a presença de predadores, ao longo do desenvolvimento da cultura. As injúrias, causadas pelas lagartas, foram caracterizadas pela escala de notas de 0 a 6 proposta por SHIOGA et al. (2012), sendo que a nota 6 representa maior grau de injúria na planta, em 5 pontos fixos, previamente demarcados na parcela, sendo cada ponto composto por uma linha com 10 plantas.

Para a coleta de artrópodes predadores que habitam o solo foram realizadas avaliações quinzenais, com armadilhas de queda (“pitfall”). As armadilhas foram compostas por um recipiente plástico com 12 cm de diâmetro na base, 14 cm de diâmetro na abertura e 9 cm de profundidade (APÊNDICE D). Cada armadilha continha aproximadamente 300 mL de solução aquosa com 1% de formol e 0,1% de detergente. Sobre a armadilha foi instalada uma cobertura, em PVC, com 19 cm de diâmetro, posicionada a aproximadamente 5 cm de altura do solo. Quatro armadilhas, distanciadas em seis metros entre si (APÊNDICE E), foram instaladas no centro de cada parcela, por 72 horas. Os artrópodes capturados foram mantidos em etanol a 70% até serem identificados e quantificados.

3.4.5 Análise estatística

As médias dos níveis de injúria de lagarta em milho e a média de artrópodes predadores de cada safra foram submetidos à análise exploratória, para verificação dos pressupostos (homogeneidade e homocedasticidade, assimetria e curtose) da análise de variância (ANOVA). A análise conjunta foi possível quando a razão entre o maior quadrado médio do resíduo dividido pelo menor resulta em um valor menor que sete nos dois anos agrícolas e, dessa forma, os tratamentos foram comparados por meio de Tukey, a 5% de significância.

4.5. RESULTADOS

4.5.1. Abundância e riqueza de artrópodes predadores em milho

Na primeira safrinha de milho (2012/13) foram coletados 2642 indivíduos, distribuídos em 14 táxons, com maior frequência para as ordens Araneae (70,67%), Neuroptera (12,87%) e Coleoptera (10,90%). Neuroptera foi composta pela família Hemerobiidae, predominantemente, com 12,19% de frequência e também por Chrysopidae

com 0,68% . Na ordem Coleoptera observou-se Staphylinidae (6,81%), Coccinellidae (2,88%) e Carabidae (1,21%). Os demais táxons apresentaram 5,56% de frequência (Tabela 4.2).

Já na segunda safrinha, 2013/14, foram amostrados 2152 indivíduos de 14 táxons. Dentre estes, Araneae (68,49%), Neuroptera (15,10%) e Coleoptera (8,78%) foram as mais frequentes, sendo que a ordem Neuroptera foi composta em maioria por Hemerobiidae (13,94%) e também por Chrysopidae (1,16%). Em Coleoptera registrou-se Staphylinidae (4,28%), Carabidae (3,30%) e Coccinellidae (1,21%). Os demais táxons apresentaram 7,62% de frequência. Na primeira safrinha foi obtido maior número de indivíduos, porém o mesmo número de táxons ocorreu nos dois anos.

Quanto aos dois períodos avaliados, verifica-se que o tratamento SBT/MC foi o de maior abundância, com 437 e 323 indivíduos, respectivamente. No primeiro ano agrícola, o SC/MC se destacou com maior número de táxons (13). No segundo ano agrícola, não variou a riqueza de famílias entre os tratamentos, os quais apresentaram de 11 a 12 táxons (Tabela 4.4).

Tabela 4.2. Total de artrópodes predadores coletados por armadilhas “pitfall” em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Ordens e famílias de predadores	Total ¹ de predadores por tratamento ²							Soma	Freq. ³ (%)
	SC/MC	SC/MBt	SRR/MC	SRR/MBt	SBt/MC	SBt/MBt	Produtor		
-----Ano agrícola 2012/2013-----									
Araneae	301	244	258	226	300	289	249	1867	70,67
Neuroptera	50	41	46	38	78	38	49	340	12,87
Neuroptera: Hemerobiidae	48	41	44	37	73	36	43	322	12,19
Coleoptera	44	39	46	41	37	41	40	288	10,90
Coleoptera: Staphylinidae	24	26	24	27	20	29	30	180	6,81
Coleoptera: Coccinellidae	15	10	15	8	15	7	6	76	2,88
Dermaptera	8	3	9	7	8	7	4	46	1,74
Hemiptera	7	6	5	5	7	3	10	43	1,63
Coleoptera: Carabidae	5	3	7	6	2	5	4	32	1,21
Hymenoptera	5	2	9	3	3	6	2	30	1,14
Hymenoptera: Pompilidae	5	1	9	3	3	6	2	29	1,10
Diptera	5	3	4	4	4	5	3	28	1,06
Hemiptera: Reduviidae	4	5	1	1	5	1	9	26	0,98
Diptera: Dolichopodidae	4	3	4	4	4	3	1	23	0,87
Neuroptera: Chrysopidae	2	0	2	1	5	2	6	18	0,68
Hemiptera: Anthocoridae ⁴	1	1	4	2	2	2	0	12	0,45
Hemiptera: Lygaeidae ⁵	2	0	0	2	0	0	1	5	0,19
Diptera: Syrphidae	1	0	0	0	0	2	2	5	0,19
Hymenoptera: Sphecidae	0	1	0	0	0	0	0	1	0,04
Abundância ⁶	420	338	377	324	437	389	357	2642	-
Riqueza ⁷	13	11	11	12	11	12	12	14	-
-----Ano agrícola 2013/2014-----									
Araneae	221	206	210	215	211	212	199	1474	68,49
Neuroptera	54	34	55	47	56	37	42	325	15,10
Neuroptera: Hemerobiidae	52	32	53	44	48	34	37	300	13,94
Coleoptera	23	19	29	29	25	30	34	189	8,78
Coleoptera: Staphylinidae	11	11	12	15	14	12	17	92	4,28
Coleoptera: Carabidae	9	6	12	12	3	16	13	71	3,30
Dermaptera	5	6	8	12	9	15	10	65	3,02
Diptera	6	9	1	4	10	8	5	43	2,00
Hemiptera	3	4	9	1	6	4	7	34	1,58
Diptera: Syrphidae	6	4	1	3	6	7	4	31	1,44
Coleoptera: Coccinellidae	3	2	5	2	8	2	4	26	1,21
Neuroptera: Chrysopidae	2	2	2	3	8	3	5	25	1,16
Hemiptera: Reduviidae	1	4	8	1	3	4	4	25	1,16
Hymenoptera	3	1	4	1	6	4	3	22	1,02
Hymenoptera: Pompilidae	3	1	3	1	6	4	3	21	0,98
Diptera: Dolichopodidae	0	5	0	1	4	1	1	12	0,56
Hemiptera: Anthocoridae ⁴	1	0	1	0	3	0	3	8	0,37
Hemiptera: Lygaeidae ⁵	1	0	0	0	0	0	0	1	0,05
Hymenoptera: Sphecidae	0	0	1	0	0	0	0	1	0,05
Abundância ⁶	315	279	316	309	323	310	300	2152	-
Riqueza ⁷	12	11	12	11	12	11	12	14	-

¹Total refere-se ao total de predadores amostrados no ciclo da soja em 9 coletas em 2012/2013 e 9 coletas em 2013/2014. ² Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ³ Freq. (%) = frequência relativa ao total de predadores amostrados. ⁴ Hemiptera: Anthocoridae - composta exclusivamente pelo gênero *Orius*. ⁵ Hemiptera: Lygaeidae composta exclusivamente pelo gênero *Geocoris*. ⁶ Abundância = número total de predadores amostrados. ⁷ Riqueza = número total de táxons amostrados.

4.5.2. Abundância e riqueza de carabídeos em milho

No ano agrícola de 2012/13, foram coletados 32 indivíduos da família Carabidae (Coleoptera), dentre eles 65,63% foram distribuídos em 3 espécies distintas, 6,25% eram pertencentes a subfamília Cicindelinae e 28,13% não foram identificados, sendo *Lebia concinna* a espécie mais frequente com 59,38% de todas as espécies de carabídeos encontrados (Tabela 4.3). Em 2013/14, coletou-se 71 carabídeos, sendo 85,92% distribuídos em 4 espécies e os demais 14,08% não identificados. A espécie que predominou nesse ano agrícola foi *Tetracha brasiliensis* com 66,20% de frequência, sendo este da subfamília Cicindellinae. *Gallerita brasiliensis* (3,13%) ocorreu somente no primeiro ano agrícola e as espécies *Scarites* sp. (2,82%) e *Tetracha brasiliensis* ocorreram no segundo (Tabela 4.3).

Tabela 4.3. Total de espécies da família Carabidae (Coleoptera) coletados por armadilhas “pitfall” em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Espécies de carabídeos	Total ¹ de predadores por tratamento ²							Soma	Freq. ³ (%)
	SC/MC	SC/MBt	SRR/MC	SRR/MBt	SBt/MC	SBt/MBt	Produtor		
-----Ano agrícola 2012/2013-----									
CARABIDAE	2	1	0	1	1	2	2	9	28,13
<i>Lebia concinna</i>	2	1	6	5	0	3	2	19	59,38
<i>Notiobia chalcites</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	3,13
<i>Gallerita brasiliensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	3,13
CICINDELLINAE	0	0	1	0	1	0	0	2	6,25
Abundância ⁴	5	3	7	6	2	5	4	32	-
Riqueza ⁵	2	2	1	1	0	1	1	3	-
-----Ano agrícola 2013/2014-----									
CARABIDAE	1	2	2	1	1	2	1	10	14,08
<i>Lebia concinna</i>	1	0	1	3	0	1	3	9	12,68
<i>Notiobia chalcites</i>	0	1	1	0	0	1	0	3	4,23
<i>Scarites</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	2	2,82
CICINDELLINAE	7	2	7	8	2	12	9	47	66,20
<i>Tetracha brasiliensis</i>	7	2	7	8	2	12	9	47	66,20
Abundância ⁴	9	6	12	12	3	16	13	71	-
Riqueza ⁵	2	3	4	2	1	3	2	4	-

¹ Total refere-se ao total de predadores amostrados no ciclo da soja em 9 coletas em 2012/2013 e 9 coletas em 2013/2014. ² Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ³Freq. (%) = frequência relativa ao total de predadores amostrados. ⁴Abundância = número total de predadores amostrados. ⁵Riqueza = número total de táxons amostrados

4.5.3. Médias dos artrópodes predadores mais abundantes em milho

Não se detectou diferenças em relação aos dois períodos de coleta e entre os tratamentos, para aranhas, carabídeos e estafilínídeos (Tabela 4.4). Já para outros predadores coletados, considerando a ordem Neuroptera (mais abundante) e as outras famílias menos frequentes, SBt/MC apresentou maior ocorrência (N=0,73) e diferiu de SC/MBt e SRR/MBt (N=0,42 cada um) (Tabela 4.4).

Tabela 4.4. Médias de predadores amostrados por armadilhas de queda “pitfall” em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Tratamentos	Média ¹ de predadores por tratamento ²			
	Araneae	Carabidae	Staphylinidae	Outros predadores ³
SC/MC	1,72	0,05	0,11	0,53 ab ⁴
SC/MBt	1,56	0,03	0,13	0,42 b
SRR/MC	1,62	0,05	0,12	0,59 ab
SRR/MBt	1,53	0,05	0,14	0,41 b
SBt/MC	1,77	0,01	0,12	0,73 a
SBt/MBt	1,58	0,04	0,14	0,47 ab
Produtor	1,48	0,04	0,14	0,47 ab
p-valor	0,64 ns ⁵	0,53 ns	0,82 ns	0,02
CV% ⁶	24,28	68,88	45,58	23,53

¹As densidades populacionais de predadores estimadas por armadilhas de solo tipo pitfall, os dados correspondem a média das amostragens dos dois primeiros meses de cada ano agrícola de soja. ² Tratamentos: com MIP- SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas. ³Outros Predadores referem-se às famílias da ordem Neuroptera e das menos frequentes no experimento. ⁴ Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. ⁵ ns: diferença não significativa à 5% de significância. ⁶ CV%: coeficiente de variação em %.

4.5.1 Notas de injúria de *S. frugiperda* em milho

Quanto à injúria, causada por *S. frugiperda*, houve destaque para a segunda safrinha, com maior ocorrência de ataque (1,94). Porém, mesmo a primeira safrinha apresentando menor dano, atingiu-se o nível de controle de lagartas (Tabela 4.5). Desta forma, no estágio V4, houve a demanda de aplicação de inseticida flubendiamida nos tratamentos que possuíam milho não-GM (SC/MC, SRR/MC, SBt/MC) (APÊNDICE B).

O milho não-GM (SC/MC, SRR/MC e SBt/MC), como já era esperado, apresentou maior média de dano que o milho GM (SC/MBt, SRR/MBt, SBt/MBt e Produtor).

Em todos os tratamentos ocorreram plantas com dano no cartucho, entretanto, a porcentagem de plantas com dano foi significativamente maior no milho não-GM do que no milho GM.

Confirma-se assim que os milhos não-GM apresentam maior intensidade de dano do que o milho GM, com notas médias de danos de 2,81; 2,89 e 2,76, enquanto no milho GM os valores foram de 0,59; 0,49; 0,57 e 0,48. Pelas considerações anteriores, confirma-se que a tecnologia de plantas geneticamente modificadas (Bt) é eficiente para o controle de lepidópteros-praga do milho, bem como não afeta a população de artrópodes predadores.

Tabela 4.5. Notas de injúria causada por *Spodoptera frugiperda* em milho na sucessão soja/milho com plantas geneticamente modificadas. Ano agrícola 2012/13, 2013/14. Londrina, PR.

Tratamentos	Médias das notas de dano ¹ por tratamento ²		
	2012/2013	2013/2014	Médias
SC/MC	2,31 a	3,31 a	2,81 a
SC/MBt	0,17 b	1,02 b	0,59 b
SRR/MC	2,24 a	3,53 a	2,89 a
SRR/MBt	0,08 b	0,90 b	0,49 b
SBt/MC	2,42 a	3,09 a	2,76 a
SBt/MBt	0,16 b	0,99 b	0,57 b
Produtor	0,18 b	0,77 b	0,48 b
Médias ³	1,08A	1,94B	-
p-valor	<0,01	<0,01	<0,01
CV%	19,34	12,32	14,9

¹ Notas de dano de acordo com a escala de notas de 0 a 6 proposta por SHIOGA et al. (2012). ² Tratamentos: com MIP-SC/MC= soja não-GM/milho não-Bt, SC/MBt= soja não-GM/milho Bt, SRR/MC= soja RR/milho não-Bt, SRR/MBt= soja RR/milho Bt, SBt/MC= soja Bt/milho não-Bt, SBt/MBt= soja Bt/milho Bt, sem MIP- Produtor= soja RR/milho Bt com aplicações calendarizadas ³ p-valor = 0,01.

4.6. DISCUSSÃO

4.6.1. Artrópodes predadores em milho

Em outros estudos da artropodofauna benéfica associada às culturas de milho, corroborando com este trabalho, as ordens Araneae e Coleoptera foram mais frequentes em coletas por armadilhas de queda. Martins (2012) observou Hymenoptera, Coleoptera e Araneae como as mais frequentes. Já no trabalho de Santos (2006), destacaram-se Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. Bruck et al (2006) também observaram o predomínio de aranhas em milho, sendo não-GM ou GM.

No presente trabalho, a família Hemerobiidae foi a mais frequente, divergindo de Santos (2006) que na cultura do milho constatou baixa frequência desses

neurópteros. Em agroecossistemas, algumas espécies das famílias Chrysopidae e Hemerobiidae são inimigos naturais de insetos sugadores, sendo *Hemerobius* predador de afídeos (STELZL; DEVETAK, 1999). A biologia e o comportamento dessas famílias são muito parecidas, sendo da mesma ordem. Freitas (2002) destaca que no milho estes predadores não são tão importantes, por isso são encontrados em números baixos.

A riqueza de família não variou dentre os dois anos de avaliação, sendo que estes dados corroboram com Kiss et al. (2002), que coletaram quase o mesmo número de espécies predadoras em milho Bt e na sua isolinha não-GM. Demonstrando que o híbrido GM não interfere nas espécies ocorrentes no local.

Dentre os organismos não-alvo coletados no trabalho, destacam-se também os coleópteros das famílias Carabidae e Staphylinidae, que incluem importantes espécies associadas ao solo de culturas agrícolas (PFIFFNER; LUKA, 2000). São citados como predadores de muitas pragas, incluindo afídeos, larvas de lepidópteros e lesmas (KROMP, 1999; HOLLAND; LUFF, 2000).

Em relação às espécies de carabídeos mais abundantes, no estudo de Frizzas (2003) também houve destaque para *Lebia concinna* em milho, com maior densidade populacional na safrinha (outono) do que no verão. Assim como neste trabalho, dentre os predadores coletados no trabalho de Araújo (2004), *Megacephala brasiliensis*, atualmente *Tetracha brasiliensis*, foi a espécie mais frequente em milho, em sistema de semeadura direta e convencional. No entanto, Santos (2006) e Frizzas (2003) observaram baixa frequência desta espécie na cultura.

Possivelmente, as diferenças na abundância e na diversidade de carabídeos, entre os dois períodos, possa ser explicada pelo ambiente no local de coleta ou mesmo devido às variações microclimáticas. Sabe-se que a seleção, a abundância e a distribuição de carabídeos em um habitat pode ser influenciada por vários fatores destacando-se a temperatura, a umidade do ar e do solo, a disponibilidade de alimento, a vegetação, a estação do ano e o ciclo de vida (KROMP, 1999).

Os resultados para as médias de artrópodes predadores mais abundantes em milho são semelhantes aos de Kiss et al. (2002), Fernandes et al. (2007), Pilcher (2005) e Poza et al. (2005), que também não detectaram diferenças significativas entre milho Bt e sua isolinha não-Bt para artrópodes predadores. Ao contrário de Naranjo (2005) que observou a aranha *Dictyna reticulata* com um aumento de 75%, enquanto que a espécie *Drapetis divergens* (DIPTERA: Empididae) teve redução de 34% em algodão Bt, em comparação com

não-Bt.

Diversos fatores podem ter interferido para que o milho GM apresentasse menor número de predadores. Sisterson et al. (2004) observaram que o local de coleta, a altura de planta e os tratamentos com algodão Bt e não-Bt interferiram na abundância e diversidade de artrópodes predadores. Dessa forma, encontraram redução na população de predadores em algodão Bt, embora não tivesse sido observada diferenças em parcelas com associação de plantas Bt e não-Bt.

4.6.2. Injúria de *S. frugiperda* em milho

A eficiência desse tipo de híbrido de milho Bt no controle de lagartas do cartucho do milho foi confirmada, por possuírem genes cry1Ab que produzem toxinas letais. Estes resultados de eficiência de controle corroboram com os obtidos por Fernandes et al. (2003), que avaliaram o dano de *Spodoptera* em milho convencional x milho MON810 que também expressa a toxina Cry1Ab, encontrando maior ataque de lagarta-do-cartucho no milho não-Bt do que no Bt.

Nos tratamentos que possuíam milho GM já era esperado algum tipo de dano (“raspagem”) nas folhas, uma vez que, para ser controlado, o inseto deve ingerir a toxina Cry1Ab, por ocasião da herbivoria (ARMSTRONG et al., 1995; KOZIEL et al., 1993; WILLIAMS et al., 1997; BUNTIN et al., 2001; WAQUIL et al., 2002). Os baixos valores de nota de danos, no milho GM, concordam com os de Williams et al. (1997), Buntin et al. (2001), Waquil et al. (2002) e Fernandes et al. (2003). As proporções de danos observadas no milho GM, portanto, referem-se ao comportamento inicial de alimentação das lagartas nas folhas. Esses danos, todavia, ao contrário do observado no milho convencional, não progrediram, devido à ação da toxina Cry1Ab nas lagartas (ARMSTRONG et al., 1995; KOZIEL et al., 1993).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, confirmou-se que materiais genéticos que contêm a proteína Bt são eficientes no controle de *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens* (Cry1Ac), *Spodoptera frugiperda* (Cry1Ab), além de outros lepidópteros pragas, mantendo-as em densidades populacionais abaixo do nível de controle, com exceção para uma data no primeiro ano de avaliação de dano no milho, além de preservarem a fauna de artrópodes predadores.

A maior frequência de aranhas coletadas, além de neurópteros, dermápteros e coleópteros (*Notiobia chalcites*; *Scarites sp*; *Lebia sp*; *Tetracha brasiliensis*) é um indicativo de que estes grupos e espécies merecem maior atenção nos futuros trabalhos que envolvam a referida tecnologia, em áreas de milho e soja.

Altas densidades populacionais do percevejo marrom *Euschistus heros*, especialmente em plantas GM (Bt) são um alerta quanto a possibilidade de aumento populacional de algumas pragas nestes novos materiais.

Neste sentido, é importante que se acompanhe a evolução das populações de pragas como de artrópodes predadores a médio e longo prazo, para verificar como as mesmas se comportam no decorrer do tempo e mediante as alterações ecológicas que deverão ocorrer neste novo cenário agrícola, com sucessões de soja e milho com tecnologia Bt.

Sabe-se que nenhuma estratégia isolada é suficiente para o controle dos insetos-pragas, especialmente quanto em extensivas áreas. Desta forma, o homem deve aproveitar as tecnologias de forma inteligente e integrada com outros métodos, como preconiza o Manejo Integrado de Pragas, para que se possa produzir alimentos saudáveis e de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. A.; BADJI, C. A.; CORRÊA, A. S.; LADEIRA, J. A.; GUEDES, R. N. C. Impacto causado por deltametrina em coleópteros de superfície do solo associados à cultura do milho em sistemas de plantio direto e convencional. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 3, p. 379- 385, 2004.
- ARMSTRONG, C. L.; PARKER, G. B.; PERSHING, J. C.; BROWN, S. M.; SANDERS, P. R.; DUNCAN, D. R.; STONE, T.; DEAN, D. A.; De BOER, D. L.; HART, J.; HOWE, A. R.; MORRISH, F. M.; PAJEAU, M. E.; PETERSEN, W. L.; REICH, B. J.; RODRIGUEZ, R.; SANTINO, C. G.; SATO, S. J.; SCHULER, W.; SIMS, S. R.; STEHLING, S.; TAROCHIONE, L. J.; FROMM, M. E. Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. **Crop Science**, v. 35, p. 550-557, 1995.
- BALOG, A.; KISS, J.; SZEKERES, D.; SZÉNÁSI, A; MARKÓ, V. Rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) communities in transgenic Bt (MON810) and near isogenic maize. **Crop protection**, v. 29, p. 567-571, 2010.
- BARROS, N. M. Utilização do fungo *Nomuraea rileyi* para o controle da lagarta da soja. In: MEDEIROS, L.; ARAÚJO, M. C. G. P.; COELHO, G. C. (Org.). **Interações ecológicas & biodiversidade**. Ijuí: Unijuí, 1996.
- BEERS, E. H.; BRUNNER, J. F.; DUNLEY, J. E.; DOERR, M.; GRANGER, K. Role of neonicotinyl insecticides in Washington apple integrated pest management. Part II. Non-target effects on integrated mite control. **Journal of Insect Science**, v. 5, n. 16, 2005.
- BHATTI, M. A.; DUAN, J.; HEAD, G.; JIANG, C.; MCKEE, M. J.; NICKSON, T. E.; PILCHER, C. L.; PILCHER, C. D. Field evaluation of the impact corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae)- protected Bt corn on ground – dwelling invertebrates. **Environmental Entomology**, v. 34, n. 5, p. 1325- 1335, 2005.
- BIANCO, R. Pragas do milho e seu controle. In: INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina, IAPAR, p. 187-221, 1991. (Circular; 68).
- BITZER, R. J., BUCKELEW, L. D., PEDIGO, L. P. Effects of transgenic herbicide-resistant soybean varieties and systems on surface-active springtails (Entognatha: Collembola). **Environmental Entomology**, v.31, p.449-461, 2002.
- BORTOLOTTO, O. C.; SILVA, G. V.; BUENO, A. F.; POMARI, A. F.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; CARVALHO, R. A.; BARBOSA, G. C. Development and reproduction of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) and its egg parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) on the genetically modified soybean (Bt) MON 87701×MON 89788. **Bulletin of Entomological Research**, v. 104, n. 6, p. 724- 730.
- BRONDANI, D., GUEDES, J. V. C., FARIAS, J. R., BIGOLIN, M., KARLEC, F., LOPES, S. J. Ocorrência de insetos na parte aérea da soja em função do manejo de plantas daninhas

em cultivar convencional e geneticamente modificada resistente a glyphosate. **Ciência Rural**, v.38, n.8, p.2132-2137, 2008.

BRUCK, D. J.; LOPEZ, M. D.; LEWIS, L. C.; PRASIFKA, J. R.; GUNNARSON, R. D. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn and permethrin on nontarget arthropods. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v.23, n. 3, p. 111- 124, 2006.

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GOMÉZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012a. p. 37- 74.

BUENO, A.F.; SOSA-GOMÉZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. F. Inimigos naturais das pragas de soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012b. p. 493- 630.

BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; Mc PHERSON, R. M. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, v. 84, n. 1, p. 37-42, 2001.

CÁRCAMO, H. A.; SPENCE, J. R. Crop type effects on the activity and distribution of ground beetle (Coleoptera:Carabidae). **Environmental Entomology**, v. 23, n. 3, p. 684-692, 1994.

CARNEIRO, A. A.; GOMES, E. A.; NONATO, L. F. V.; BRITO, W. M. A., FERNANDES, F. T.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; CRUZ, I. **Caracterização Molecular de Fungos Entomopatogênicos Utilizados no Controle Biológico de Pragas do Milho - *Beauveria bassiana* versus *Spodoptera frugiperda***. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2004. (Comunicado técnico 93).

CÉLERES. **Informativo Biotecnologia: O segundo levantamento de adoção da biotecnologia no Brasil, safra 2013/14**. Disponível em:

<<http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/12/IB13021.pdf>> Acesso em: 30 jul. 2014. CLARK, M. S.; LUNA, J. M.; STONE, N. D.; YOUNGMAN, R. R. Generalist predator consumption of armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and effect of predator removal on damage in no-till corn. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 23, p. 617-622, 1994.

CLARK, M. S., GAGE, S. H.; SPENCE, J. R. Habitats and management associated with common ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a Michigan agricultural landscape. **Environmental Entomology**, v. 26, n. 1, p. 519-527, 1997.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA (2010) **Parecer Técnico nº 2542/2010**. Ministério da Ciência & Tecnologia. Disponível em: <<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/15347.html>>. Acesso em 30 de jul. 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v.1, n.9, p 1-80, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.com.br>>. Acesso em 30 de jul. 2014.

CONNER, A.J.; GLARE, T.R.; NAP, J.P. The release of genetically modified crops into the environment. Part II. Overview of ecological risk assessment. **The Plant Journal**, v.33, p.19-46, 2003.

CORBO, E. **Eficácia da soja geneticamente modificada MON 87701 × MON 89788 com a expressão da proteína Cry1Ac no controle de *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) e *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2011. 48 fls. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, São Paulo, 2011.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Amostragem de pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. p.631-672.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 45p. (Documentos, 24).

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1995. (Circular técnica 21).

CRUZ, I. **Controle Biológico de Pragas na Cultura de Milho para Produção de Conservas (Minimilho), por Meio de Parasitóides e Predadores**. Sete lagoas: Embrapa-CNPMS, 2007. (Circular Técnica 91).

CRUZ, I.; VALICENTE, F.H.; SANTOS, J.P. dos; WAQUIL, J.M.; VIANA, P.A. **Manual de identificação de pragas da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa- CNPMS, 1997.

CRUZ, Y.K.S.; BORTOLOTO, O.C.; BUENO, A.F.; BARBOSA, G.C.; SILVA, G.V.; BRAGA, K.; POMARI, A. F.; QUEIROZ, A.P.; SANZOVO, A. W. S. Biologia de *Dichelops melacanthus* (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com soja Bt em diferentes temperaturas. In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, 8, 2013, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 210- 215.

CTNBIO. **Resumo geral de plantas geneticamente modificadas aprovadas para comercialização**. Disponível em:

<<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/12482.html>>. Acesso em 17 jul. 2014.

DIEHL, S. R. L.; JUNQUETTI, M. T. G., 2006 **Soja**. Disponível em:

<<http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>>. Acesso em 17 de maio 2012.

DUTRA, C. C. Impacto de algodão geneticamente modificado resistente a insetos sobre a entomofauna de solo. 2009. 65 fls. Dissertação ((Mestrado em Entomologia e Conservação da biodiversidade). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, Mato Grosso do Sul, 2009.

DUTTON, A., ROMEIS, J., BIGLER, F. Assessing the risks of insect resistant transgenic plants on entomophagous arthropods: Bt-maize expressing Cry1Ab as a casa study. **BioControl**, v. 48, p. 611-636, 2003.

EDWARDS, C. A.; SUNDERLAND, K. D.; GEORGE, K. S. Studies on polyphagous predators of cereal aphids. **Journal of Applied Ecology**. v. 16, p. 811–823, 1979.

EMBRAPA. **Cultivo do milho**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm>. Acesso em 12 de jul. 2014.

EMBRAPA. **Cultivo do milho**. 2012. Disponível em:

<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm>. Acesso em 12 de jul. 2014.

ESTEVEZ FILHO, A. B.; OLIVEIRA, J. V.; TORRES, J. B.; GONDIM JR, G. C. Biologia Comparada e Comportamento de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em Algodoeiro Bollgard™ e Isolinha não-Transgênica. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 338- 344, 2010.

FARIA, C. A.; WÄCKERS, F. L.; PRITCHARD, J.; BARRET, D. A.; TURLINGS, T. C. J. High susceptibility of Bt maize to aphids enhance the performance of parasitoids of lepidopteran pests. **PLoS ONE**, v.7, p.1-11, 2007.

FERNANDES, O. D. Efeito do milho geneticamente modificado (MON 810) em *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) e no parasitóide de ovos *Trichogramma* spp. 2003. 182 fls. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 2003.

FERNANDES, O. D.; PARRA, J. R. P.; NETO, A. F.; PÍCOLI, R.; BORGATTO, A. F.; DEMÉTRIO, C. G. B. Efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (LEPIDOPTERA: Noctuidae). Revista brasileira de milho e sorgo, v. 2, n. 2, p. 25- 35, 2003.

FERNANDES, O.A., FARIA, M., MARTINELLI, S., SCHMIDT, F., CARVALHO, V.F.C., MORO, G. Short-term assessment of Bt maize on non-target arthropods in Brazil. **Scientia Agricola**. v. 64, n.3, p. 249-255, 2007.

FREITAS, S. O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas. In: **Controle Biológico no Brasil**. Manole: Barueri, 2002. 609p.

FRENCH, B. W., ELLIOTT, N. C.; BERBERET, R. C. Reverting conservation reserve program lands to wheat and livestock production: effects on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages. **Environmental Entomology**, v. 27, n. 1, p. 1323-1335, 1998.

FRIZZAS, M. R. **Efeito do milho geneticamente modificado MON 810 sobre a comunidade de insetos**. 2003. 206 fls. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 2003.

FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, C. M. Plantas transgênicas resistentes a insetos e organismos não-alvo: predadores, parasitoides e polinizadores. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1 / 2, p. 63-82, 2006.

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

GASSEN, D. N. **Parasitas, patógenos e predadores de insetos associados à cultura do trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1986. (Circular Técnica, 1).

GLARE, T. R.; O'CALLAGHAN, M. **Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety**. Chichester: John Wiley, 2000.

HARWOOD, J.D., WALLIN, W.G., OBRYCKI, J.J. Uptake of Bt endotoxins by nontarget herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. **Molecular Ecology**, v. 14, p. 2815-2823, 2005.

HOLLAND, J. M.; LUFF, M. L. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. **Integrated Pest Management Review**. v. 5, p. 109- 129, 2000.

HOSHINO, A. T. **Influência de fragmentos de mata sobre insetos fitófagos e inimigos naturais na soja e milho**. 2010. 134 fls. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2010.

HOY, M. A.; HERZOG, D. C. **Biological control in Agricultural IPM system**. Orlando: Academic Press, 1985. 589 p.

JALLOW, M. F. A.; ZALUCKI, M. P.; FITT, G. P. Role of chemical cues from cotton in mediating host selection and oviposition behavior in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Australian Journal Entomology**, v. 38, p. 359- 366, 1999.

JAMES, C. **Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2006**. ISAAA (Briefs, 36: Preview). ISAAA, Ithaca, NY, 2006.

JAMES, C. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013**. ISAAA (Briefs, 43: Preview). ISAAA, Ithaca, NY, 2013.

JUSTINIANO, W.; FERNANDES, M. G.; VIANA, C. T. P. Diversity, composition and population dynamics of arthropods in the genetically modified soybeans Roundup Ready[®] RR1 (GT 40-3-2) and Intacta RR2 PRO[®] (MON87701 x MON89788). **Journal of agricultural Science**, v. 6, n. 2, p. 33- 44, 2014.

KISS, J.; SZENTKIRÁLYI, F.; TÓTH, F.; SZÉNÁSI, Á.; KÁDÁR, F.; ÁRPÁS, K.; SZEKERES, D.; EDWARDS, C. R. Bt-corn: impact on non-targets and adjusting to local IPM systems. In: LELLEY, T.; BALÁZS, E.; TEPFER, M. **Ecological impact of GMO dissemination in agro- ecosystems**. 1 ed. Austria: Facultas, 2002. p 157- 172.

KOCH, K.A.; POTTER, B. D.; RAGSDALE, D. W. Non-target Impacts of Soybean Rust Fungicides on the Fungal Entomopathogens of Soybean Aphid. **Journal Invertebrate Pathology**, v. 103, p. 156-164, 2010.

KOZIEL, M. G.; BELAND, G. L.; BOWMAN, C.; CAROZZI, N. B.; CRENSHAW, R.; CROSSLAND, L.; DWASON, J.; DESAI, N.; HILL, M.; KADWELL, S.; LAUNIS, K.; LEWIS, K.; MADDOX, D.; McPHERSON, K.; MEGHJI, M. R.; MERLIN, E.; RHODES, R.; WARREN, G. W.; WRIGHT, M.; EVOLA, S. V. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. **Bio/Technology**, v. 11, p. 194-200, 1993.

- KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 74, p. 187- 228, 1999.
- LANDIS, D. A. 1994. **Integrating Biological Control into Farming Systems**. Illinois Agricultural Pesticides Conference, Urbana, IL, p. 61-63, 1994.
- LETOURNEAU, D. K. The enemies hypothesis: tritrophic interactions and vegetational diversity in tropical agroecosystems. **Ecology**, v. 68, n. 1, p. 1616- 1622, 1987.
- LOPEZ, M. D., PRASIFKA, J. R., BRUCK, D. J., LEWI, L. C. Utility of Ground Beetle Species in Field Tests of Potential Nontarget Effects of Bt Crops. **Environmental Entomology**, v. 34, n. 5, p. 1317-1324, 2005.
- LÖVEI, G.L.; SUNDERLAND, K.D. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). **Annual Review of Entomology**, v. 41, p. 231-256, 1996.
- LU, Y.; WU, K.; JIANG, Y.; XIA, B.; LI, P.; FENG, H.; WYCKHUYS, K. A. G.; GUO, Y. Mirid Bug Outbreaks in Multiple Crops Correlated with Wide-Scale Adoption of Bt Cotton in China. **Science**, v. 328, p. 1151- 1154, 2010.
- MANFREDI-COIMBRA, S.; SILVA, J. J.; CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Danos de percevejos barriga-verde *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em trigo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1243-1247, 2005.
- MARTINS, I. C. F. **Insecta e Arachnida associados ao solo: plantas herbáceas como área de refúgio visando ao controle biológico conservativo**. 2011. 196 fls. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, São Paulo. 2011.
- MENALLED, F. D.; LEE, J. C.; LANDIS, D. A. Manipulating carabid beetles abundance prey removal rates in corn fields. **BioControl**, v. 43, n. 4, p. 441-456, 1999.
- MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; MARUCCI, R. C.; BOREGAS, K. G. B. **Avaliação da incidência de organismos alvo e não-alvo em milho Bt (Cry 1Ab) em condições de campo em Sete Lagoas-MG**. Sete Lagoas: EMBRAPA- CNPMS, 2009. (Circular Técnica, 128).
- MOSCARDI, F.; BUENO, A. F.; SOSA GOMÉZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas de soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. p. 213- 334.
- NARANJO, S. E. Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, n. 11, p. 1-23, 2009.
- NARANJO, S. E. Long-Term Assessment of the Effects of Transgenic *Bt* Cotton on the Abundance of Nontarget Arthropod Natural Enemies. **Environmental Entomology**, v. 34, n.5, p.1193-1210, 2005.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. p. 335-420.

PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. **Trends in Entomology**, v. 1, p. 71-88, 1997.

PANIZZI, A. R.; SLANSKY JUNIOR, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida Entomologist**, v. 68, n.1, p. 184-214. 1985.

PANIZZI, A.R.; CHOCOROSQUI, V.R. **Pragas: Elas vieram com tudo!** Cultivar grandes culturas. Pelotas:[s.n.] n.11, p. 8-10, 1999. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=63>>. Acesso em: 10 jul. 2014 PASINI, A.; PARRA, J. R. P.; NAVA, D. E.; BUTNARIU, A. R. Exigências térmicas de *Doru lineare* Eschs. e *Doru luteipes* Scudder em laboratório. **Ciência Rural**. v. 40, n.7, p. 1562-1568, 2010.

PIFFNER, L.; LUKA, H. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitat. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 78, p. 215–222. 2000.

PILCHER, C. D; RICE, M. E.; OBRYCKI, J. J. Impact of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn and crop phenology on five nontarget arthropods. **Environmental Entomology**, v. 34, n. 5, 1302- 1316, 2005.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: ESALQ/USP, 2004.

POLANCZYK, R. A.; MARTINELLI, S.; OMOTO, C.; ALVES, S. B. ***Bacillus thuringiensis* no Manejo Integrado de Pragas: do uso convencional em pulverização à biotecnologia**. Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, Brasília, jul/dez, 2003, p.18-27.

POZA, M. et al. Impact of farm-scale Bt maize on abundance of predatory arthropods in Spain. **Crop Protection**, v. 24, n. 7, p. 677- 684, 2005.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1982. 20p. (Iowa State University, Special Report, n.53).

ROESSING, A.C.; LAZZAROTTO, J. J. **Soja transgênica no brasil: situação atual e perspectivas para os próximos anos**. 2005 Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/186.pdf>>. Acesso em 25 de jul. 2012.

ROGGIA, S. **Caracterização de fatores determinantes dos aumentos populacionais de ácaros tetraniquídeos em soja**. 2010. 155 fls. Tese (Doutorado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo, 2010.

ROMEIS, J; MEISSLE, M.; BIGLER, F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. **Nature Biotechnology**, v. 24, n. 1, p. 63- 71, 2006.

SALVADORI, J. R.; PEREIRA, P. R. V. S.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Pragas ocasionais em lavouras de soja no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 34p. (Documentos, 91).

SANTOS F. A., MORAES, J. C., CARVALHO, T. M. F., MENDES, S. M., CONCEIÇÃO, R. R. P., ARAÚJO, O.G., BOREGAS, K. G. B. Efeito do milho *Bt* expressando a toxina Cry 1 A(b) sobre a biologia de *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 28, 2010. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 354- 358.

SANTOS, A. C. **Levantamento e análise faunística da artropodofauna de ocorrência na cultura do milho (*Zea mays*) e estudo do efeito de inseticidas sobre organismos não alvos**. 2006. 199 fls. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo. 2006.

SCHULER, T. H., POPPY, G. M., KERRY, B. R., DENHOLM, I. Potential side effects of insect-resistant transgenic plants on arthropod natural enemies. **Trends in Biotechnology**, v. 17, p. 210-216, 1999a.

SCHULER, T. H.; POTTING, R. P.; DENHOLM, I.; POPPY, G. G. Parasitoid behavior and Bt plants. **Nature**, v. 400, p. 825- 826. 1999b.

SHELTON, M. D.; EDWARDS, C. R. Effects of weeds on the diversity and abundance of insects in soybeans. **Environmental Entomology**, v. 12, n. 2, p. 296- 298, 1983.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; BIANCO, R. **Avaliação estadual de cultivares de milho segunda safra 2012**. Londrina: IAPAR, 2012. 114 p. (Boletim técnico, 78).

SILVA, G. V.; PASINI, A.; BUENO, A. F.; BORTOLOTTI, O. C.; BARBOSA, G. C.; CRUZ, Y. K. S. No impact of Bt soybean that express Cry1Ac protein on biological traits of *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and its egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygasteridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 58, n. 3, p. 285- 290, 2014.

SIQUEIRA, F. **Biologia e flutuação populacional de *Mononychellus planki* (Mcgregor) (Acari: Tetranychidae) em cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merr. e impacto do imidacloprido em aspectos biológicos do adulto**. 2011. 79 fls. Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2011.

SISTERSON, M. S.; BIGGS, R. W.; OLSON, C.; CARRIÈRE, Y.; DENNEHY, T. J.; TABASHNIK, B. E. Arthropod abundance and diversity in bt and non-bt cotton fields. **Environmental Entomology**, v. 33, n. 4, p. 921- 929, 2004.

SOSA-GOMÉZ, D. R.; CARVALHO, M. C. G. G.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. A biotecnologia, o melhoramento e o manejo de pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. p. 725- 788.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 89p. (Documentos, 269).

SOTHERTON, N.W. The distribution and abundance of predatory arthropods overwintering on farmland. **Annual Applied of Biology**, v. 105, n. 3, p. 423- 429, 1984.

STELZL, M., DEVETAK, D. Neuroptera in agricultural ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.305 – 321, 1999.

STINNER, B. R.; HOUSE, G. J. Arthropods and other invertebrates in conservation- tillage agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 299-318, 1990.

SUENAGA, H.; HAMAMURA, T. Occurrence of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in cabbage fields and their possible impact on lepidopteran pests. **Applied Entomology Zoology**, v.36, p.151-160, 2001.

SUNDERLAND, K. D.; VICKERMAN, G. P. Aphid feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereal fields. **Journal of Applied Ecology**, v. 17, p. 389- 396, 1980.

TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R. Interactions of Bt-cotton and the omnivorous big-eyed bug *Geocoris punctipes* (Say), a key predator in cotton fields. **Biological Control**, v.39, p. 47-57, 2006.

Van EMDEN, H. F. The role of host plant resistance in insect pest management. **Bulletin of Entomologist Research**, v.81, p. 123- 126, 1991.

WAQUIL, J. M.; VILLELA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.

WILLIAMS, W. P.; SAGERS, J. B.; HANTEN, J. A.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and southwestern corn borer. **Crop Science**, v. 37, p. 957-962, 1997.

YAN, F.; BENGTSSON, M.; ANDERSON, P.; ANSEBO, L.; XU, C.; WITZGALL, P. Antennal response of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) to volatiles in transgenic Bt cotton. **Journal Applied Entomology**, v. 128, n. 5, p. 354-357, 2004.

YORINORI, J.T. **Cancro da haste da soja: epidemiologia e controle**. Londrina: Embrapa Soja, 1996. 75 p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, n.14).

APÊNDICES

APÊNDICE B

Manejo fitossanitário nas culturas de soja e milho, no ano agrícola de 2012/13. Londrina, PR,
Ano agrícola 2012/13.

Estádio fenológico¹	Tratamentos	Princípio ativo (p.a.)	Conc. p.a. no p.c.² (g/L)	Dose do p.c. (ml/ha)
Pré-Sem.	Todos	Diclosulam	840	41,7
Pré-Em.	T5 e T6	Glifosato	480	2700
Pré-Em.	T1 e T2	Bentazona	600	1600
R1	T7	Flubendiamida	480	25
R2	T5 e T6	Glifosato	480	2700
R2	T1 e T2	Cletodim	240	700
R2	T7	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	146+141	250
R3	T3, T4, T5 e T6	Glifosato	480	2700
R3	T7	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	146+141	250
R3	Todos	Azoxistrobina + Ciproconazol	200+80	300
R5.5	Todos	Azoxistrobina + Ciproconazol	200+80	300
R5.5	Todos	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	146+141	250
R6	T1, T2, T3, T4, T5 e T6	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	146+141	250
Pré-Em.	Todos	Glifosato	480	3000
Pré-Em.	T3, T4, T5, T6 e T7	2, 4- D- dimetilamina	806	1500
Pré-Em.	T7	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	146+141	250
V3	Todos	Atrazina	500	2000
V3	Todos	Tembotriona	420	240
V3	T7	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	146+141	250
V4	T1, T3 e T5	Flubendiamida	480	50
R1	Todos	Piraclostrobina + Epoxiconazol	133+50	750

¹Pré- Sem. refere-se ao período pré semeadura, ou seja, período que antecede o plantio da cultura, Pré-Em. refere-se ao período de pré-emergência da cultura; os demais estádios se referem a escala fenológica de Ritchie; Hanway e Thompson (1982) adaptada por Yorinori (1996). ²p.c. refere-se ao produto comercial.

APÊNDICE C

Manejo fitossanitário aplicado nas culturas de soja e milho, no ano agrícola de 2013/14.

Londrina, PR, Ano agrícola 2013/14.

Estádio fenológico¹	Tratamentos	Princípio ativo (p.a.)	Conc. p.a. no p.c.² (g/L)	Dose do p.c. (ml/ha)
Pré-Sem.	Todos	Glifosato	480	2000
Pré-Sem.	Todos	2, 4- D- dimetilamina	806	1500
Pré-Sem.	Todos	Glifosato	480	2700
Pré-Sem.	T1 e T2	Diclosulam	840	41.7
Pré-Sem.	T7	Lambda- cialotrina	7.5	30
V2	T3 e T4	Glifosato	480	2700
V2	T1 e T2	Bentazona	600	1600
V2	T1 e T2	Cletodim	240	2800
V2	T7	Glifosato	480	2800
V2	T7	Flubendiamida	480	50
R1 - R2	T7	Glifosato	480	2800
R1 - R2	T7	Tiametoxam + Lambda- cialotrina	146+141	250
R1 - R2	T7	Azoxistrobina + Ciproconazol	200+80	300
R2 - R3	Todos	Azoxistrobina + Ciproconazol	200+80	300
R5	T1, T2, T3, T4, T5 e T6	Tiametoxam + Lambda- cialotrina	146+141	250
R5	T1, T2, T3, T4, T5 e T6	Azoxistrobina + Ciproconazol	200+80	300
R5.4	Todos	Tiametoxam + Lambda- cialotrina	146+141	250
R5.4	Todos	Azoxistrobina + Ciproconazol	200+80	300
R5.5	T1, T2, T3 e T4	Clorantraniliprole	200	50
R5.5	T5 e T6	Tiametoxam + Lambda- cialotrina	146+141	250
R6	T1, T2, T3, T4, T5 e T6	Imidacloprido + Beta ciflutrina	100+12.5	1000
Pré-Em.	Todos	Atrazina	500	2000
Pré-Em.	Todos	Tembotriona	420	240
Pré-Em.	T7	Imidacloprido + Beta ciflutrina	100+12.5	1000
R1	Todos	Piraclostrobina + Epoxiconazol	133+50	750

¹Pré- Sem. refere-se ao período pré semeadura, ou seja, período que antecede o plantio da cultura, Pré-Em. refere-se ao período de pré-emergência da cultura; os demais estádios se referem a escala fenológica de Ritchie; Hanway e Thompson (1982) adaptada por Yorinori (1996). ²p.c. refere-se ao produto comercial.

APÊNDICE D
Armadilhas de queda “pitfall” utilizadas no experimento



APÊNDICE E
Disposição das armadilhas nas parcelas

