

BRUNA MAGDA FAVETTI

**BIOECOLOGIA DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) E O SEU PAPEL NO MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-
PRAGA NA CULTURA DA SOJA**

Botucatu

2017

BRUNA MAGDA FAVETTI

**BIOECOLOGIA DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) E O SEU PAPEL NO MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-
PRAGA NA CULTURA DA SOJA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientadora: Dra. Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

F273b Favetti, Bruna Magda, 1988-
Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* Riley
(Hymenoptera: Trichogrammatidae) e o seu papel no manejo
de lepidópteros-praga na cultura da soja / Bruna Magda
Favetti. - Botucatu : [s.n.], 2017
126 p.: il., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno
Inclui bibliografia

1. Soja - Doenças e pragas - Controle. 2. Pragas agrícolas - Controle biológico. 3. *Trichogramma*. 4. Parasitoides. I. Bueno, Regiane Cristina Oliveira de Freitas. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "BIOECOLOGIA DE Trichogramma pretiosum RILEY (HYMENOPTERA:TRICHOGRAMMATIDAE)
E O SEU PAPEL NO MANEJO DE LEPIDÓPTEROS-PRAGA NA CULTURA DA SOJA"

AUTORA: BRUNA MAGDA FAVETTI

ORIENTADORA: REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



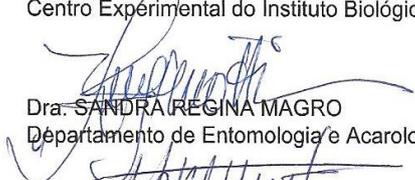
Profa. Dra. REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu



Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA
Depto. Entomologia e Acarologia / USP/ESALQ



Dr. VALMIR ANTONIO COSTA
Centro Experimental do Instituto Biológico



Dra. SANDRA REGINA MAGRO
Departamento de Entomologia e Acarologia / Koppert do Brasil Holding Ltda



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

Botucatu, 11 de abril de 2017.

Aos meus pais Edinalice França e Alvides José
Favetti (in memoriam),
dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu-SP pelo suporte na realização das etapas de ensino e pesquisa.

Aos professores e funcionários do programa de Pós-graduação em Agronomia (Proteção de Plantas) e departamento de Proteção Vegetal, em especial, ao professor Carlos Gilberto Raetano. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

A orientadora Dra. Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno, por ter me recebido em sua equipe, pelas oportunidades concedidas, paciência, apoio, incentivo e exemplo como profissional e pessoa que és.

Aos membros do grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na agricultura (AGRIMIP) e estagiários temporários por toda ajuda na execução da pesquisa, bem como, pela convivência durante os momentos de café e discussões. Levarei cada um de vocês comigo nesta nova jornada.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) por todo o suporte durante os trabalhos de campo e pela parceria ao longo das safras conduzidas, em especial ao Mario Munhoz.

A família por todo o apoio, compreensão e carinho, em especial aos meus pais Edinalice França e Alvides José Favetti (in memoriam), irmãos Edson Favetti e Voldete Favetti, tios Tamara França e Eloir Steiger, prima Eloisa Steiger, sobrinha Bianca Favetti e cunhados Carla Favetti e Ricardo Chagas.

Aos amigos que conheci em Botucatu-SP por toda a parceria e companheirismo nos dias difíceis e de descontração em especial a Cristiana Soares, João Paulo Paes, Lucas Barros, Leandro Cruz, Ana Laura Favoreto, João César, Thais Grassi, Nádia Bueno, Bruna Catoia, Lucas Passini, Vinícius Barreto, Mirela Nagaoka, Laís Cristina, Joanina Gladenucci e Andressa Brida.

Aos velhos amigos do Mato Grosso por todo o incentivo e apoio mesmo a distância foram importantes para mim, especialmente a Angélica Massaroli, Alessandra Butnariu, Thais Santos e Diones Krinski. Aos grandes amigos/irmãos Gesivânia Pires e Diego da Silva, por se fazerem presentes sempre em minha vida.

Agradeço também a todos aqueles que direta ou indiretamente ajudaram, apoiaram e estiveram presentes durante toda a minha jornada em Botucatu-SP e no doutorado.

Gratidão e aprendizado são as palavras que resumem tudo e todos durante este período.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas mais importantes no agronegócio brasileiro. Um dos principais problemas fitossanitários ocorrentes nesse cultivo é o ataque de insetos-praga, que estão presentes desde a emergência da plântula até a fase de colheita. O controle desses insetos é realizado a partir de inseticidas sintéticos. Porém, a tática de controle biológico tem sido cada vez mais utilizada no Brasil, tornando-se uma importante ferramenta no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Entre as opções, o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reduz a infestação de populações de insetos-praga da ordem Lepidoptera, propiciando menor impacto ambiental e a produção de alimentos mais saudáveis. Com isso, o presente trabalho verificou as características bioecológicas de *T. pretiosum* em espécies de Heliiothinae, como também avaliou diferentes quantidades e formas de liberação deste parasitoide, demonstrando o seu papel no manejo de lepidópteros-praga na cultura da soja. Para atingir este objetivo a tese foi dividida em quatro capítulos: (1) características biológicas e exigências térmicas de *T. pretiosum* em três espécies de Heliiothinae; (2) capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* em três espécies de Heliiothinae sob diferentes temperaturas; (3) técnicas de liberação de *T. pretiosum* para o controle de lepidópteros-praga da soja; (4) manejo integrado de insetos-praga na cultura da soja com e sem controle biológico. No laboratório avaliou-se o potencial do parasitoide de ovos no controle das espécies de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) sendo os experimentos mantidos em câmaras climatizadas (BOD), nas temperaturas de 15, 20, 25, 30 e 35 ± 2 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14 horas. No campo, os experimentos de avaliação das diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* (adulto e cápsula contendo pupas protegidas) e quantidade de *T. pretiosum* liberado (120 mil e 60 mil parasitoides/liberação/hectare), bem como, o manejo de insetos-praga com e sem a liberação deste parasitoide, foram conduzidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” - FCA/UNESP, Campus Botucatu-SP, safras 2014/15 e 2015/16. Pode-se afirmar que *T. pretiosum* controla as espécies de Heliiothinae e a temperatura influencia a biologia e capacidade de parasitismo deste inseto, com impacto negativo nas temperaturas

extremas (15 e 35°C). Tanto a liberação de *T. pretiosum* via cápsula contendo pupas protegidas quanto adulto, bem como o uso de 120 mil parasitoides/liberação/hectare, exercem o controle das populações de lepidópteros-praga. A adoção do manejo biológico de lepidópteros com o uso de *T. pretiosum* evitou a utilização de inseticidas nas duas safras avaliadas, uma vez que o nível de controle não foi atingido. De maneira geral, conclui-se o agente biológico *T. pretiosum* é eficiente no controle de lepidópteros-praga e, juntamente com a adoção dos preceitos do MIP (monitoramento, adoção do nível de controle e integração de táticas), favorece a atuação de agentes benéficos, subsidiando assim a perspectiva de inserção desse parasitoide de ovos em programas de MIP-Soja, visando à busca por um ambiente agrícola mais sustentável.

Palavras-chave: *Glycine max*, Controle Biológico, Lepidoptera, Parasitoides de ovos.

ABSTRACT

The Soybean (*Glycine max*) is one of the most important crops in Brazilian agribusiness. One of the main phytosanitary problems occurring in this crop is the attack of insect pests, which are present from the emergence of the seedling until the harvest. The control of these insects is carried out from synthetic insecticides. However, the biological control tactic has been increasingly used in Brazil, becoming an important tool in Integrated Pest Management (IPM). Among the options, the *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) is a parasitoid egg reduces the infestation of populations of insect pests of the order Lepidoptera, providing less environmental impact and the production of healthier foods. Thus, the present work verified the bioecological characteristics of *T. pretiosum* in Heliiothinae species, as well as evaluating different amounts and forms of release of this parasitoid, demonstrating its role in the management of lepidopteran pests in the soybean crop. To achieve this objective the thesis was divided into four chapters: (1) biological characteristics and thermal requirements of *T. pretiosum* in three species of Heliiothinae; (2) the parasitism capacity of *T. pretiosum* in three Heliiothinae species under different temperatures; (3) techniques for the release of *T. pretiosum* for the control of lepidopteran pests of soybean; (4) integrated pest-insect management in soybean crop with and without biological control. In the laboratory the potential of the parasitoid of the eggs in the control of the species of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Chloridea virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) were evaluated in temperatures of 15, 20, 25, 30 and 35 ± 2°C, relative humidity of 70 ± 10% and photophase of 14 hours. In the field, the evaluation experiments of the different techniques of *T. pretiosum* release (adult and capsule containing protected pupae) and quantity of *T. pretiosum* released (120 thousand and 60 thousand parasitoids/release/hectare), as well as the management of pest insects with and without the release of this parasitoid, were conducted at Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” - FCA/UNESP, Campus Botucatu-SP, in 2014/15 and 2015/16 seasons. The *T. pretiosum* controls Heliiothinae species and temperature influences the biology and parasitism capacity of this insect, with a negative impact on extreme temperatures (15 and 35 °C). Both the release of *T. pretiosum* via capsule containing protected pupae as adult, as well

as 120 thousand parasitoids/release/hectare exert control of the populations of lepidopteran pest. The adoption of biological management of lepidopteran with the use of *T. pretiosum* avoided the use of insecticides in the two seasons evaluated, once the level of control was not reached. In general, the biological agent *T. pretiosum* is efficient in controlling lepidopteran pests and, together with the adoption of IPM precepts (monitoring, adoption of the level of control and integration of tactics), favors the performance of agents beneficial, thus subsidizing the perspective of insertion of this parasitoid of eggs into IPM-Soybean programs, aiming at the search for a more sustainable agricultural environment.

Keywords: *Glycine max*, Biological Control, Lepidoptera, Eggs parasitoids.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1 - Emergência (%), tempo de desenvolvimento (dias) e número de parasitoides/ovo de *Trichogramma pretiosum* em três espécies de Heliiothinae submetido a diferentes temperaturas constantes (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h) (Média ± EP).....33
- Tabela 2 - Parasitismo (%), razão sexual e longevidade das fêmeas (dias) de *Trichogramma pretiosum* em hospedeiros de três espécies de Heliiothinae submetido a diferentes temperaturas constantes (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h) (Média ± EP)34

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 - Médias (± EP) do número total de ovos parasitados por fêmea e longevidade de *Trichogramma pretiosum* sobre ovos dos hospedeiros *Chloridea virescens*, *Helicoverpa armigera* e *Helicoverpa zea* em diferentes temperaturas (UR:70 ± 10% e fotofase: 14h).52

CAPÍTULO 4

- Tabela 1 - Ocorrência (%) das principais espécies de inseto-praga na cultura da soja em áreas com MIP e MIP+CB, safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP. 100
- Tabela 2 - Ocorrência (%) de inimigos naturais na cultura da soja em áreas com MIP e MIP+CB nas safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP..... 101
- Tabela 3 - Valores médios do peso de 1000 grãos (g) e peso líquido em kg e sacas/ha de plantas de soja em áreas com MIP e MIP + CB. Botucatu-SP, Safra 2014/15. 110
- Tabela 4 - Valores médios do peso de 1000 grãos (g) e peso líquido em kg e sacas/ha de plantas de soja em áreas com MIP e MIP + CB. Botucatu-SP, Safra 2015/16. 111

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Tempo (dias) e velocidade de desenvolvimento (1/D) de *Trichogramma pretiosum* mantido em ovos dos hospedeiros *Chloridea virescens* (A), *Helicoverpa armigera* (B) e *Helicoverpa zea* (C) sob diferentes temperaturas constantes (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14h).....35

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Número de ovos parasitados/dia e parasitismo acumulado ao longo da vida (%) de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Chloridea virescens* sob diferentes temperaturas (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h).53

Figura 2 - Número de ovos parasitados/dia e parasitismo acumulado ao longo da vida (%) de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Helicoverpa armigera* sob diferentes temperaturas (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h).....54

Figura 3 - Número de ovos parasitados/dia e parasitismo acumulado ao longo da vida (%) de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Helicoverpa zea* sob diferentes temperaturas (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h).55

Figura 4 - Curva de sobrevivência de *Trichogramma pretiosum* mantidos em ovos de *Chloridea virescens*, *Helicoverpa armigera* e *Helicoverpa zea* em diferentes temperaturas (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h).56

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP.....69

Figura 2 - População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP.....70

Figura 3 - Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP.....71

- Figura 4 - População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP. 72
- Figura 5 - Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) obtidos em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida..... 75
- Figura 6 - Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) obtidos em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida..... 76
- Figura 7 - População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) obtidas de áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida..... 79
- Figura 8 - População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) obtidas de áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida..... 80
- Figura 9 - Dados climáticos do período em que foram conduzidos os experimentos de avaliação de técnicas de liberação de *T. pretiosum* durante as safras 2014/15 (A) e 2015/16 (B), Botucatu, SP. Setas pretas indicam as liberações de *T. pretiosum*..... 82

CAPÍTULO 4

- Figura 1 - Flutuação populacional e desfolha (%) de lagartas (A) e percevejos (B) ocorrentes em cultivo de soja em áreas com MIP e MIP+CB na safra 2014/15, Botucatu-SP. Seta pontilhada indica aplicação de inseticida. Seta contínua indica liberação de *T. pretiosum*..... 103
- Figura 2 - Flutuação populacional e desfolha (%) de lagartas (A) e percevejos (B) ocorrentes em cultivo de soja em áreas com MIP e MIP+CB na safra 2015/16, Botucatu-SP. Seta pontilhada indica aplicação de inseticida. Seta contínua indica liberação de *T. pretiosum*.....104
- Figura 3 - Parasitismo (%) e número de ovos de lepidópteros/planta em cultivo de soja em áreas tratadas com MIP e MIP+CB nas safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP. Seta contínua indica liberação de *T. pretiosum*. Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferiram entre si de acordo com o teste *t* (5%). *Não significativo segundo o teste *t* (5%). 107
- Figura 4 - Dados climáticos do período em que foram conduzidos os experimentos em cultivo de soja nas safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP. Setas pretas indicam as liberações de *T. pretiosum*. 109

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	21
CAPÍTULO 1 - Características biológicas e exigências térmicas de <i>Trichogramma pretiosum</i> em três espécies de Heliothinae.....	25
Introdução	26
Material e Métodos.....	28
Criação e manutenção dos hospedeiros alvos.....	29
Criação e multiplicação do parasitoide.....	29
Características biológicas e exigências térmicas de <i>T. pretiosum</i> em ovos de <i>C. virescens</i> , <i>H. armigera</i> e <i>H. zea</i> em diferentes temperaturas.....	30
Resultados	31
Discussão.....	36
Referências	40
CAPÍTULO 2 - Capacidade de parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em três espécies de Heliothinae sob diferentes temperaturas.....	45
Introdução	47
Material e Métodos.....	48
Criação e manutenção dos lepidópteros-praga.....	48
Criação e multiplicação de <i>T. pretiosum</i>	49
Capacidade de parasitismo de <i>T. pretiosum</i> em ovos de três espécies de Heliothinae em diferentes temperaturas.....	50
Resultados	51
Discussão.....	56
Referências	59
CAPÍTULO 3 - Técnicas de liberação de <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de lepidópteros-praga da soja.....	59
Introdução	64

Material e Métodos	66
Resultados.....	68
Discussão.....	83
Referências.....	88
CAPÍTULO 4 - Manejo integrado de insetos-praga na cultura da soja com e sem controle biológico	92
Introdução.....	94
Material e Métodos	95
Monitoramento de insetos-praga e inimigos naturais	96
Liberação de <i>Trichogramma pretiosum</i>	96
Manejo Fitossanitário.....	97
Avaliação de produtividade.....	97
Delineamento e análise estatística	98
Resultados.....	98
Lepidópteros e pentatomídeos.....	99
Inimigos naturais	100
Flutuação populacional de insetos e ovos de lepidópteros na cultura da soja.....	101
População de lepidópteros e pentatomídeos	101
População de ovos de lepidópteros	104
Desfolha em cultivo de soja	105
Parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> em cultivo de soja.....	106
Dados climáticos durante as safras de soja 2014/15 e 2015/16.....	108
Parâmetros de produtividade da cultura da soja.....	110
Discussão	111
Referências.....	116
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS	123

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja (*Glycine max*) ocupa lugar de destaque na agricultura brasileira, sendo o mais importante produto de exportação, que coloca o país, no segundo lugar do ranking de produção mundial (FAO, 2017). Na safra 2015/2016, a produção foi de aproximadamente 102 milhões de toneladas (IBGE, 2016). As áreas agricultáveis de soja ocorrem em todo o território brasileiro desde a região sul, sudeste, até em áreas do nordeste e norte, sendo o centro-oeste o detentor da maior produção nacional (CONAB, 2016). A expansão do cultivo de soja ocorreu pelos vários avanços no sistema produtivo nos últimos anos, bem como, pelo desenvolvimento de cultivares novas, que garantem maior potencial produtivo e características adequadas para plantio em diversas épocas e regiões (MAPA, 2012).

Contudo, o ataque de insetos-praga é um dos principais problemas enfrentados nesse cultivo, uma vez que, ocorrem durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, causando injúrias e danos em diversas estruturas da planta, ocasionando prejuízos na produção de soja (BUENO et al., 2012a). O ataque do complexo de lagartas e percevejos é considerado o mais importante na soja (EMBRAPA, 2006; 2013). Com o consumo das folhas, os lepidópteros reduzem a taxa fotossintética da planta e, se alimentando das vagens, diminuem a produção de grão. Os percevejos destacam-se no período reprodutivo da soja e por se alimentarem diretamente dos grãos, reduzem a qualidade das sementes (PANIZZI et al., 2012; CORRÊA-FERREIRA e AZEVEDO, 2002).

Dos lepidópteros causadores de danos, a lagarta-falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada praga-chave da cultura, seguida pela lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebidae) (BORTOLOTTO et al., 2015). Atualmente, surtos de pragas que antes não tinham importância econômica vêm causando mudança na dinâmica populacional de ocorrência de insetos-praga nas lavouras de soja do Brasil (SANTOS et al. 2005; WIEST e BARRETO, 2012). Um exemplo disso são as lagartas do complexo *Spodoptera*, como *Spodoptera cosmioides* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) e *Spodoptera eridania* Cramer (Lepidoptera: Noctuidae), consideradas pragas importantes, principalmente na fase reprodutiva (BUENO et al., 2007). Outra situação ocorreu na safra 2012/2013, onde foram relatados por

produtores ataques severos de lagartas de representantes da subfamília Heliiothinae, em cultivos de soja nos Estados do Maranhão, Piauí, bem como no Sul do Paraná, onde causaram severos danos durante os estádios iniciais da soja e período reprodutivo. Além disso, essas lagartas foram também observadas atacando essa cultura nos Estados de Goiás, Mato Grosso e Norte do Mato Grosso do Sul Brasil (CZEPAK et al., 2013ab). A suspeita predominante recaiu sobre a ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) (ÁVILA et al., 2013; EMBRAPA, 2013; SPECHT et al., 2013).

O controle desses insetos é realizado prioritariamente com a pulverização de inseticidas químicos. Porém, essa prática tem sido muitas vezes realizada de forma abusiva e errônea, acarretando vários problemas à saúde humana, contaminação do solo e da água, seleção de insetos-praga resistentes às moléculas químicas, redução da fauna benéfica, bem como, aumento nos custos de produção (SOSA-GÓMEZ e OMOTO, 2012).

Frente às novas tecnologias disponíveis no cultivo da soja, é importante salientar que para o manejo adequado da cultura é importante à adoção de estratégias de controle de pragas dentro do contexto de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (PANIZZI, 2013). O MIP é definido como a tomada de decisão a partir do uso de táticas de controle, de forma isolada ou em conjunto, levando em consideração aspectos econômicos, ambientais e sociais (KOGAN, 1998). A filosofia do MIP baseia-se na premissa de que não são todos os insetos que necessitam de controle e que alguns níveis de infestação são toleráveis sem redução econômica de produção (PEDIGO e HIGLEY, 1996; PETERSON e HIGLEY, 2000).

Assim, considerando a importância nacional e o tamanho da área plantada com soja, a utilização de táticas de MIP contribui para diminuição do uso abusivo, sem posicionamento técnico e desnecessário de agrotóxicos. No caso específico dos inseticidas, o controle realizado atualmente não utiliza como base a população de pragas existente na lavoura, respeitando o nível de dano econômico, e sim se baseando em critérios subjetivos de percepção do agricultor, que utiliza aplicações pré-programadas em calendário visando, muitas vezes, aproveitar outras operações agrícolas, como as aplicações de herbicidas e/ou fungicidas (BUENO et al., 2011a).

Uma alternativa para reduzir os impactos negativos dos produtos fitossanitários ao ambiente é o uso do controle biológico, que vem cada vez mais se

desenvolvendo no Brasil, tornando-se uma importante ferramenta do MIP (BUENO et al., 2012a; PARRA, 2014; BORTOLOTTO et al., 2015).

A utilização do controle biológico vem atraindo cada vez mais produtores e também grandes empresas que atuam na área de insumos agrícolas, tornando-se um bem necessário para o novo cenário agrícola brasileiro, uma vez que minimiza os problemas do cenário abusivo e irracional de produtos fitossanitários, usados na cultura da soja. O uso de produtos biológicos está em franca expansão no país, por reduzir simultaneamente resíduos no alimento, pela maior durabilidade no mercado, comparado aos agrotóxicos, uma vez que não favorece a seleção de indivíduos resistentes, além de não representar risco ambiental.

Para o manejo das principais pragas no cultivo de soja uma possibilidade de controle que tem mostrado bons resultados é a liberação de inimigos naturais (BUENO et al., 2009a; BUENO, et al., 2012ab). Para o controle de lepidópteros os parasitoides do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) têm sido amplamente utilizados (PARRA e ZUCCHI, 2004; BUENO et al., 2009b; 2011a), uma vez que controla a fase de ovo, matando a praga antes mesmo de causar o dano.

Os micro-himenópteros desse gênero diferem-se da maioria devido ao tamanho diminuto variando de 0,2 a 1,5 mm. Foram descritas 229 espécies de *Trichogramma* em que 28 delas, foram registradas no Brasil (ZUCCHI et al., 2010; PARRA et al., 2015; NOYES, 2016; QUERINO et al., 2017) como importantes agentes de mortalidade bióticas.

Esses insetos possuem características que contribuem para o uso em programas de controle biológico, como a ampla distribuição geográfica, a alta especificidade e eficiência no parasitismo, bem como, plasticidade hospedeira, sendo constatados parasitando ovos de pragas de milho, arroz, soja, cana-de-açúcar, sorgo, algodoeiro, florestais, frutíferas, hortaliças e ornamentais (HASSAN, 1993; PARRA, 2010).

Das espécies pertencentes ao gênero *Trichogramma*, a vespinha *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) destaca-se por ser a mais utilizada no mundo, devido à facilidade de criação em hospedeiros alternativos e a agressividade no parasitismo de ovos de lepidópteros-praga, uma vez que é uma espécie generalista (PARRA e ZUCCHI, 1997; 2004).

Em condições de laboratório e campo, *T. pretiosum* tem eficiência no controle de lepidópteros-praga da soja. No laboratório, esse parasitoide tem potencial em

controlar as pragas chave *C. includens* e *A. gemmatalis*, com parasitismo de 100 e 95,14%, respectivamente, na temperatura de 25°C (BUENO et al., 2009a; SIQUEIRA et al., 2012). Em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *T. pretiosum* apresenta uma emergência acima de 80% em temperaturas entre 18 e 32°C (BUENO et al., 2010). Para a espécie *H. armigera*, o parasitismo por *T. pretiosum* da linhagem RV, pode atingir 63,85% a 25°C (PEREIRA, 2016).

Em condições de campo, *T. pretiosum* ocorre naturalmente em cultivos de soja no Mato Grosso e Paraná. No município de Tangará da Serra-MT, durante as safras 2008/09 e 2009/10, o parasitismo chegou a 30% e 40,2%, respectivamente, nos hospedeiros *C. includens*, *A. gemmatalis* e *Spodoptera* spp. (MASSAROLI et al., 2014). No Paraná, *T. pretiosum* foi à espécie mais comum encontrada em quatro safras e em várias localidades no Sul do estado, parasitando 90% dos ovos de *A. gemmatalis* (FOERSTER e AVANCI, 1999). Com a liberação de diferentes densidades de *T. pretiosum* em cultivo de soja no estado de Goiás, a densidade de 51,2 fêmeas/ovo propicia um parasitismo de até 80% dos ovos de *A. gemmatalis* e 90% dos ovos de *C. includens* (BUENO et al., 2012c).

A eficiência de *T. pretiosum* pode ser afetada por vários fatores bióticos e abióticos, que influenciam a performance dessa espécie (PRATISSOLI et al., 2003). Assim, para a utilização mais efetiva desse inimigo natural, as liberações no campo dependem basicamente do conhecimento dos aspectos bioecológicos do parasitoide em questão, sua interação sobre os hospedeiros alvos, linhagem utilizada, densidade da praga, época e número de liberações, quantidade e forma de liberação, relação com a fenologia da planta e efeito das condições climáticas, sendo estas etapas fundamentais para o desenvolvimento comercial do pacote tecnológico que utilize *T. pretiosum* no controle biológico aplicado do complexo de lepidópteros na cultura da soja.

Com isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar as características bioecológicas de *T. pretiosum* em espécies de Heliothinae e aprimorar as informações referentes à liberação deste parasitoide, demonstrando o seu papel no manejo de lepidópteros-praga, visando à sustentabilidade do agroecossistema envolvendo a cultura da soja.

CAPÍTULO 1

Características biológicas e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* em três espécies de Heliothinae

Bruna Magda Favetti¹, Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno¹

¹Departamento de Proteção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rua José Barbosa de Barros 1780, 18.610-307, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: favettibruna@yahoo.com.br

Resumo Avaliaram-se as características biológicas e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley nos hospedeiros *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Helicoverpa zea* (Boddie) e *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). Fêmeas recém-emergidas foram individualizadas, sendo a elas oferecidas cartelas contendo ovos de cada hospedeiro. O parasitismo foi permitido por 24 horas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Em seguida, as fêmeas e cartelas foram submetidas a 15, 20, 25, 30 e 35°C . O tempo de desenvolvimento e razão sexual foram influenciados pelas temperaturas de 15 e 35°C . O parasitismo foi superior a 80% em 25°C . A emergência foi inferior a 90% quando submetidos a 35°C . O número de parasitoides/ovo foi inferior a 20 e 35°C . As exigências térmicas de *T. pretiosum* indicam que esta espécie requer 147,05 graus-dia acima do limiar de $10,63^\circ\text{C}$ (*C. virescens*), 151,51 graus-dias acima do limiar de $9,78^\circ\text{C}$ (*H. armigera*) e 156,25 graus-dias acima do limiar de $10,17^\circ\text{C}$ (*H. zea*). Conclui-se que todas as temperaturas e hospedeiros foram viáveis e permitiram o desenvolvimento do parasitoide, com influência negativa nas temperaturas extremas.

Palavras-chave: Parasitoide de ovos, Adaptabilidade, Temperaturas constantes.

Abstract The biological characteristics and thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* Riley in *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Helicoverpa zea* (Boddie) and *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) were evaluated. Newly emerged females were individualized, being offered cards containing eggs from each host. Parasitism was allowed for 24 hours at 25 ± 2 °C. After the females and cards were submitted to 15, 20, 25, 30 and 35 °C. Developmental time and sex ratio were influenced by temperatures of 15 and 35 °C. Parasitism was higher than 80% at 25 °C. The emergency was less than 90% when submitted to 35°C. The number of parasitoids/egg was less than 20 and 35 °C. The thermal requirements of *T. pretiosum* indicate that this species requires 147,05 degree-days above the threshold of 10,63 °C (*C. virescens*), 151,51 degree-days above the threshold of 9,78 °C (*H. armigera*) and 156.25 degree-days above the threshold 10,17 °C (*H. zea*). It was concluded that all temperatures and hosts were viable and allowed parasitoid development, with negative influence on extreme temperatures.

Key-words: Eggs parasitoid, Adaptability, Constant temperatures.

Introdução

Das plantas de interesse econômico a cultura da soja se destaca como sendo o principal produto comercializado no Brasil (Ibge 2016). O ataque de insetos-praga é um dos problemas fitossanitários que assolam esse cultivo podendo causar prejuízos econômicos aos sojicultores.

Dos lepidópteros presentes na soja *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae)

são consideradas pragas-chave (Bortolotto et al. 2015). No entanto, surtos populacionais de pragas secundárias e novas pragas vêm preocupando os produtores. Na safra 2012/2013, espécies da subfamília Heliiothinae causaram severos danos durante os estádios iniciais e período reprodutivo da soja (Czepak et al. 2013). A suspeita predominante recaiu sobre a ocorrência de representantes das espécies *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Helicoverpa zea* (Boddie) e *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) (Ávila et al. 2013).

A recente introdução de *H. armigera* no Brasil e surto populacional das demais espécies de Heliiothinae favoreceram a implementação de outras táticas de controle disponíveis dentro do manejo integrado de pragas (MIP) (Parra 2014). Dessas, o controle biológico é uma das que mais se destacam no Brasil, uma vez que, para os Heliiothinae, o controle químico tem sido ineficiente e praticamente não existiam inseticidas registrados para *Chloridea* e *Helicoverpa* na cultura da soja antes do período que causaram surto (Kuss et al. 2016).

Dos inimigos naturais existentes, os parasitoides do gênero *Trichogramma* apresentam associação com ovos de espécies de Heliiothinae (Ávila et al. 2013). A espécie *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é a mais estudada no mundo, devido à facilidade de criação em hospedeiros alternativos, agressividade no parasitismo de ovos de lepidópteros e o fato de ser uma espécie generalista (Parra e Zucchi 1997, 2004). Esse agente biológico apresenta grande potencial para o controle das principais espécies de desfolhadores da soja (Bueno et al. 2009, 2010, 2012). No entanto, para Heliiothinae o potencial biológico foi pouco explorado.

O sucesso na utilização de *T. pretiosum* depende basicamente do conhecimento das características biológicas desse inimigo natural nos hospedeiros

alvos, bem como, da influência de fatores bióticos no desenvolvimento do parasitoide. Com isso, é possível a implementação de um plano de controle biológico com o posicionamento mais preciso desse inimigo natural visando um controle eficiente no campo (Pratissoli e Parra 2000).

Das condições bióticas, a temperatura é o fator climático mais importante que afeta os insetos e também parasitoides do gênero *Trichogramma*, uma vez que o desenvolvimento destes parasitoides aumenta ou diminui com a temperatura (Harrison et al. 1985; Pratissoli e Parra 2000; Bueno et al. 2009; Foerster et al. 2014). Com isso, torna-se importante determinar os requisitos térmicos desta espécie, permitindo assim, a previsão da temperatura ideal para o desenvolvimento de *T. pretiosum* nos hospedeiros alvos (Pratissoli 1995).

Em um país neotropical no qual o clima varia ao longo das regiões, estudos que contemplem a influência de diferentes temperaturas no desenvolvimento de *T. pretiosum* em hospedeiros com potencial pouco explorado são fundamentais para potencializar o uso desse agente benéfico no controle de lepidópteros-praga nas diversas regiões do Brasil. Assim, o objetivou-se com este trabalho avaliar as características biológicas e exigências térmicas de *T. pretiosum* em três espécies de Heliiothinae sob diferentes temperaturas.

Material e Métodos

O experimento e as criações dos insetos foram conduzidos nos laboratórios do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas da Agricultura (AGRIMIP) pertencentes à Faculdade de Ciências Agronômicas da FCA/UNESP – Campus de Botucatu-SP.

Criação e manutenção dos hospedeiros alvos

As lagartas das espécies *C. virescens*, *H. armigera* e *H. zea* foram mantidas em dieta artificial desenvolvida por Greene et al. (1976). Lagartas neonatas foram individualizadas em cápsulas de plásticos (6 cm de diâmetro x 2 cm de altura) contendo dieta, onde foram mantidas até a formação de pupas. As pupas foram separadas, sexadas e transferidas para as gaiolas de adultos confeccionadas com tubos de PVC (10 cm de diâmetro e 21,5 cm de altura).

Essas gaiolas foram cobertas na parte superior com tecido branco tipo *voile* e revestidas internamente com folhas de papel kraft como substrato de oviposição, e mantidas em bandejas plásticas contendo um filme de água para manutenção da umidade nas gaiolas. Após a emergência, os adultos foram alimentados com uma solução de mel a 10%, acondicionada em frasco plástico com algodão embebido. As folhas de kraft, bem como o tecido contendo as posturas, foram removidas das gaiolas, recortadas com o auxílio de tesoura e acondicionadas em copos plásticos (500 ml) até a eclosão das lagartas. Os copos plásticos foram mantidos em sala climatizada (25 ± 2 °C, UR $60 \pm 10\%$, e 14 h de fotofase).

Criação e multiplicação do parasitoide

Os parasitoides foram multiplicados em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Parra 1997). Os ovos do hospedeiro alternativo foram submetidos ao processo de esterilização pela exposição à luz germicida ultravioleta por um período de 45 minutos, inviabilizando os embriões.

Em seguida, os ovos do hospedeiro alternativo foram colados em cartelas de papel couchê (20 x 10 cm) com goma arábica diluída em água (50%). As cartelas contendo os ovos foram acondicionadas nos potes plásticos (capacidade de 4 L) que

tinha a extremidade fechada com plástico filme de PVC e elástico, no qual foram oferecidos aos adultos de *T. pretiosum* da linhagem RV, para o parasitismo por 24 horas, em sala climatizada (temperatura de 25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h). Após esse período, as cartelas com os ovos parasitados foram retiradas e mantidas em outros potes plásticos para a emergência dos adultos. Após a emergência dos parasitoides, os mesmos foram alimentados com gotículas de mel puro oferecidas na parte inferior dos potes.

Características biológicas e exigências térmicas de *T. pretiosum* em ovos de *C. virescens*, *H. armigera* e *H. zea* em diferentes temperaturas

Cartelas de papel couchê (7 cm x 1 cm) contendo 20 ovos de cada hospedeiro (com até 24 h) foram individualmente introduzidas em tubos tipo Duran (8 cm x 2 cm de diâmetro), contendo no interior uma gotícula de mel puro e uma fêmea do parasitoide. Posteriormente, os tubos foram fechados com filme plástico PVC, sendo o parasitismo permitido por 24 h, em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

Após o parasitismo, as cartelas foram retiradas e colocadas, individualmente, em tubos tipo Duran, mantidos em diferentes temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30 $35 \pm 2^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, condições diferente da que ocorreu o parasitismo.

Foram determinadas as seguintes características biológicas de *T. pretiosum*: duração do período ovo-adulto (dias), porcentagem de parasitismo e emergência, razão sexual (fêmea / (fêmea + macho)), número de indivíduos por ovo e longevidade das fêmeas. A contagem dos ovos parasitados, emergidos, número de

parasitoides e determinação do sexo foi realizada com a ajuda de um estereomicroscópio.

Calculou-se o limiar térmico inferior (T_b) (expresso em graus Celsius) e a constante térmica (K) (expressos em graus-dias) aplicando o método da hipérbole (Haddad et al. 1995) com base no tempo de desenvolvimento do parasitoide em temperaturas constantes de 15, 20, 25, 30 e 35 °C em ovos de *C. virescens*, *H. armigera* e *H. zea*.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de cinco temperaturas x três hospedeiros, contendo 20 repetições cada. Os dados foram submetidos às análises para avaliar as pressuposições de normalidade dos resíduos, através do teste de Shapiro-Wilk (5%) e a homogeneidade de variância dos tratamentos. Quando necessário, os dados foram transformados em $\sqrt{(x + 0.5)}$ e, em seguida, submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$) através dos softwares Sisvar 5.6 e Statística 7.0.

Resultados

Os aspectos biológicos de *T. pretiosum* foram afetados pelas temperaturas nos hospedeiros avaliados, com interação significativa no parasitismo, razão sexual e longevidade, sendo os demais parâmetros, analisados isoladamente. O tempo de desenvolvimento do parasitoide nos hospedeiros alvos foi estatisticamente maior na temperatura de 15 °C, sendo que *T. pretiosum* demorou 28,31 dias para completar o desenvolvimento de ovo-adulto e, em 35 °C, apenas 5,96 dias (Tabela 1).

O parasitismo de *T. pretiosum* foi influenciado pelas temperaturas para os diferentes hospedeiros, sendo acima de 82% nos ovos de todas as espécies de Heliiothinae a 25°C, e variando nas temperaturas de 15, 20, 30 e 35 °C. Houve

diferença nos hospedeiros apenas quando o parasitoide foi submetido a 30 e 35 °C (Tabela 2). A emergência de *T. pretiosum* foi significativamente menor (89,17%) apenas quando mantidos na temperatura de 35 °C, sendo similar (acima de 98%) nos demais hospedeiros testados (Tabela 1).

O número de parasitoides/ovo foi similar entre os Heliiothinae avaliados, apresentando diferenças apenas nas temperaturas de 20 (1,57) e 35 °C (1,61) (Tabela 1). A razão sexual de *T. pretiosum* diferiu nas temperaturas extremas, sendo que em ovos de *C. virescens* a 35 °C foi de 0,77 e, a 15 °C em *H. armigera* de 0,79. O hospedeiro que mais interferiu negativamente neste parâmetro foi *C. virescens* a 35°C, e os demais não diferiram entre si (Tabela 2).

A longevidade das fêmeas do parasitoide, em todos os hospedeiros, foi maior na temperatura de 15 °C e menor em 35 °C (Tabela 2). A vespinha teve a longevidade prolongada quando mantidas a 15 °C e 20 °C, sendo que, a 15 °C *T. pretiosum* em ovos de *H. armigera* apresentou-se mais longo com 20,70 dias e, a 20°C, demorou 17,52 dias quando mantido em ovos de *H. zea* (Tabela 2).

O tempo de desenvolvimento (ovo-adulto) em função da velocidade de desenvolvimento nas temperaturas constantes (15, 20, 25, 30 e 35 °C) permitiu determinar o limiar térmico (T_b) e a constante térmica (K). Para *T. pretiosum* mantido em ovos de *C. virescens* o parasitoide requer 147,05 graus-dias (K) acima do limiar de 10,63 °C (T_b), em ovos de *H. armigera* 151,51 graus-dias (K) acima do limiar de 9,78 °C (T_b) e, em ovos de *H. zea*, 156,25 graus-dias (K) acima do limiar de 10,17 °C (T_b). O coeficiente de determinação (R^2) para o Limiar (T_b) e constante térmica (K) de *T. pretiosum* em ovos dos hospedeiros *C. virescens*, *H. armigera* e *H. zea* foram de 99,91, 99,67 e 99,22%, respectivamente, o que foi considerado satisfatório para assegurar uma boa confiabilidade dos resultados ($P < 0,05$) (Fig. 1).

Tabela 1 Emergência (%), tempo de desenvolvimento (dias) e número de parasitoides/ovo de *Trichogramma pretiosum* em três espécies de Heliiothinae submetido a diferentes temperaturas constantes (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h) (Média ± EP)

Temperatura (°C)	Emergência (%) ¹	Tempo de desenvolvimento (dias)	Parasitoide/ovo (Nº)
15	99,18 ± 0,33 a	28,31 ± 0,28 a	1,70 ± 0,03 a
20	99,05 ± 0,35 a	16,02 ± 0,10 b	1,57 ± 0,03 ab
25	98,68 ± 0,34 a	10,33 ± 0,13 c	1,54 ± 0,02 a
30	99,07 ± 0,39 a	7,90 ± 0,10 d	1,71 ± 0,03 a
35	89,17 ± 2,80 b	5,96 ± 0,09 e	1,61 ± 0,03 ab
F	9,344	2869,4	0,3766
P	0,0001	0,0001	0,0039
Hospedeiros	Emergência (%)	Tempo de desenvolvimento (dias)	Parasitoide/ovo (Nº)
<i>C. virescens</i>	95,21 ± 1,39 a	13,79 ± 0,84 a	1,65 ± 0,02 a
<i>H. armigera</i>	98,07 ± 0,79 a	13,22 ± 0,78 b	1,60 ± 0,03 a
<i>H. zea</i>	97,80 ± 0,93 a	14,11 ± 0,83 a	1,64 ± 0,02 a
F	1,99	11,80	0,98
P	0,14	0,0001	0,3766
CV (%)	6,43	8,75	6,49

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferiram entre si segundo o teste de Tukey (5%).

Tabela 2 Parasitismo (%), razão sexual e longevidade das fêmeas (dias) de *Trichogramma pretiosum* em hospedeiros de três espécies de Heliiothinae submetido a diferentes temperaturas constantes (UR: 70 ± 10% e fotofase de 14 h) (Média ± EP)

Temperaturas (°C)	Parasitismo (%) ¹			Razão sexual			Longevidade das fêmeas (dias)		
	<i>C. virescens</i>	<i>H. armigera</i>	<i>H. zea</i>	<i>C. virescens</i>	<i>H. armigera</i>	<i>H. zea</i>	<i>C. virescens</i>	<i>H. armigera</i>	<i>H. zea</i>
15	58,52 ± 2,52 bA	58,52 ± 5,98 cA	58,52 ± 4,94 bcA	0,81 ± 0,02 abA	0,79 ± 0,03 bA	0,81 ± 0,02 aA	17,52 ± 1,30 aB	20,70 ± 0,64 aA	20,41 ± 0,77 aAB
20	68,52 ± 2,13 bA	72,94 ± 2,27 abA	75,00 ± 2,84 aA	0,87 ± 0,01 aA	0,85 ± 0,01 abA	0,85 ± 0,01 aA	13,70 ± 0,96 bB	14,41 ± 1,49 bB	17,52 ± 0,70 aA
25	87,84 ± 1,82 aA	82,05 ± 2,84 aA	82,05 ± 2,27 aA	0,88 ± 0,01 aA	0,86 ± 0,01 abA	0,85 ± 0,02 aA	9,00 ± 0,65 cB	14,05 ± 0,86 bA	12,76 ± 0,91 bA
30	57,05 ± 1,87 cB	65,58 ± 3,02 bcAB	69,70 ± 2,03 abA	0,83 ± 0,01 abA	0,82 ± 0,01 abA	0,81 ± 0,01 aA	9,11 ± 0,81 cA	8,35 ± 1,18 cA	10,41 ± 0,93 bA
35	40,58 ± 3,58 dB	59,70 ± 3,72 bcA	45,88 ± 6,61 cB	0,77 ± 0,03 bB	0,88 ± 0,01 aA	0,86 ± 0,03 aA	3,82 ± 0,19 dA	5,00 ± 0,00 cA	3,82 ± 0,23 cA
F		2,63			2,07			2,69	
P		0,008			0,038			0,007	
CV (%)		13,01			3,38			16,07	

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferiram entre si segundo o teste de Tukey (5%).

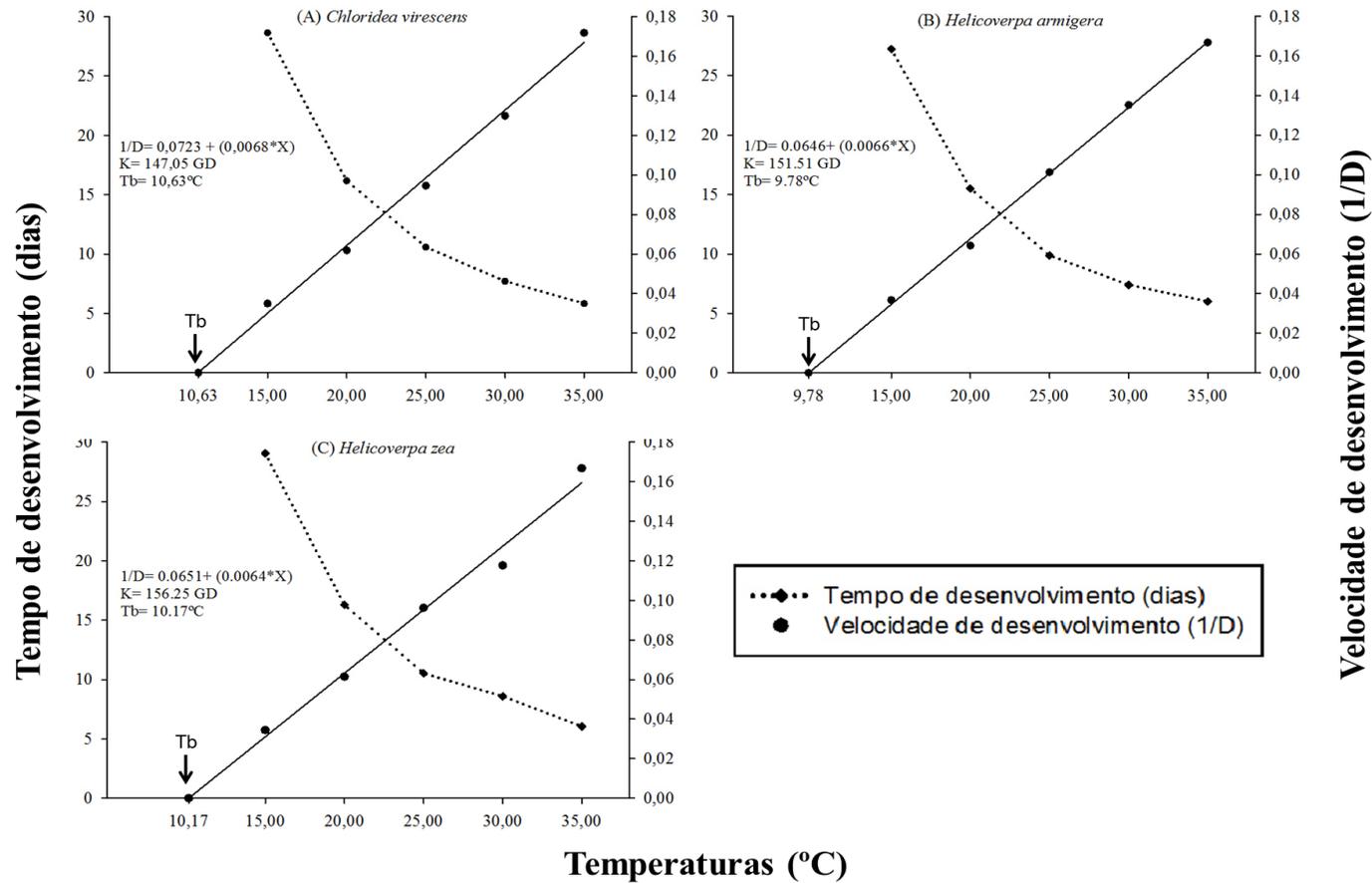


Fig. 1 Tempo (dias) e velocidade de desenvolvimento (1/D) de *Trichogramma pretiosum* mantido em ovos dos hospedeiros *Chloridea virescens* (A), *Helicoverpa armigera* (B) e *Helicoverpa zea* (C) sob diferentes temperaturas constantes (UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h)

Discussão

A temperatura afetou significativamente todos os parâmetros biológicos de *T. pretiosum* avaliados, com diferenças entre as espécies de hospedeiros avaliadas. As faixas de temperaturas extremas (15°C e 35 °C) foram as que mais influenciaram negativamente na performance do parasitoide. De maneira geral, além da temperatura, outras possibilidades podem subsidiar as diferenças encontradas em cada hospedeiro, provavelmente em consequência de uma melhor condição alimentar do ovo oferecido ao parasitoide, aspectos relacionados aos componentes físicos e químicos dos ovos de cada Heliiothinae.

O prolongamento ou encurtamento do tempo de desenvolvimento (ovo-adulto) de *T. pretiosum* em ovos das três espécies de Heliiothinae apresentou um padrão ao longo dos hospedeiros e, à medida que a temperatura se elevava, ocorria uma redução dos dias, indicando o aumento da atividade metabólica do parasitoide próximo aos obtidos por Bueno et al. (2009) e Foerster e Foerster (2009). O período médio de desenvolvimento a 15°C foi quase cinco vezes maior do que a 35°C, demonstrando a capacidade de adaptação de *T. pretiosum* a diferentes condições ambientais. Levando em consideração que os parasitoides imaturos são bastante vulneráveis a agentes de mortalidade natural (Poelman et al. 2012; Vanaclocha et al. 2013), em condições de campo, um período de desenvolvimento prolongado pode apresentar um impacto negativo, pois aumenta o tempo de exposição aos predadores e atrasa seu acesso aos próximos hospedeiros (Da Silva et al. 2016).

O parasitismo de *T. pretiosum* foi acima de 80% nos ovos de todos os hospedeiros apenas na temperatura de 25 °C. As diferenças encontradas no parasitismo, em cada hospedeiro, são provavelmente pelas características específicas do ovo como, por exemplo, superfície, tamanho, volume e estrutura do

córion, entre outras. Essas peculiaridades podem atuar não só no tempo de manipulação do ovo por *T. pretiosum*, como também na adequação hospedeira ao desenvolvimento do parasitoide (Cônsoi et al. 1999). Na temperatura de 35 °C, *T. pretiosum* apresentou os menores índices parasitismo. O fato de a temperatura mais alta influenciar negativamente o parasitismo em ovos dos Heliiothinae pode ter ocorrido devido à necessidade do inseto em obter mais energia para manter a atividade em faixas de temperaturas muito altas, se alimentam com mais frequência, causando maior mortalidade do hospedeiro através da alimentação múltipla e picada ao invés de parasitar (Shipp e Wang 1998). Outra explicação é a perda de turgidez do ovo hospedeiro quando submetido a temperaturas elevadas, dificultando a inserção ovipositor através do cório do ovo hospedeiro (Pereira et al. 2007).

A emergência de *T. pretiosum* foi superior a 89% em todas as temperaturas e estatisticamente menor apenas em 35 °C. Em uma faixa de temperatura similar ao presente estudo (15, 20, 25 e 30 °C), Krechemer e Foerster (2015) verificaram que emergência de *T. pretiosum* foi menor quando mantido em temperatura alta (79,5%) em ovos de *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Nota-se que esse parasitoide apresenta uma adaptação a faixas de temperaturas com amplitudes grandes e isso deve ser levado em consideração em um programa de controle biológico através da seleção de linhagens (Bueno et al. 2010) com características que atendem a demanda climática das diferentes regiões brasileiras.

Em relação ao número de parasitoides/ovo de *T. pretiosum* as espécies de Heliiothinae foram hospedeiras nutricionalmente adequadas para o desenvolvimento do parasitoide, pois mais de um indivíduo emergiu dos ovos. O número de parasitoides emergidos relaciona-se com o volume do ovo (Alencar et al. 2000; Vianna et al. 2011) e, o tamanho do mesmo não influencia apenas no número de

ovos colocados pela fêmea do parasitoide, como também, no tamanho do adulto emergido, que depende dos recursos nutricionais disponíveis da larva (Vinson 1997). Assim, uma quantidade maior de nutrientes no ovo para assimilação e desenvolvimento do parasitoide pode produzir indivíduos mais competitivos (Beserra et al. 2003), o que é interessante para aumentar a eficiência de *T. pretiosum* no campo para o controle de Heliiothinae.

A razão sexual variou ao longo das temperaturas e hospedeiros avaliados, com reflexos nas temperaturas extremas, indicando que este parâmetro não é afetado isoladamente pela temperatura, mas também pela espécie hospedeira. A razão sexual encontrada no presente estudo é satisfatória na produção de indivíduos para liberação em campo, pois produção de muitos machos não seria vantajosa, uma vez que, são as fêmeas que parasitam e controlam as populações de pragas. Bactérias do gênero *Wolbachia*, presentes no sistema reprodutor de fêmeas de *T. pretiosum*, são responsáveis pela partenogênese e feminização das populações (Werren 1997), mas sua atuação ainda é pouco estudada nesse parasitoide, dando indicativo de maior produção de fêmeas (Bueno et al. 2009).

A longevidade média das fêmeas de *T. pretiosum* foi, em todos os hospedeiros testados, maior a 15 °C e menor em 35 °C. O fato de a longevidade diminuir ou aumentar à medida que a temperatura eleva ou reduz foi observado com outras espécies de *Trichogramma* e hospedeiros (Foerster et al. 2014; Bueno et al. 2009, 2010; Krechemer e Foerster 2015). Isso está associado à atividade metabólica do parasitoide, que é reduzida em condições de baixas temperaturas e acelera em situações de altas temperaturas (Bleicher e Parra 1990; Foerster et al. 2014). Apesar das variações encontradas no presente estudo, *T. pretiosum* estaria apto a

permanecer em regiões com temperaturas próximas das testadas, favorecendo a atuação na regulação das populações de lepidópteros.

O parasitoide *T. pretiosum* mantido em espécies de Heliiothinae sob diferentes temperaturas indica que a constante térmica (K) e o menor limiar de temperatura (Tb) estão relacionados às necessidades térmicas do inseto (Pratissoli et al. 2005). A nutrição dos insetos e a massa corpórea do parasitoide são indicadas como fatores que podem interferir nos valores de K e Tb (Haddad et al. 1999; Charnov e Gillooly 2003). A determinação das exigências térmicas desse parasitoide sobre os hospedeiros testados poderão auxiliar na elaboração dos modelos de controle dos lepidópteros alvos do presente estudo, assim como na produção desse parasitoide em condições de laboratório (Parra 1994; Pratissoli 1995).

Conclui-se que todas as temperaturas e hospedeiros foram viáveis e favoreceram o desenvolvimento adequado de *T. pretiosum*, com maior impacto nas temperaturas extremas (15 e 35 °C). Isso evidencia uma possível adaptabilidade de *T. pretiosum* às condições impostas, o que segundo Da Silva et al. (2016) pode contribuir com a melhoria da qualidade dos insetos produzidas em laboratório, bem como compreender melhor os fatores que afetam a dinâmica das populações de parasitoides no campo, após liberações massais. Espécies com bom desempenho no laboratório são mais predispostas a ter um melhor desempenho no campo (Pak e van Lenteren 1988). Assim, por se tratar de um parasitoide generalista e com uma ampla distribuição geográfica no Brasil, *T. pretiosum* seria capaz de permanecer ativo durante o ano todo em diversas regiões do país, favorecendo sua utilização em programas de controle biológico.

Referências

Alencar JA, Haji FNP, Oliveira JV, Moreira AN (2000) Biologia de *Trichogramma pretiosum* Riley em ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Pesqui Agropec Bras* 35:1669–1674.

Ávila JC, Vivian LM, Tomquelski GV (2013) Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. *Circular Técnica* 23: 12p. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, Brasil.

Beserra EB, Dias CTS, Parra JRP (2003) Características biológicas de linhagens de *Trichogramma pretiosum* desenvolvidas em ovos de *Spodoptera frugiperda*. *Acta Sci Agron* 25:479-483.

Bleicher E, Parra JRP (1990) Espécies de *Trichogramma* parasitoides de *Alabama argillacea*. *i.* biologia de três populações. *Pesqui Agropec Bras* 24:929-940.

Bortolotto OC, Pomari-Fernandes A, Bueno RCOF, Bueno AF, Kruz YKS, Queiroz AP, Sanzovo A, Ferreira R (2015) The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. *Agronomy Science and Biotechnology* 1:25-32.

Bueno RCOF, Bueno AF, Parra JRP, Vieira SS, Oliveira LJ (2010) Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev Bras Entomol* 54:322–327.

Bueno RCOF, Parra JRP, Bueno AF (2009) Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis*. *Biol Control* 51:355-361.

Bueno RCOF, Parra JRP, Bueno AF (2012) *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. Biol Control 60:154-162.

Charnov EL, Gillooly JF (2003) Thermal time: Body size, food quality and the 10 °C rule. Evol Ecol 5:43–51.

Cônsoli FL, Kitajima EW, Parra JRP (1999) Ultrastructure of the natural and factitious host eggs of *Trichogramma galloi* Zucchi and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Int J Insect Morphol Embryol 28:211–229.

Czepak C, Albernaz KC, Vivian LM, Guimarães HO, Carvalhais T (2013) Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesqui Agropecu Trop 43:110-113.

Da Silva CSB, Morelli R, Parra JRP (2016) Effects of self-superparasitism and temperature on biological traits of two neotropical *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species. J Econ Entomol 109:1555-1563.

Foerster MR, Foerster LA (2009) Effects of temperature on the immature development and emergence of five species of *Trichogramma*. BioControl 54:445–450.

Foerster MR, Marchioro CA, Foerster LA (2014) Temperature-dependent parasitism, survival, and longevity of five species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). Neotrop Entomol 43:176–182.

Greene GL, Leppla NC, Dickerson WA (1976) Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. J Econ Entomol 69:487-488.

Haddad ML, Moraes RCB, Parra JRP (1995) Modelos bioestatísticos aplicados à entomologia (Mobaes). Manual. ESALQ/USP. Piracicaba, Brasil.

Haddad ML, Parra JRP, Moraes RCB (1999) Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento dos insetos. Fealq. Piracicaba, Brasil.

Harrison WW, King EG, Ouzts JD (1985) Development of *Trichogramma exiguum* and *T. pretiosum* at five temperature regimes. Environ Entomol 14:118-121.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores: Estatística da produção agrícola novembro de 2016. Database <ftp://ftp.ibge.gov.br/producao_agricola/fasciculo_indicadores_ibge/estprodagr_2016_11_20161214_100000.pdf>. Acesso 15 dezembro 2016.

Krechemer FS, Foerster LA (2015) Temperature effects on the development and reproduction of three *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species reared on *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. J Insect Sci 15:1-6.

Kuss CC, Roggia RCRK, Basso CJ, Oliveira MCN, Pias OHC, Roggia S (2016) Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. Pesqui Agropec Bras 51:527-536.

Pak GA, van Lenteren JC (1988) Criteria and methods for the prerelease evaluation of different *Trichogramma spp.* strains, pp. 433–442. In: Voegelé J, Waage J, Van Lenteren JC (Eds.) *Trichogramma* and other egg parasitoids, Proceedings of 2nd International Symposium on *Trichogramma*, publication 43. Les Colloques de l'Inra, Paris.

Parra JRP (2014) Biological control in Brazil: an overview. Sci Agric 71:345-355.

Parra JRP (1994) Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. Fealq. Piracicaba, Brasil.

Parra JRP, Zucchi RA (1997) *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Fealq. Piracicaba, Brasil.

Parra JRP, Zucchi RA (2004) *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotrop Entomol* 33:271-281.

Parra JRP (1997) Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: Parra JRP, Zucchi RA. *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Fealq. Piracicaba, Brasil. cap.4:121-150.

Pereira FF, Barros R, Pratisoli D, Pereira CLT, Vianna UR, Zanuncio JC (2007) Capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner, 1978 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) em diferentes temperaturas. *Cienc Rural* 37:297–303.

Poelman EH, Bruinsma M, Zhu F, Weldegergis BT, Boursault AE, Jongema Y, Loon JJA, Vet LEM, Harvey JÁ, Dicke M (2012) Hyperparasitoids use herbivore-induced plant volatiles to locate their parasitoid post. *Plos Biology* 10, nº 11.

Pratisoli D (1995) Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, nas traças *Scrobipalpaloides absoluta* (Zeller, 1873), em tomateiro. Tese (doutorado em entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Esalq-Usp. Piracicaba, Brasil.

Pratisoli D, Zanuncio JC, Vianna UR, Andrade JS, Pinon TBM, Andrade GS (2005) Thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* and *T. acacioi* (Hym.: Trichogrammatidae), parasitoids of the avocado defoliator *Nipteria panacea* (Lep.: Geometridae), in eggs of two alternative hosts. *Braz Arch Biol Technol* 48:523-529.

Pratisoli D, Parra JRP (2000) Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley criado em duas traças do tomateiro. *Pesqui Agropec Bras* 35:1281-1288.

Shipp JL, Wang K (1998) Evaluation of commercially produced *Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for control of tomato pinworm, *Keiferia lycopersicella* (Lepidoptera: Gelechiidae), on greenhouse tomatoes. *Can Entomol* 130: 721-731.

Vanaclocha P, Papacek D, Monzó C, Verdú MJ, Urbaneja A (2013) Intra-guild interactions between the parasitoid *Aphytis lingnanensis* and the predator *Chilocorus circumdatus*: implications for the biological control of armoured scales. *Biol Control* 65:169–175.

Vianna UR, Pratissoli D, Zanuncio JC, Alencar JRCC, Zinger FD (2011) Espécies e/ou linhagens de *Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Arq Inst Biol* 78:81-87.

Vinson SB (1997) Comportamento de seleção hospedeira de parasitóides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae, p.67-119. In: Parra JRP, Zucchi RA (Eds.). *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Fealq. Piracicaba, Brasil.

Werren JH (1997) Biology of *Wolbachia*. *Annu Rev Entomol* 42:587– 609.

CAPÍTULO 2**Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em três espécies de Heliothinae sob diferentes temperaturas**

Bruna Magda Favetti^{a*}, Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno^a

^aFaculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Departamento de Proteção Vegetal, Botucatu, SP, Brasil. *Autor correspondente. E-mail:

favettibruna@yahoo.com.br

RESUMO. Avaliou-se a capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nos hospedeiros *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808), *Chloridea virescens* (Fabricius, 1781) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) sob diferentes temperaturas constantes. Ovos dos hospedeiros foram ofertados diariamente para as fêmeas de *T. pretiosum*, e estas mantidas nas temperaturas de 15, 20, 25, 30 e 35 °C ± 2°C (UR 70 ± 10% e fotofase de 14 horas). Os parâmetros avaliados foram número de ovos parasitados/dia, parasitismo acumulado (%), número total de ovos parasitados/fêmea e longevidade de fêmeas. Em todos os hospedeiros e temperaturas avaliadas, o parasitismo decresceu em função da idade das fêmeas de *T. pretiosum*, com picos de parasitismo nas primeiras 48 horas. O parasitismo acumulado demorou a atingir 80% nas temperaturas baixas em todos os hospedeiros. Nas três espécies de lepidópteros, os maiores valores de parasitismo de *T. pretiosum* foram observados na temperatura de 25 °C. O número total de ovos parasitados/fêmea foi de 33,75 a 25 °C e, a longevidade das fêmeas aumentou com

o incremento da temperatura. Conclui-se que a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* foi afetada tanto pelas temperaturas extremas quanto pelos hospedeiros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial biológico, Parasitoide de ovos, *Helicoverpa armigera*, *Chloridea virescens*, *Helicoverpa zea*.

ABSTRACT. The parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in hosts *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808), *Chloridea virescens* (Fabricius, 1781) and *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) under different constant temperatures were evaluated. Host eggs were offered daily to *T. pretiosum* females, and kept at temperatures of 15, 20, 25, 30 and 35 °C \pm 2°C (RH 70 \pm 10% and 14-hour photophase). The evaluated parameters were number of parasitized eggs/day, cumulative parasitism (%), total number of parasitized/female eggs and longevity of females. In all hosts and temperatures evaluated, parasitism decreased as a function of the age of *T. pretiosum* females, with parasitism peaks in the first 48 hours. Cumulating parasitism took up to 80% at low temperatures in all hosts. In the three lepidopteran species, the highest parasitism values of *T. pretiosum* were observed at 25 °C. The total number of parasitized/female eggs was 33,75 at 25 °C and the females longevity increased with increasing temperature. It is concluded that the parasitism capacity of *T. pretiosum* was affected by both the extreme temperatures and the evaluated hosts.

KEYWORDS: Biological potential, Eggs parasitoids, *Helicoverpa armigera*, *Chloridea virescens*, *Helicoverpa zea*.

Introdução

A cultura da soja tem passado por mudanças na ocorrência do complexo de insetos que a ataca nos últimos anos, devido aos surtos populacionais de pragas que anteriormente não ocorriam ou que estavam presentes em caráter secundário (Santos et al., 2005; Wiest e Barreto, 2012), causando grandes prejuízos econômicos aos produtores.

Um exemplo disso ocorreu a partir da safra 2012/2013, quando foram relatados ataques de lagartas da subfamília Heliiothinae em cultivos de soja no Brasil, com predominância das espécies *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chloridea virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) (Thomazoni et al., 2013), causando danos severos durante os estádios iniciais e período reprodutivo da cultura (Czepak et al., 2013 ab).

Para essas espécies de Heliiothinae, o controle químico tem sido ineficiente e, antes da safra 2012/2013, não existiam inseticidas registrados para *Helicoverpa* e *Chloridea* na cultura da soja (Kuss et al., 2016). A partir disso, houve a expansão no uso do controle biológico no Brasil para a cultura da soja, favorecendo a utilização de diversos inimigos naturais para o manejo desses lepidópteros (Parra, 2014).

Dos agentes de controle mais utilizados em programas de controle biológico no mundo, a espécie *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é um parasitoide de ovos generalista no controle de lepidópteros-praga (Andrade et al., 2011; Pizzol et al., 2012), apresenta ampla distribuição e facilidade de criação em hospedeiro alternativos, sendo o parasitoide de ovos mais estudado.

Dos aspectos biológicos de *T. pretiosum*, a capacidade de parasitismo, longevidade e sobrevivência podem interagir com fatores bióticos e abióticos, resultando no comprometimento do desempenho durante a sua produção em condições em laboratório (Alencar et al., 2000; Harrison et al., 1985).

Informações acerca dos efeitos das variações causadas pela temperatura e hospedeiro, por exemplo, nas criações dos parasitoides em condições de laboratório, são etapas básicas e fundamentais para o estabelecimento de um programa de controle biológico com a utilização de *T. pretiosum* (Pratissoli e Parra, 2000; Bueno et al., 2012), dando subsídios importantes para melhor entendimento do potencial desse parasitoide e posicionamento desta estratégia em campo.

Assim, este trabalho avaliou a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* em três espécies de Heliiothinae sob diferentes temperaturas constantes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a partir da criação das espécies *T. pretiosum* linhagem RV, *C. virescens*, *H. armigera* e *H. zea* mantidas nos laboratórios do Grupo de Pesquisa em Manejo Integrado de Pragas na Agricultura (AGRIMIP) pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP Campus Botucatu-SP.

Criação e manutenção dos lepidópteros-praga

Lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em cápsulas plásticas (6 cm de diâmetro x 2 cm de altura), contendo dieta artificial desenvolvida por Greene et al. (1976), mantidas até a formação de pupas. As pupas foram retiradas, separadas por sexo e transferidas para as gaiolas de adultos confeccionadas com tubos de PVC (10 cm de diâmetro e 21,5 cm de altura). As gaiolas foram cobertas na parte superior

com tecido branco tipo *voile* e revestidas internamente com folhas de papel kraft como substrato de oviposição. Após a emergência, os adultos foram alimentados com uma solução de mel a 10 %, embebida em algodão acondicionado em cápsula plástica (6 cm de diâmetro x 2 cm de altura). As folhas de papel, bem como, o tecido *voile* contendo os ovos, foram removidas, recortadas em tiras com o auxílio de tesoura e mantidas em copos plásticos (500 ml) até a eclosão das lagartas. Os copos plásticos foram mantidos em sala climatizada ($25 \pm 2^\circ \text{C}$, UR $60 \pm 10\%$, e 14 h de fotofase).

Criação e multiplicação de *T. pretiosum*

O parasitoide foi mantido em sala climatizada com condições controladas (temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h) e multiplicado em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae).

Os ovos de *A. kuehniella* foram esterilizados a partir da exposição à luz germicida ultravioleta por 45 minutos para inviabilizar os ovos e, colados em cartelas de pedaços de papel couchê (20 x 10 cm) com goma arábica diluída em água (50%). Em seguida, as cartelas foram acondicionadas em potes plásticos (capacidade de 4 L), vedados com papel filme PVC e elástico, no qual os adultos de *T. pretiosum* foram oferecidos para o parasitismo por 24 horas. A alimentação dos parasitoides adultos foi feita a partir de gotículas de mel puro oferecidas na parte inferior do pote plástico.

Capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de três espécies de Heliiothinae em diferentes temperaturas

Vinte ovos de cada um dos três hospedeiros (*C. virescens*, *H. armigera* e *H. zea*) com até 24 h de idade foram recortados do papel Kraft e tecido tipo *voil* e colados em cartelas de papel couchê (2,5 cm x 5 cm). Essas cartelas foram inseridas individualmente, em tubos tipo Duran contendo gotículas de mel e uma fêmea de *T. pretiosum* (24h de idade). Para cada tratamento foi utilizado 20 tubos (repetições), mantidos em câmaras climatizadas com diferentes temperaturas constantes 15, 20, 25, 30 e 35 ± 2 °C, UR de 70 ± 10% e fotofase de 14 horas. Diariamente, as cartelas foram trocadas até a morte das fêmeas e acondicionadas individualmente em sacos plásticos de 4. cm x 23 cm. Esses foram mantidos em câmaras climatizadas, nas mesmas condições que ocorreu o parasitismo, até a emergência dos parasitoides.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial de 5 (temperatura) x 3 (hospedeiros), contendo 20 repetições/tratamento/hospedeiro. Avaliou-se o número de ovos parasitados diariamente, porcentagem acumulada de parasitismo, número total de ovos parasitados por fêmea e longevidade de fêmeas. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (5%) e a homocedasticidade das variâncias. Quando necessário optou-se pela transformação dos dados a partir da $\sqrt{(x + 0,5)}$. Em seguida, submetidos à ANOVA (%) e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Adicionalmente, as diferentes temperaturas foram comparadas usando a análise de sobrevivência de Kaplan-Meier.

Resultados

Não houve interação significativa entre os parâmetros analisados ao longo das temperaturas e hospedeiros alvos, com isso, os fatores foram analisados isoladamente. O número total de ovos parasitados/fêmea de *T. pretiosum* diferiu nas temperaturas avaliadas, sendo superior quando mantidos a 25 °C, intermediário em 15, 20 e 30 °C e inferior a 35°C. O hospedeiro *C. virescens* foi o que permitiu a maior quantidade de ovos parasitados, com uma média de 23,67, sendo similar a *H. zea* (18,77) e diferente de *H. armigera* (17,36) (Tabela 1).

A longevidade das fêmeas de *T. pretiosum* reduzia à medida que a temperatura aumentava. A temperatura que proporcionou parasitoides mais longevos foi 15 °C, seguido por 20 e 25 °C e, a 30 e 35 °C, a longevidade das fêmeas foi inferior a 5,9 dias (Tabela 1). Quando *T. pretiosum* foi mantido em ovos de *C. virescens* a longevidade foi maior (7,41 dias), seguido pelos hospedeiros *H. armigera* (6,83 dias) e *H. zea* (6,01 dias).

O número de ovos parasitados/dia variou de acordo com a temperatura e hospedeiro, sendo superior nos primeiros dois dias em todas as espécies estudadas. Os parasitoides diminuíram a oviposição diária em função da idade da fêmea e da temperatura no qual foram submetidos, em todos os hospedeiros (Fig. 1, 2 e 3). O parasitismo acumulado atingiu 80% a partir de 14, 8, 6, 3 e 2 dias para *C. virescens* (Figura 1), 14, 9, 7, 4 e 2 dias para *H. armigera* (Fig. 2) e 9, 6, 7, 6 e 2 dias em *H. zea* (Fig. 2) nas temperaturas de 15, 20, 25, 30 e 35 °C, respectivamente.

Tabela 1 Médias (\pm EP) do número total de ovos parasitados por fêmea e longevidade de *Trichogramma pretiosum* sobre ovos dos hospedeiros *Chloridea virescens*, *Helicoverpa armigera* e *Helicoverpa zea* em diferentes temperaturas (UR:70 \pm 10% e fotofase: 14h).

Temperaturas (°C)	Total de ovos parasitados/fêmea	Longevidade (dias)
15	19,10 \pm 2,09 b	9,46 \pm 0,71 a
20	23,08 \pm 2,69 b	8,68 \pm 0,71 ab
25	33,75 \pm 2,32 a	7,08 \pm 0,51 bc
30	18,15 \pm 1,29 b	5,90 \pm 0,20 c
35	5,58 \pm 0,62 c	2,61 \pm 0,11 d
F	27,55	32,78
P	<0,05	<0,05

Hospedeiro alvo	Total de ovos parasitados/fêmea	Longevidade (dias)
<i>Chloridea virescens</i>	23,67 \pm 19,74 a	7,41 \pm 4,81 a
<i>Helicoverpa armigera</i>	17,36 \pm 16,37 b	6,83 \pm 5,29 ab
<i>Helicoverpa zea</i>	18,77 \pm 15,90 ab	6,01 \pm 3,58 b
F	4,90	3,15
P	<0,05	<0,05
CV (%)	43,34	26,33

[†]Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferiram entre si segundo o teste de Tukey (5%).

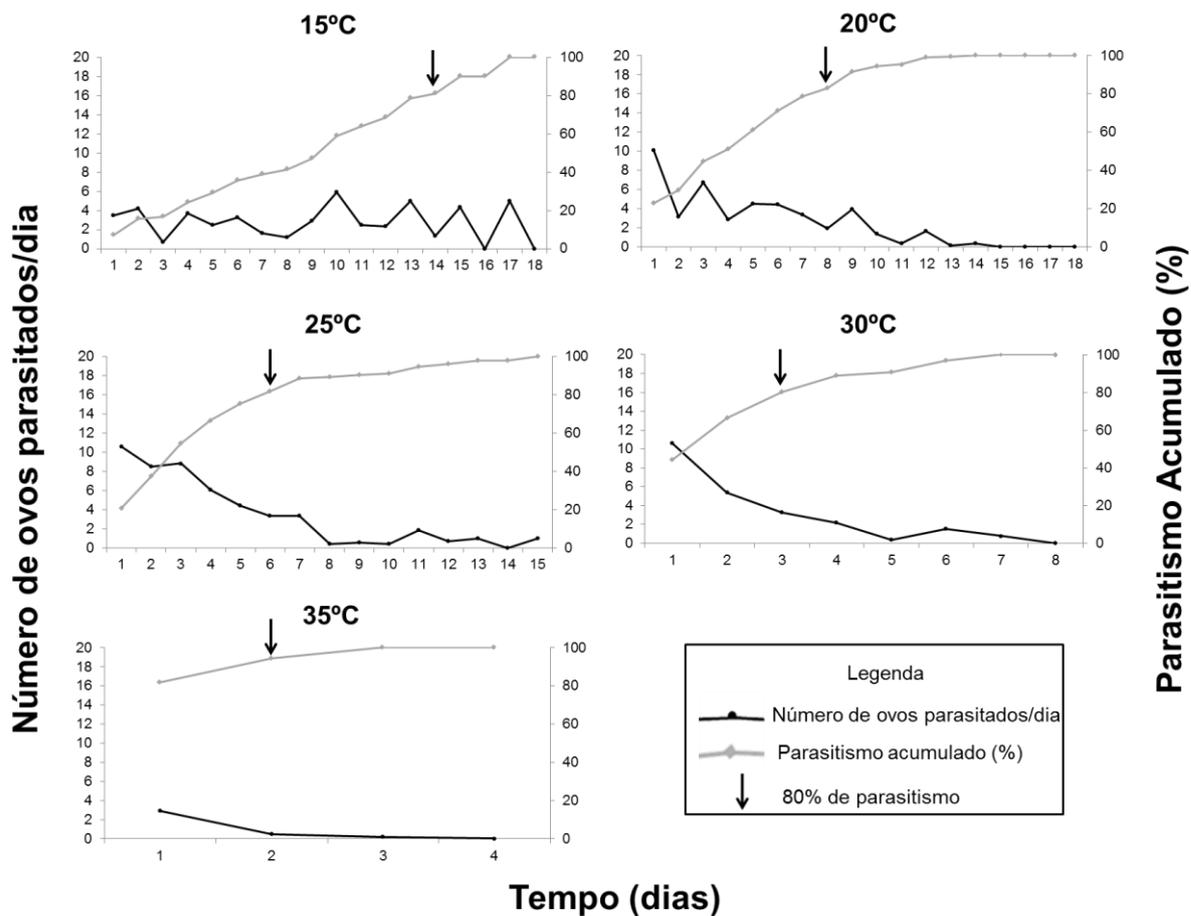


Fig 1. Número de ovos parasitados/dia e parasitismo acumulado ao longo da vida (%) de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Chloridea virescens* sob diferentes temperaturas (UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h).

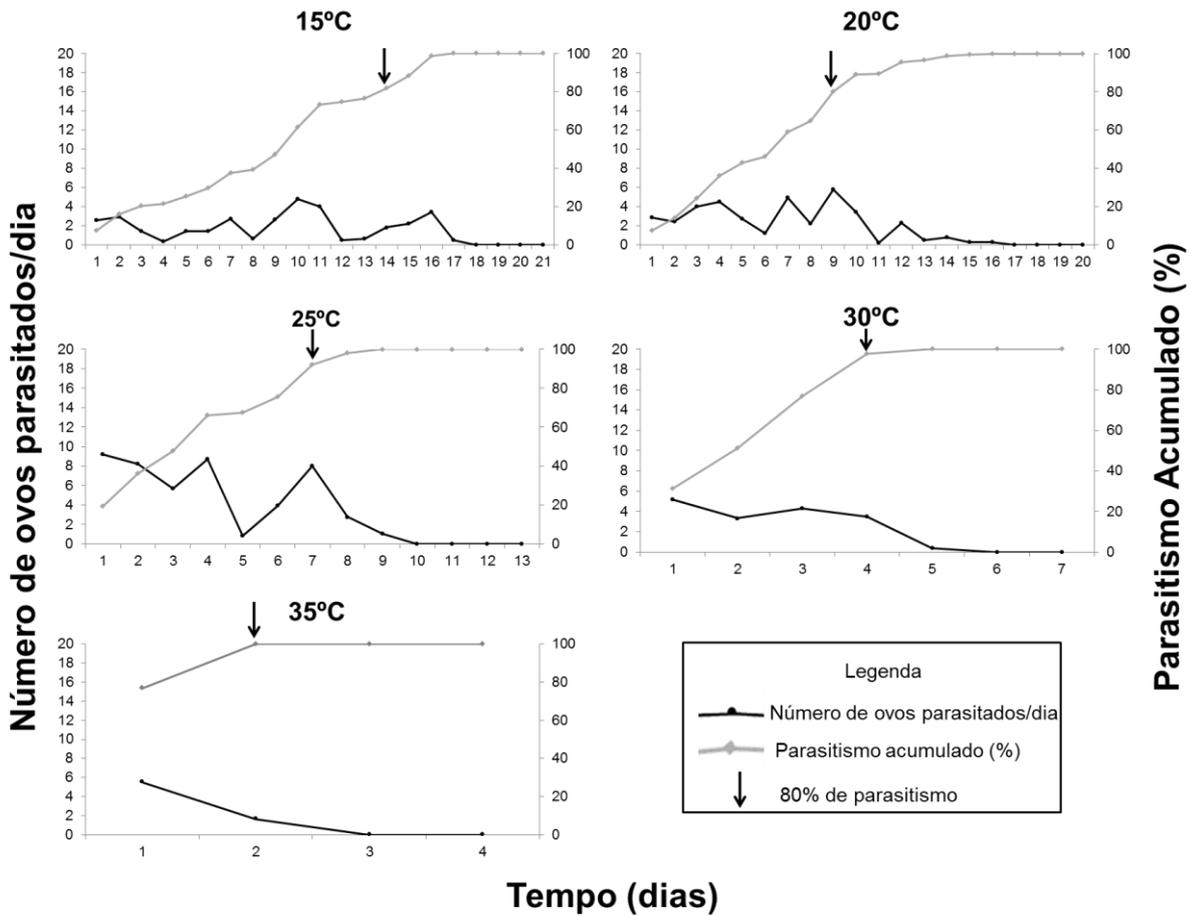


Fig. 2. Número de ovos parasitados/dia e parasitismo acumulado ao longo da vida (%) de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Helicoverpa armigera* sob diferentes temperaturas (UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h).

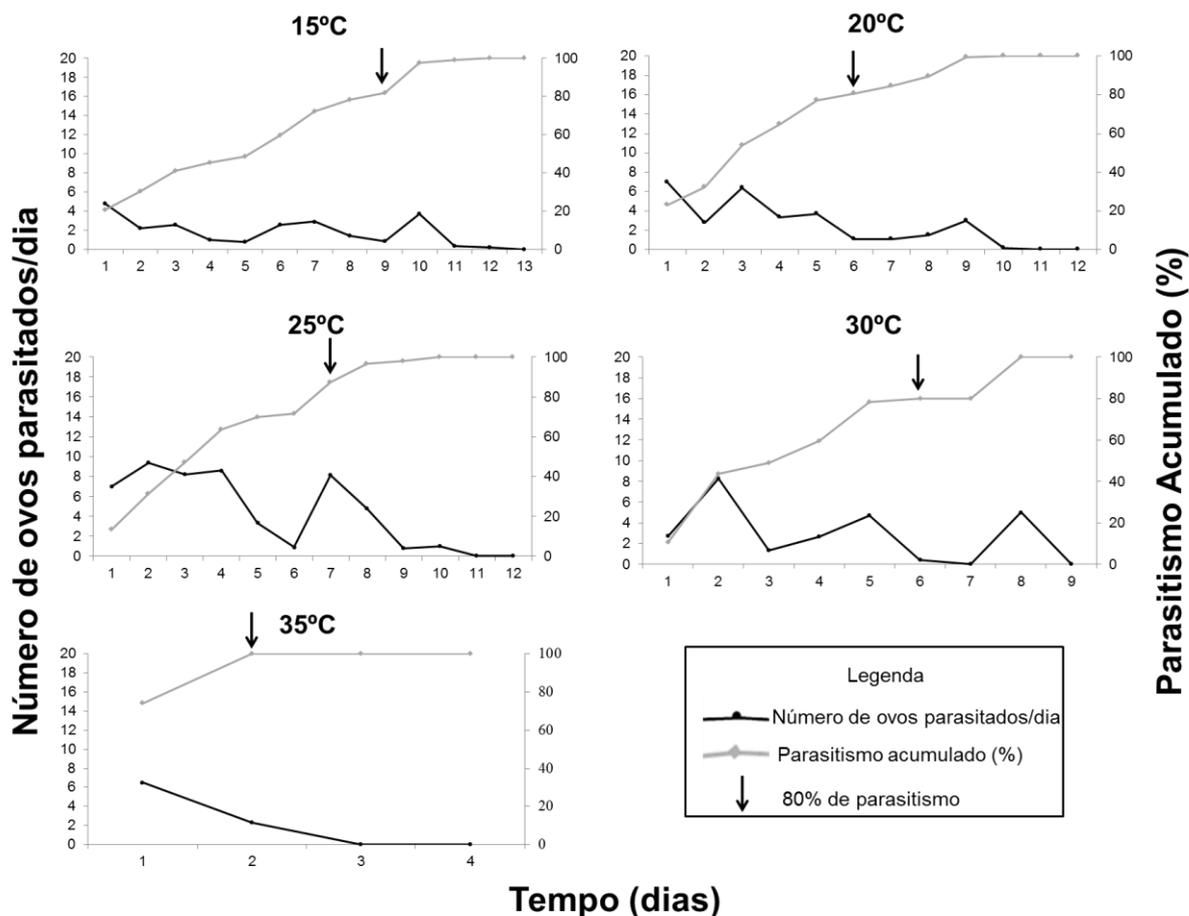


Fig. 3. Número de ovos parasitados/dia e parasitismo acumulado ao longo da vida (%) de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Helicoverpa zea* sob diferentes temperaturas (UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h).

A sobrevivência das fêmeas de *T. pretiosum* criadas nos ovos das três espécies de Heliiothinae sofreu influência da temperatura segundo a análise de análise de Kaplan-Meier. Quando mantida em ovos de *C. virescens* ($X^2= 79.10$; $P<0.05$), *H. armigera* ($X^2= 60.88$; $P<0.05$) e *H. zea* ($X^2= 53.26$; $P<0.05$) (Fig. 4).

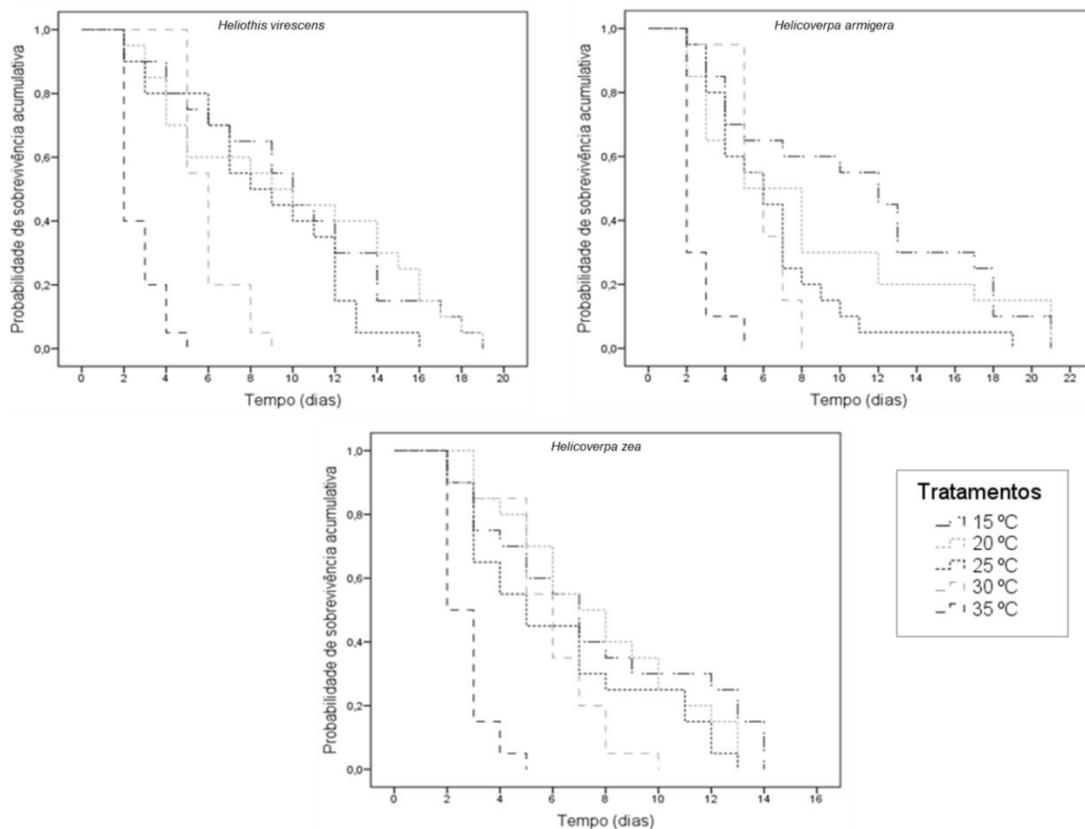


Fig. 4. Curva de sobrevivência de *Trichogramma pretiosum* mantidos em ovos de *Chloridea virescens*, *Helicoverpa armigera* e *Helicoverpa zea* em diferentes temperaturas (UR: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h).

Discussão

Os resultados encontrados no presente estudo indicaram que a faixa de temperatura avaliada e os Heliothinae alvos influenciaram em diferentes aspectos biológicos de *T. pretiosum*. As condições extremas (15 e 35 °C) foram as que mais exerceram impacto negativo no desempenho do parasitoide. Além da temperatura, outros fatores como as características intrínsecas dos parasitoides e hospedeiros testados podem ter influenciado nos parâmetros avaliados.

O total de ovos parasitados/fêmea de *T. pretiosum* foi influenciado pela temperatura em todos os hospedeiros, com impacto negativo quando o parasitoide foi mantido a 35 °C. Isso pode ter ocorrido pela perda de turgescência do ovo

quando mantido em temperaturas altas o que dificulta a inserção do ovipositor no cório do ovo, durante a oviposição (Bueno et al., 2009). Outros fatores que podem aumentar a interferência no número de ovos que as fêmeas parasitam ao longo da vida, estão relacionados ao hospedeiro utilizado, linhagem/espécie em questão, longevidade e o suprimento alimentar disponível à fêmea (Molina et al., 2005).

Com o aumento da temperatura, diminuiu a longevidade das fêmeas de *T. pretiosum*, sendo mais influenciada em 30 e 35 °C dentre os dos hospedeiros avaliados. Em temperaturas elevadas os parasitoides dispõem de um metabolismo alto, colocando mais estresse sobre o parasitoide do que em menores temperaturas (Carvalho et al., 2014), em que há um aumento na longevidade dos parasitoides devido a uma redução da taxa metabólica (Pastori et al., 2007). A temperatura não é o único fator responsável pelas variações na longevidade de *T. pretiosum*, sendo possível a interferência do fotoperíodo, umidade relativa, competição intraespecífica (Pratissoli e Parra, 2001) e a presença do hospedeiro (Cañete e Foerster, 2003), entre outras condições que não foram avaliadas no presente estudo.

Apesar das variações encontradas no presente estudo, nos menores valores de longevidade de *T. pretiosum* ainda houve parasitismo; com isso, torna-se vantajoso que *T. pretiosum* concentre o parasitismo nas primeiras horas de vida (Gerling, 1972; Carvalho et al., 2014), pois, em liberações massais no campo, uma longevidade curta que garanta maior parasitismo nos primeiros dias de vida favorece um controle rápido das populações de praga, evitando os efeitos colaterais oriundos da aplicação de defensivos usuais na cultura da soja, como herbicidas e fungicidas, uma vez que estes parasitoides são pequenos e podem ser suscetíveis a estes produtos (Carmo et al., 2010).

De maneira geral, em todos os hospedeiros e temperaturas, o número de ovos parasitados/dia foi maior nas primeiras 48 horas de vida de *T. pretiosum*, decrescendo com o avanço na idade das fêmeas. Esse padrão foi também relatado por outros autores, no qual o pico de parasitismo ocorre no primeiro dia após a emergência do adulto (Zago et al., 2007; Bueno et al., 2010; Bueno et al., 2012; Carvalho et al., 2014). Esse comportamento está diretamente relacionado com a queda na performance das fêmeas, em função do aumento na temperatura aliado à idade dos insetos (Pratissoli e Parra, 2000). Na temperatura de 35 °C pode ter ocorrido um aumento no metabolismo do parasitoide, causando a diminuição drástica no parasitismo, quando comparado com as demais temperaturas (Zago et al., 2007).

O índice de 80% no parasitismo acumulado representa uma estimativa da eficiência dos parasitoides e, no presente estudo, variou com a temperatura e hospedeiro avaliado. Na temperatura de 15 °C o parasitismo de 80% demorou mais para ser atingido, estando associado a menor atividade metabólica do inseto em temperaturas baixas. Quanto mais cedo o parasitoide atingir 80% de parasitismo, mais adequado é quando expostos no campo, uma vez que eles podem ser suscetíveis a diversos fatores bióticos e abióticos que podem desfavorecer sua atuação, como por exemplo, uma mudança abrupta de temperatura que pode matar o parasitoide (Carmo et al., 2010; Denis et al., 2011) e não matar a praga (Bueno et al., 2012).

A curva de sobrevivência demonstrou que, em regiões de temperaturas elevadas (30-35 °C), a longevidade média de *T. pretiosum* pode ser menor em liberações de campo, sugerindo que em programas de controle biológico, poderia ter

maior frequência de liberações do que em regiões com temperaturas mais baixas (25, 20 e 15 °C) (Bueno et al. 2012).

A capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* foi influenciada pelos hospedeiros, sendo *C. virescens* o alvo mais favorável, uma vez que, proporcionou maior número de ovos parasitados por *T. pretiosum* e parasitoides mais longevos. Em um cenário de ocorrência predominante desse lepidóptero, *T. pretiosum* pode ser uma opção bastante viável para o controle. Os demais hospedeiros, apesar de diferirem de *C. virescens*, foram favoráveis para o desempenho do parasitoide, podendo assim ser alvos de *T. pretiosum* em áreas de ocorrência e/ou surtos populacionais desses Heliiothinae.

Por fim, conclui-se que o parasitismo de *T. pretiosum* foi influenciado tanto pela temperatura quanto pelos hospedeiros avaliados. Os resultados elucidados apresentam à capacidade desse parasitoide em controlar as espécies de Heliiothinae alvo, indicando também uma plasticidade quanto à possibilidade de se adaptar às faixas de temperatura testadas. Isso demonstra grande potencial para uso em liberações no campo em programas de controle biológico em regiões do Brasil onde ocorrem essas temperaturas. Cabe ressaltar que o presente estudo foi realizado em condições de laboratório e, para comprovar as possibilidades aqui levantadas, trabalhos em campo devem ser levados em consideração para um posicionamento mais efetivo dessa tecnologia em áreas de cultivo de soja.

Referências

Alencar, J.A., Haji, F.N.P., Oliveira, J.V., Moreira, A.N., 2000. Biologia de *Trichogramma pretiosum* Riley em ovos de *Sitotroga cerealella* (Olivier). Pesq. Agropec. Bras. 35, 1669–1674.

Andrade, G.S., Pratisoli, D., Dalvi, L.P., Desneux, N., Santos Jr., H.J.G., 2011. Performance of four *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as biocontrol agents of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) under various temperature regimes. *J. Pest Sci.* 84, 313–320.

Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F., Parra, J.R.P., Vieira, S.S., Oliveira, L.J., 2010. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. bras. Entomol.* 54, 322–327.

Bueno, R.C.O.F., Parra, J.R.P., Bueno, A.F., 2009. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis*. *Biol. Control* 51, 355-361.

Bueno, R.C.O.F.; Parra, J.R.P.; Bueno, A.F., 2012. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. *BioControl* 60: 154-162.

Cañete, C.L., Foerster, L.A., 2003. Incidência natural e biologia de *Trichogramma atopovirilia* Oatman and Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidopera, Noctuidae). *Rev. bras. Entomol.* 47, 201-204.

Carmo, E.L., Bueno, A.F., Bueno, R.C.O.F., 2010. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. *BioControl* 55, 455–464.

Carvalho, J.R., Patissoli, D., Dalvi, L.P., Silva, M.A., Bueno, R.C.O.F., 2014. Parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* on eggs of *Trichoplusia ni* at different temperatures. *Acta Sci. Agron.* 36, 417-424.

- Czepak, C., Ávila, C.J., Vivan, L.M., Albernaz, K.C., 2013a. Praga da vez. Revista Cultivar: Grandes Culturas, 176, 4-11.
- Czepak, C., Albernaz, K.C., Vivan, L.M., Guimarães, H.O., 2013b. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesq. Agrop. Trop. 43, 110-113.
- Denis, D., Pierre, J.S., van Baaren, J., van Alphen, J.J.M., 2001. How temperature and habitat quality affect parasitoid lifetime reproductive success – a simulation study. Ecol. Model, 222, 1604–1613.
- Gerling, D., 1972. The developmental biology of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae). Bull. Entomol. Res. 61, 385-388.
- Greene, G.L., Leppla, N.C., Dickerson, W.A., 1976. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. J Econ Entomol. 69, 487-488.
- Harrison, W.W., King, E.G., Ouzts, J.D., 1985. Development of *Trichogramma exiguum* and *T. pretiosum* at five temperature regimes. Environ. Entomol. 14, 118-121.
- Kuss, C.C., Roggia, R.C.R.K., Basso, C.J., Oliveira, M.C.N., Pias, O.H.C., Roggia, S., 2016. Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. Pesq. Agropec. Bras. 51, 527-536.
- Molina, R.M.S., Fronza, V., Parra, J.R.P., 2005. Seleção de *Trichogramma* spp., para o controle de *Ecdytoplopha aurantiana*, com base na biologia e exigências térmicas. Rev. Bras. Entomol. 49, 152-158.
- Parra, J.R.P., 2014. Biological Control in Brazil: An overview. Sci. agric. 71, 345-355.
- Pastori, P.L., Monteiro, L.B., Botton, M., Patrissoli, D., 2007. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) sob diferentes temperaturas. Neotrop. Entomol. 36, 926-931.

Pizzol, J., Desneux, N., Wajnberg, E., Thiéry, D., 2012. Parasitoid and host egg ages have independent impact on various biological traits in a *Trichogramma* species. J. Pest Sci. 85, 489–496.

Pratissoli, D., Parra, J.R.P., 2000. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley criado em duas traças do tomateiro. Pesq. Agropec. Bras. 35, 1281-1288.

Pratissoli, D., Parra, J.R.P., 2001. Seleção de linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle das traças *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotrop. Entomol. 30, 277-282.

Santos, K.B., Meneguim, A. M., Neves, P.M.O.J., 2005. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. Neotrop. Entomol. 34, 903-910.

Thomazoni, D., Soria, M.F., Pereira, E.J.G., Degrande, P.E., 2013. *Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado de Mato Grosso. Circular Técnica 5. Instituto Matogrossense de Algodão, Cuiabá.

Wiest, A., Barreto, M. R., 2012. Evolução dos Insetos-Praga na Cultura da Soja no Mato Grosso. EntomoBrasilis 5, 84-87.

Zago, H.B., Pratissoli, D., Barros, R., Gondim Jr. M.G.C., Santos Jr. H.J.G., 2007. Capacidade de Parasitismo de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em Hospedeiros Alternativos, Sob Diferentes Temperaturas. Neotrop. Entomol. 36, 084-089.

CAPÍTULO 3**Técnicas de liberação de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de lepidópteros-praga da soja**

Bruna Magda Favetti¹, Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, Jardim Paraíso, 18.610-307 Botucatu-SP, Brasil.

RESUMO

O uso de *Trichogramma pretiosum* (Riley) na soja foi impulsionado recentemente após a confirmação da espécie *Helicoverpa armigera* (Hübner) no Brasil. Apesar do potencial biológico ser conhecido e existir produção em larga escala deste parasitoide, informações sobre sua liberação são fundamentais para aumentar a eficiência em campo. Com isso, avaliou-se a forma de liberação de *T. pretiosum* a partir de duas maneiras e o efeito da quantidade de parasitoides no controle de lepidópteros-praga na soja. Os experimentos foram realizados nas safras 2014/15 e 2015/16 em lavouras de soja. Três liberações de *T. pretiosum* foram realizadas no período reprodutivo da soja na forma de cápsula contendo pupas protegidas e 120 mil parasitoides/liberação/hectare, adulto com 120 mil e 60 mil parasitoides/liberação/hectare. Foi conduzida uma área testemunha sem liberação do parasitoide. Avaliou-se o número de ovos/planta, parasitismo (%), número médio de lagartas e desfolha (%). Conclui-se que tanto as formas de liberação de *T. pretiosum*, adulto e cápsula contendo pupas protegidas, quanto à quantidade de 120

mil parasitoide/liberação/hectare, propiciaram o parasitismo e consequente redução da população de lepidópteros em cultivo de soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, Parasitoide de ovos, Cápsula, Adulto.

ABSTRACT

The use of *Trichogramma pretiosum* (Riley) in soybean was recently promoted after confirmation of the *Helicoverpa armigera* (Hübner) species in Brazil. Although the biological potential is known and there is large-scale production of this parasitoid, information on its release is essential to increase efficiency in the field. Thus, the release form of *T. pretiosum* was evaluated in two ways and the effect of the amount of parasitoids on the control of lepidopteran pest in soybean. The experiments were carried out in the 2014/15 and 2015/16 season in soybean crops. Three releases of *T. pretiosum* were carried out in the reproductive period of the soybean in capsule form containing protected pupae and 120 thousand parasitoids/release/hectare, adult with 120 thousand and 60 thousand parasitoids/release/hectare. A control area without parasitoid release was conducted. The number of eggs/plant, parasitism (%), average number of caterpillars and defoliation (%) were evaluated. It is concluded that both the release forms of *T. pretiosum*, adult and capsule containing protected pupae, and the amount of 120 thousand parasitoid/release/hectare, caused the parasitism and consequent reduction of the lepidopteran population in soybean cultivation.

Key-words: *Glycine max*, Eggs parasitoids, Capsule, Adult.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) é a principal planta cultivada e exportada no Brasil que, no *ranking* mundial, destaca-se como o segundo maior produtor deste grão (Ibge 2016, Fao 2017). Ao longo do desenvolvimento, esse cultivo é atacado por inúmeros insetos-praga que podem causar prejuízos econômicos, tornando-se necessária a adoção de táticas de controle para a redução das populações destes insetos (Embrapa 2006, 2013). Das táticas de controle disponíveis, o controle biológico tem sido promissor para o controle de insetos na soja (Parra 2014).

Dos agentes de controle biológico, o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) apresenta-se como promissor para o uso no MIP-Soja, pois elimina a praga no primeiro estágio de desenvolvimento, ou seja, antes de qualquer ataque. Esse micro-himenóptero é o mais utilizado no mundo, devido à ampla distribuição geográfica, facilidade de criação em hospedeiros alternativos e agressividade no parasitismo de ovos de lepidópteros-praga e por ser uma espécie generalista (Parra e Zucchi 1997, 2004). Apresenta potencial no controle das principais pragas que compõem o complexo de lepidópteros que atacam a soja como *Anticarsia gemmatalis* (Hubner) (Lepidoptera: Erebididae), *Chrysodeixis includens* (Walker), *Helicoverpa armigera* (Hübner) e espécies do gênero *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) (Bueno et al. 2009, Bueno et al. 2010, Bueno et al. 2012, Pereira 2016).

A liberação de *T. pretiosum* na soja aumentou após a confirmação de ocorrência da *H. armigera* no Brasil (Parra 2014) sendo realizada por meio de liberações manuais de cartelas/cápsulas contendo pupas do parasitoide protegidas próximo da emergência dos adultos (Conte et al. 2014), com uma densidade que varia de 100 a 120 mil parasitoides/liberação/hectare.

Embora a espécie *T. pretiosum* demonstre grande potencial no controle de lepidópteros na soja e exista a produção em larga escala desse parasitoide por empresas brasileiras, a tecnologia envolvendo este produto biológico requer ajustes quanto à quantidade e forma de liberação, uma vez que estes parâmetros podem influenciar a eficiência das vespinhas e a capacidade de localização do hospedeiro em campo. Contudo, são escassos os trabalhos que comparam as técnicas de liberação de *T. pretiosum* e, com isso, este trabalho avaliou a eficiência desse parasitoide de ovos no controle de lepidópteros-praga em cultivo de soja a partir de duas quantidades de parasitoides e formas de liberação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – FCA/UNESP, Campus de Botucatu, durante as safras 2014/15 e 2015/16 (22°48'21.60"S 48°25'36.41"O). Em todas as áreas foi usada a cultivar BMX Potência RR, com plantio em espaçamento de 45 cm em um sistema de semeadura direta.

Os tratamentos para avaliar o potencial de *T. pretiosum* no campo foram: (1) testemunha (sem liberação); (2) liberação de cápsulas contendo pupas protegidas de *T. pretiosum* com 120 mil parasitoides/liberação/hectare; (3) liberação de adultos de *T. pretiosum* com 120 mil parasitoides/liberação/hectare; (4) liberação de adultos de *T. pretiosum* com 60 mil parasitoides/liberação/hectare. As recomendações comerciais são de acordo com a empresa Koppert Biological Systems.

Cada tratamento foi alocado em uma área contendo três hectares, dividida em parcelas contendo um hectare cada. As áreas foram medidas com o auxílio de um

GPS. O monitoramento dos insetos ocorreu durante o estágio reprodutivo da soja nas duas safras conduzidas. Em cada coleta de insetos foram registrados o estágio de desenvolvimento das plantas de soja segundo a escala de Fehr et al. (1971), bem como a caracterização da desfolha segundo Corrêa-Ferreira (2012).

O método de coleta foi o pano de batida em 1 metro das linhas de plantio da soja. Semanalmente, em cada parcela foram realizados 20 pontos de batida, totalizando 60 em cada área. Em cada ponto foi retirada uma planta para o acompanhamento da população de ovos dos lepidópteros-praga da soja, bem como do parasitismo antes e após as liberações. As plantas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft (capacidade de 10 kg) e encaminhadas para o laboratório para vistoria e quantificação dos ovos.

Os parasitoides liberados foram cedidos pela empresa Koppert Biological Systems. A liberação dos parasitoides foi realizada quando os ovos da praga estavam presentes no campo e durante as horas mais frescas do dia. As liberações estavam associadas ao momento em que as plantas estavam desenvolvidas, proporcionando sombreamento nas entrelinhas das plantas, evitando assim a morte dos parasitoides no tratamento envolvendo cápsulas com pupas protegidas.

Foram realizadas três liberações sequenciais (semanais) e, tanto para as cápsulas quanto os adultos nas diferentes doses, os parasitoides foram distribuídos de forma equidistante, iniciando na primeira safra (2014/15) no estágio de desenvolvimento R2 (1ª liberação), posteriormente nas fases R2/R3 (2ª liberação) e R3 (3ª liberação). Na segunda safra (2015/16), as liberações ocorreram em R3/R4 (1ª liberação), R4 (2ª liberação) e R5 (3ª liberação). Nos tratamentos testemunhas dos dois experimentos, a aplicação do inseticida chlorantraniliprole ($10 \text{ g i.a. ha}^{-1}$) foi

posicionada quando o nível de controle das pragas foi atingido, sendo de 20 lagartas grandes (>1,5 cm) (Corrêa-Ferreira 2012).

Os parâmetros avaliados, em ambos os experimentos, foram o número de ovos/planta, parasitismo (%), número médio de lagartas/m, desfolha (%) e fatores abióticos como temperatura, pluviosidade e umidade relativa que foram registrados utilizando dados da estação meteorológica da FCA/UNESP-Botucatu instalada a aproximadamente 3 km de distância das áreas.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com esquema fatorial (tempo x tratamento) de parcela subdividida no tempo. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (5%) e homocedasticidade, se paramétricos, para os dados qualitativos aplicou-se a análise de variância pelo teste F e as médias foram transformadas com $\sqrt{(x + 0,5)}$, e comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) e, os quantitativos, submetidos à análise de regressão a partir dos softwares Sisvar 5.6 e SigmaPlot 10.0.

RESULTADOS

Houve interação significativa em todos os parâmetros avaliados ao longo do tempo nos tratamentos durante a safra 2014/15 e 2015/16, exceto o número de ovos/planta e o parasitismo na segunda safra, que variaram apenas durante o período de tempo avaliado (Fig. 1, 2, 3 e 4).

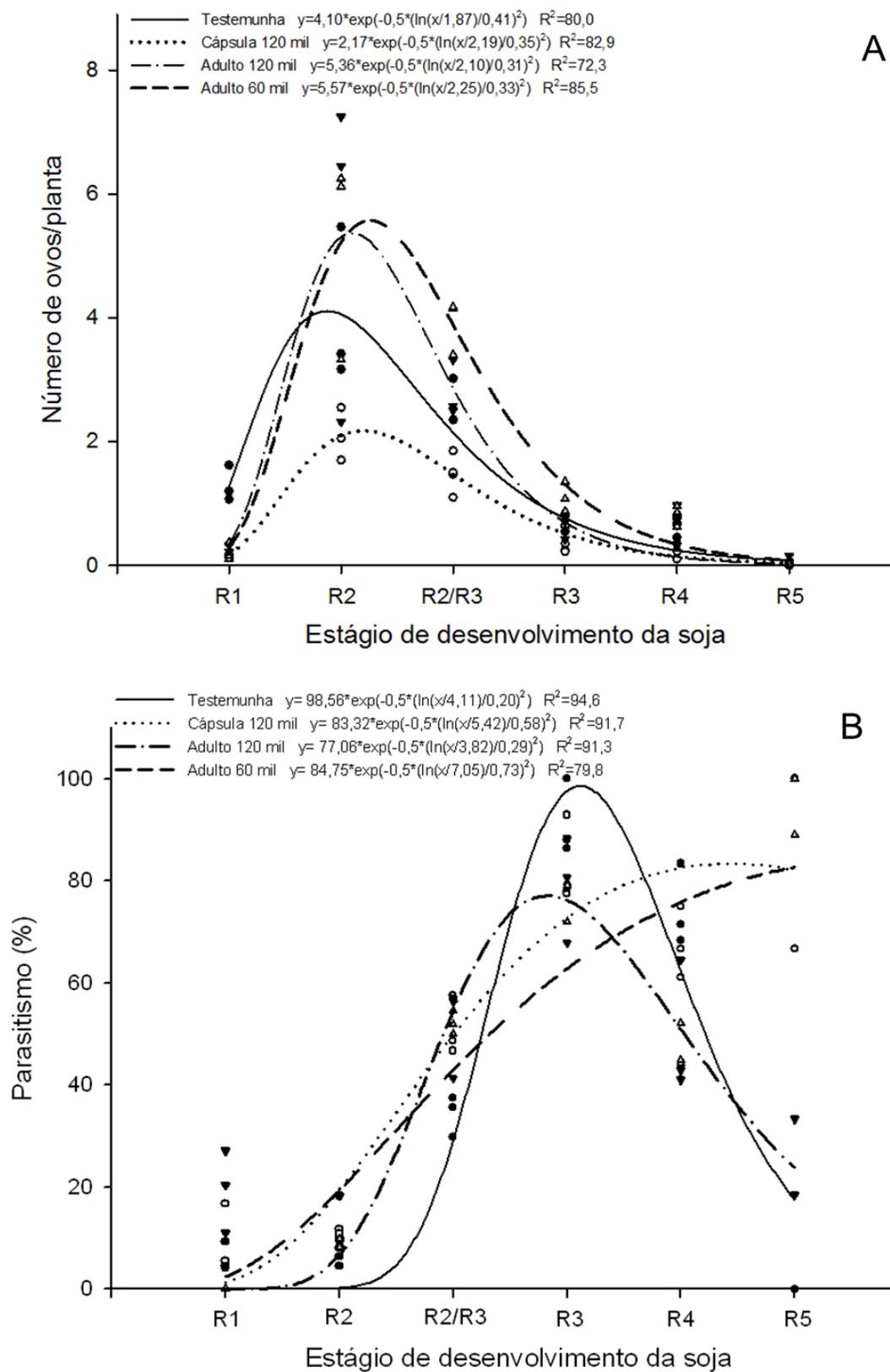


Figura 1. Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP.

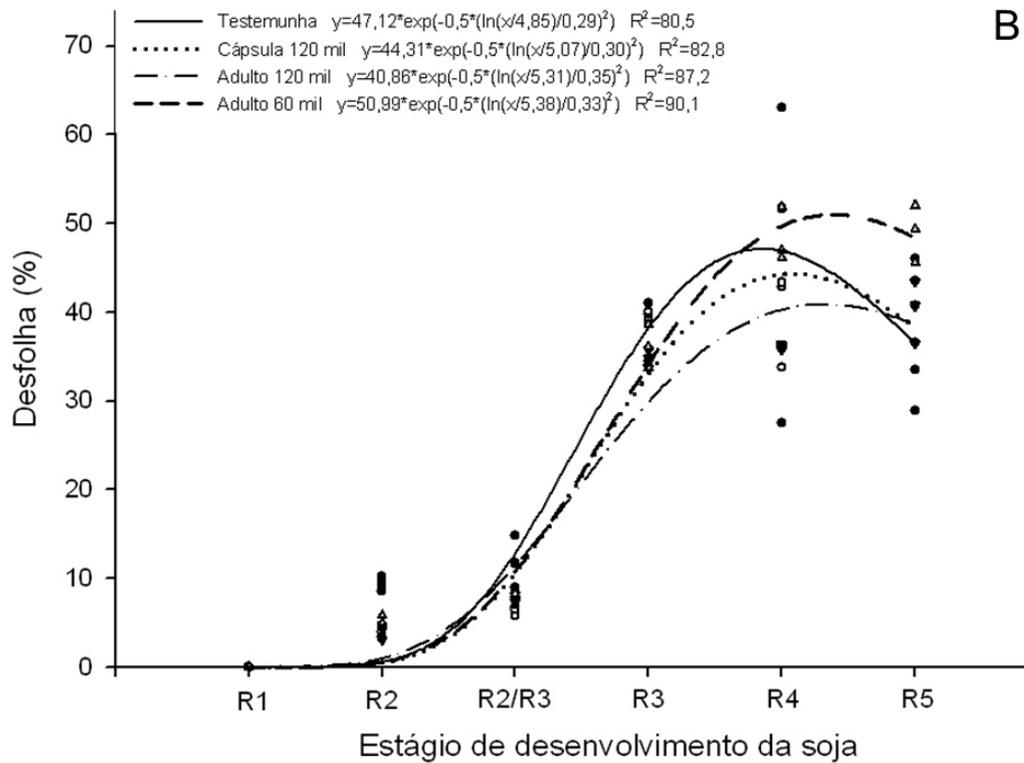
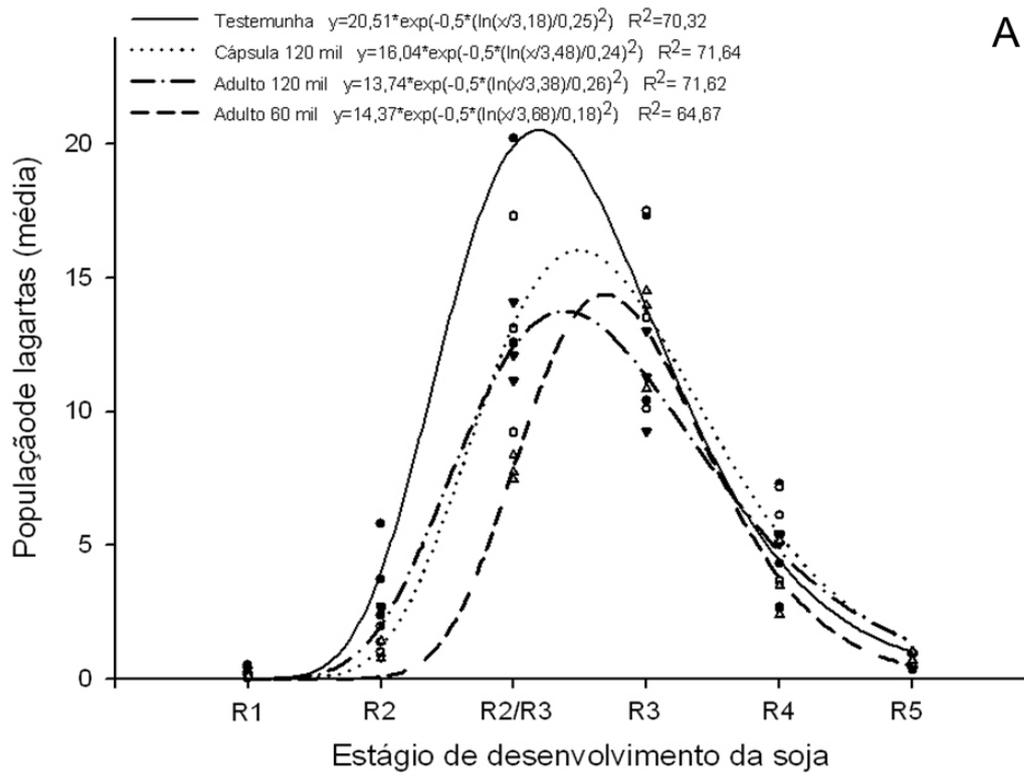


Figura 2. População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP.

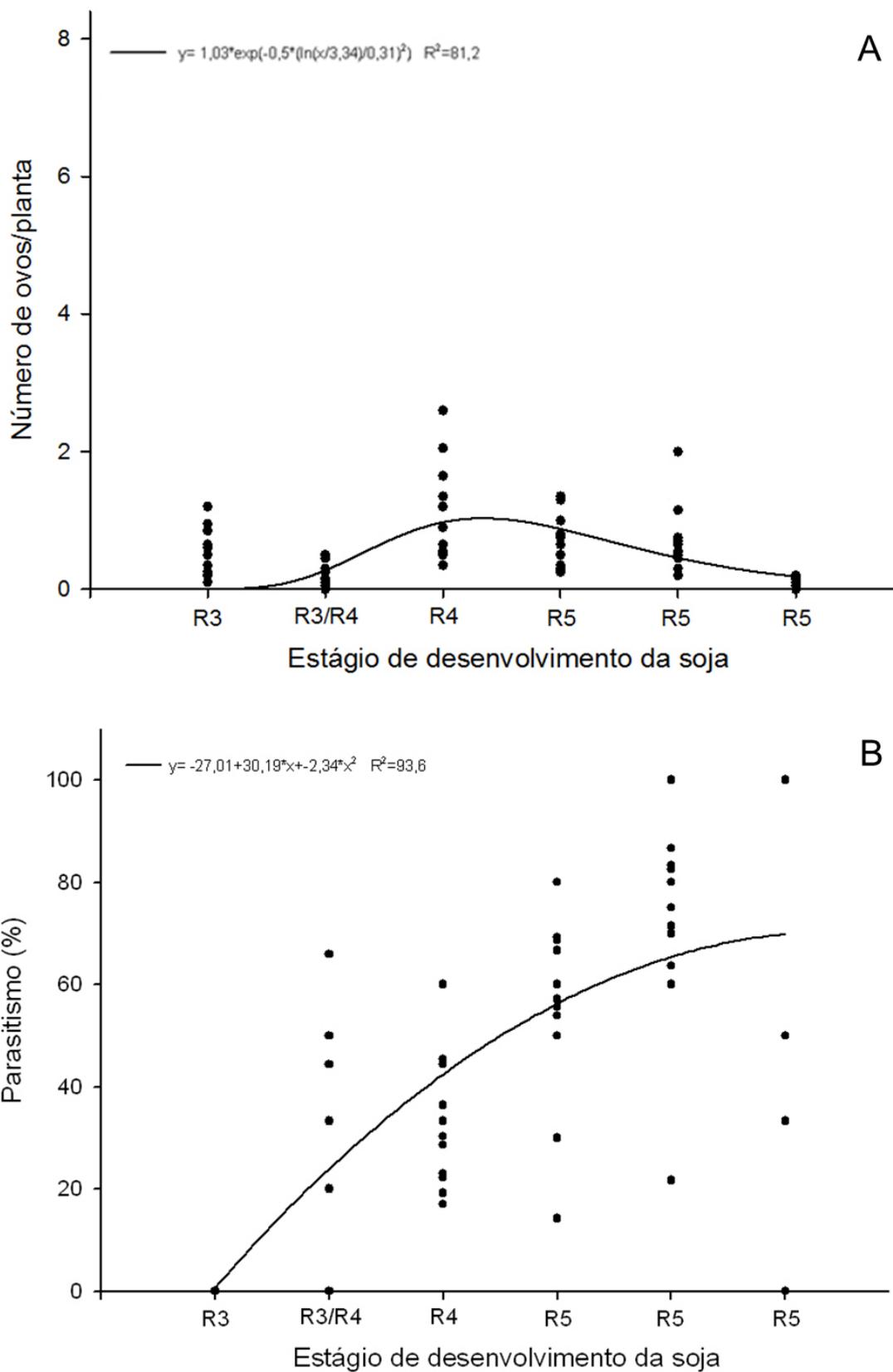


Figura 3. Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP.

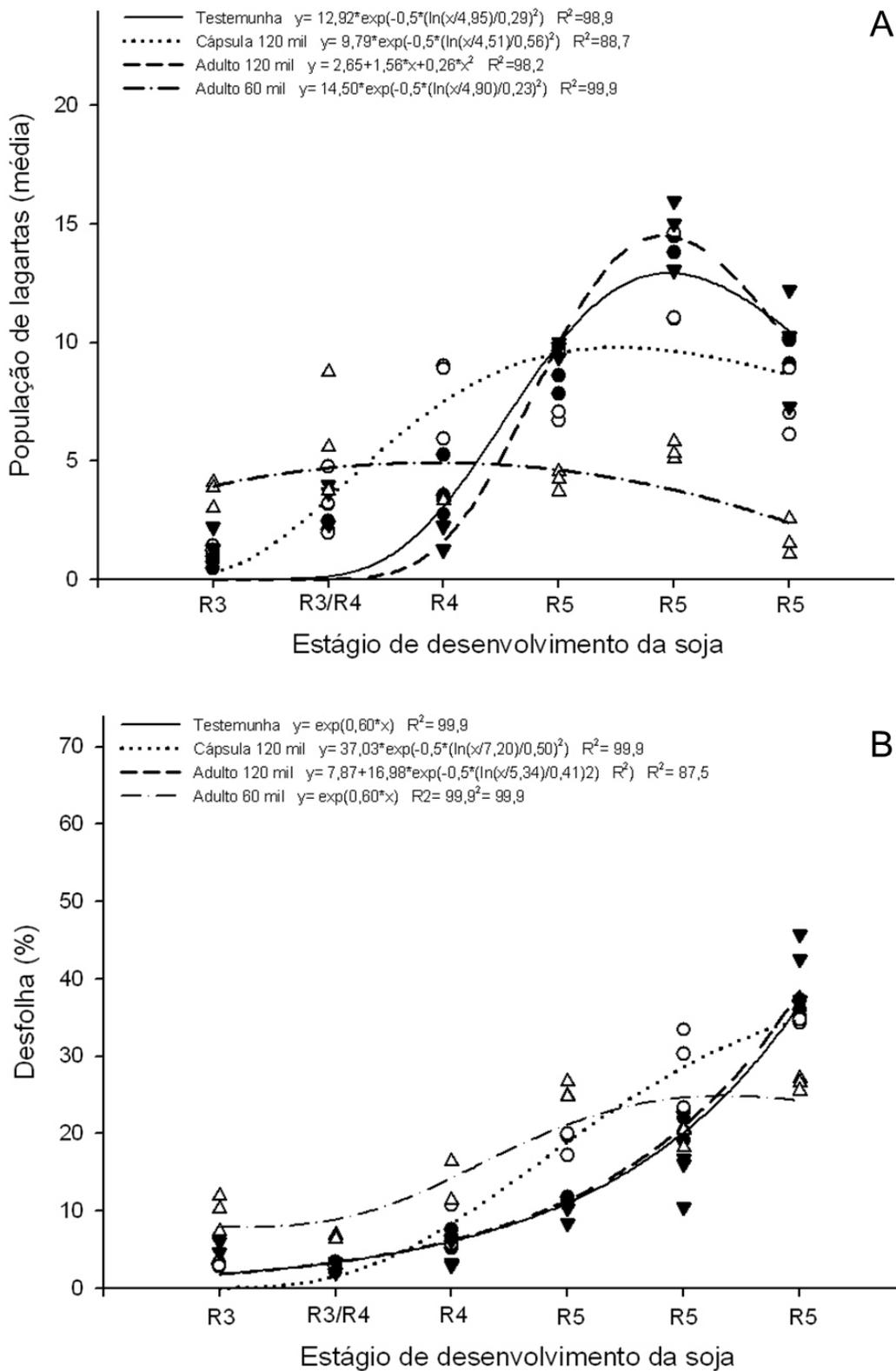


Figura 4. População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP.

Na primeira safra, a flutuação na população de ovos de lepidópteros-praga indicou que houve uma tendência crescente, com um pico ocorrendo durante R2 e posterior redução ao longo das avaliações. Houve diferenças entre os tratamentos durante os estágios de R2 e R3. Em R2, a área do tratamento cápsula contendo pupas protegidas com 120 mil parasitoides/liberação apresentou menor número de ovos/planta, quando comparado com as demais áreas. Durante o estágio R3, os tratamentos testemunha e cápsula contendo pupas protegidas foram semelhantes e apresentaram os menores valores, seguido pela área com adulto 120 mil parasitoides/liberação, que foi intermediária e, adulto 60 mil parasitoides/liberação, foi maior (Fig. 1A e 5A). Na segunda safra, em todas as áreas que continham os tratamentos, o número de ovos/planta apresentou diferença apenas ao longo do tempo, variando de 0 a 1,45 ovos/planta e os picos de oviposição ocorreram entre os estágios fenológicos R4 e R5 (Fig. 3A e 6A).

O parasitismo foi diferente nas duas safras e áreas avaliadas. Antes das liberações (R1), houve um parasitismo natural nas áreas sendo maior no tratamento contendo adultos com 120 mil parasitoides/liberação e menor em adultos com 60 mil parasitoides/liberação. A avaliação após a primeira liberação (R2), indicou um baixo parasitismo e sem diferença entre as áreas. Após a segunda liberação (R2/R3), houve influência do parasitismo em função dos tratamentos, sendo menor apenas na área testemunha. Após a terceira liberação (R3), os tratamentos não diferiram entre si. O parasitismo no estágio reprodutivo R4 indicou que cápsula contendo pupas protegidas com 120 mil parasitoides/liberação e a testemunha foram superiores comparados com as demais. Em R5, não houve parasitismo na testemunha, e os maiores valores foram encontrados nos tratamentos via cápsula contendo pupas protegidas com 120 mil e adulto com 60 mil parasitoides/liberação (Fig. 1B e 5B).

Na safra 2015/16, não houve diferença estatística no parasitismo entre os tratamentos, somente durante o período avaliado, com valores baixos no início das avaliações, e um aumento gradativo ao longo do tempo e liberações, mantendo-se maior no estágio R5 em ambas as safras (Fig. 3B e 6B).

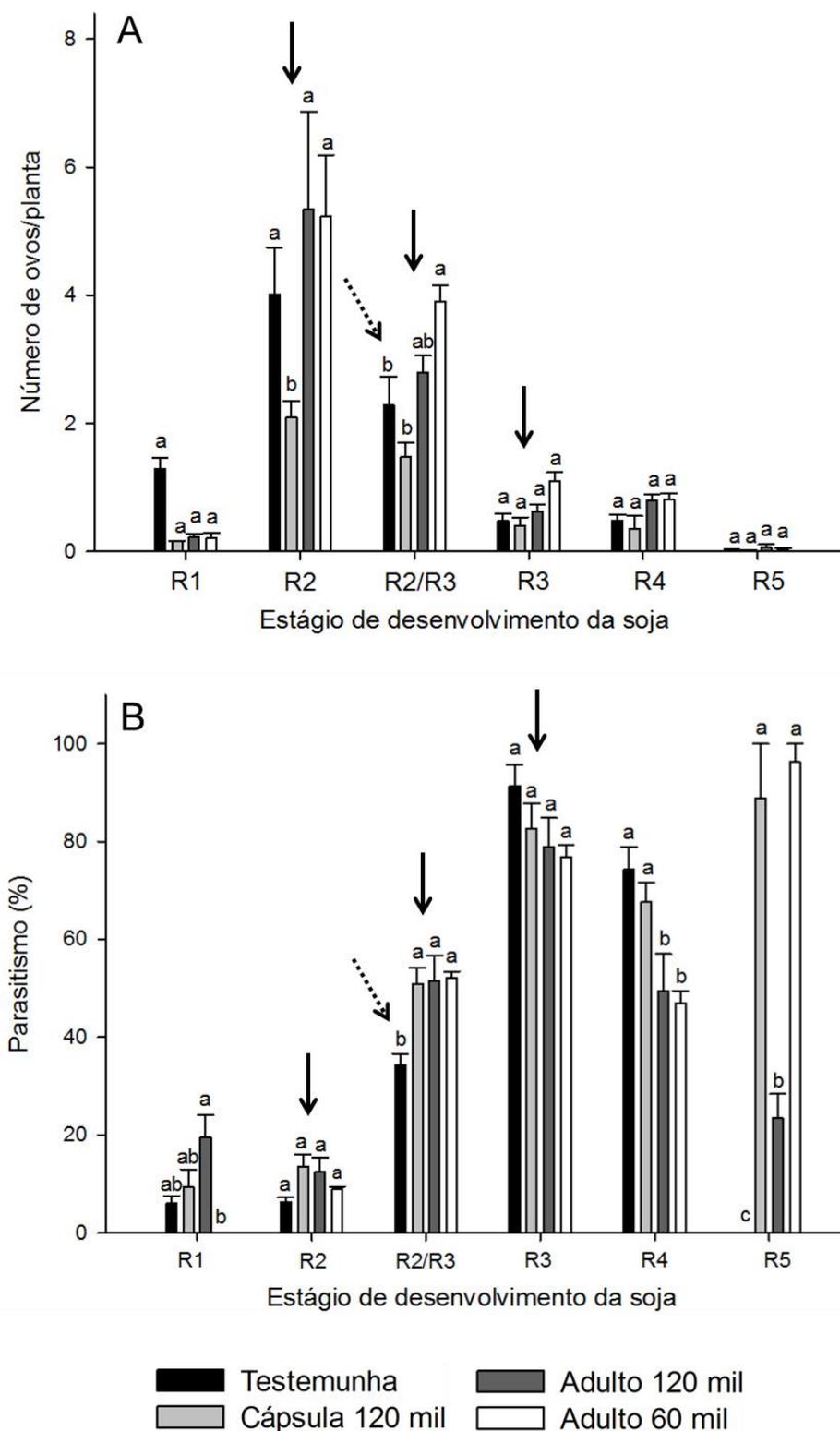


Figura 5. Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) obtidos em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida.

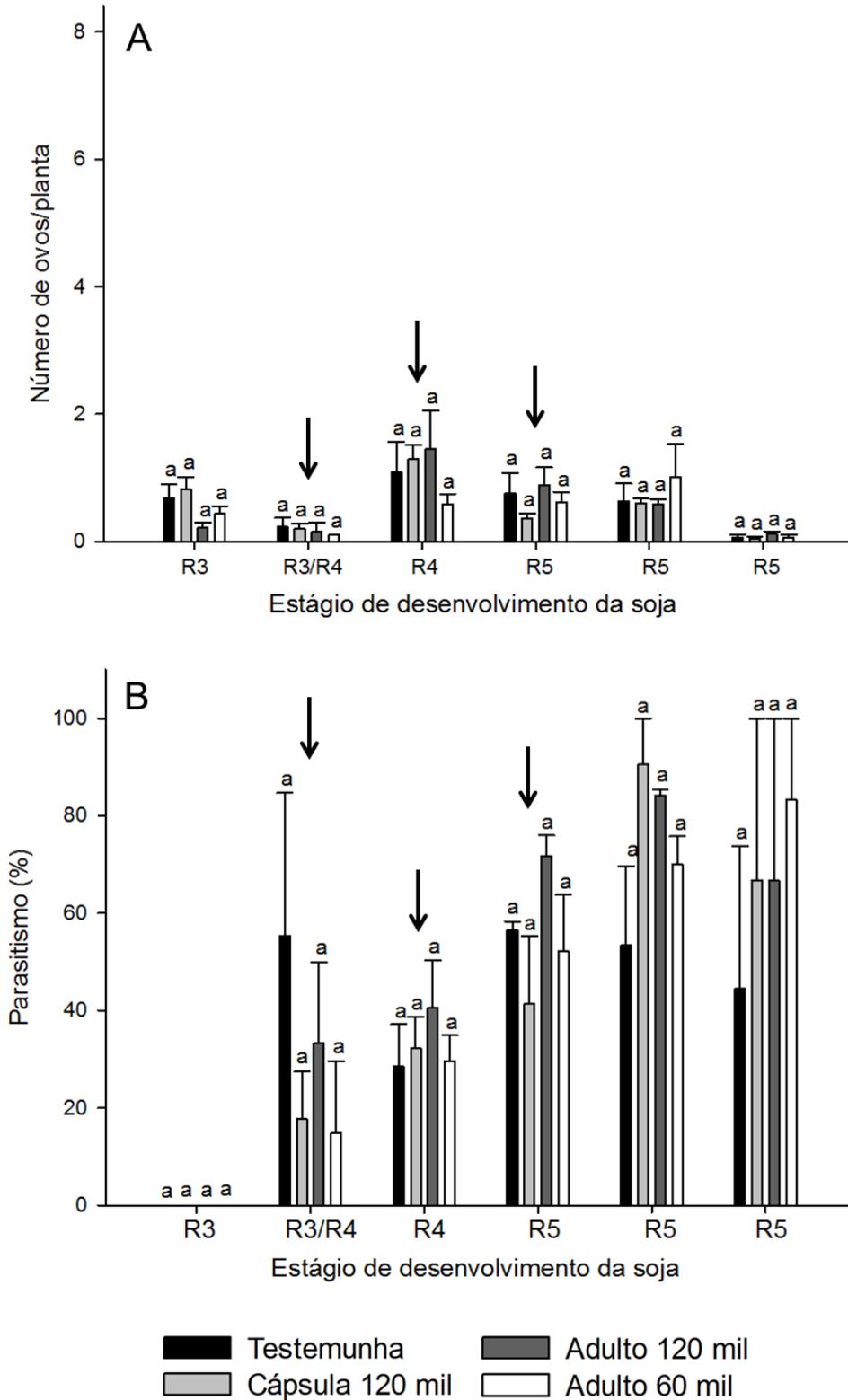


Figura 6. Número de ovos/planta (A) e parasitismo (%) (B) obtidos em áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida.

A população de lagartas apresentou uma tendência crescente ao longo do tempo e redução ao final das avaliações em todas as áreas. Durante os estágios de desenvolvimento R1 e R2, não houve diferença entre os tratamentos quanto ao número de lagartas. Em R2/R3, observou-se que a população de lagartas da área testemunha foi estatisticamente maior que os demais, atingindo o nível de controle (20 lagartas/m) e com isso, houve a necessidade de pulverização de inseticida. Nesse período, a técnica de liberação a partir do adulto nas duas quantidades de parasitoides testadas (120 mil e 60 mil parasitoides/liberação) foram as que mais favoreceram a manutenção da população de lagartas abaixo do nível de controle. Após a terceira liberação de *T. pretiosum* (R3) e aplicação de inseticida na testemunha, a população de lagartas mantendo-se abaixo do nível de controle. Em R4 e R5, houve uma redução na população e, em ambos os períodos, o número de lagartas foi similar entre os tratamentos (Fig. 2A e 7A).

Durante a safra 2015/16, a população de lagartas não atingiu o nível de controle em nenhum tratamento. Em R3 e R3/R4, o número de lagartas era baixo e, diferenças foram verificadas entre todos os tratamentos, com maior valor na área contendo adulto de *T. pretiosum* com 120 mil parasitoides/liberação. Em R4, a maior quantidade de lagartas foi verificada na área do tratamento cápsula contendo pupas protegidas e 120 mil parasitoides/liberação, em que as demais, não diferiram entre si. Nas amostragens durante o estágio R5, os dados apresentaram o mesmo padrão, sendo estatisticamente menor no tratamento adulto com 120 mi/parasitoides/liberação e similar nos demais (Fig. 4A e 8A).

A desfolha, em ambas as safras, aumentou gradativamente ao longo do tempo, com diferenças entre os tratamentos, ultrapassando o nível de controle (15 % de desfolha durante o reprodutivo) em todas as áreas durante o período avaliado.

Na safra 2014/15, a desfolha se manteve abaixo do nível de controle durante R1, R2 e R2/R3 e em seguida, ocorreu um aumento que variou de 10 a 35% de desfolha (R3), se mantendo alta até o final das avaliações (Fig. 2B e 7B).

Durante a segunda safra, nas amostragens ocorridas em R3, R3/R4 e R4, a desfolha não atingiu o nível de controle em nenhum tratamento. Na primeira avaliação em R5, a desfolha nos tratamentos com liberação de cápsula contendo pupas protegidas e adultos de *T. pretiosum* (120 mil parasitoides/liberação) foi maior que 20%, ultrapassando o nível de controle. Na segunda amostragem em R5, apenas a desfolha do tratamento com liberação de adulto com 60 mil parasitoides/liberação não atingiu o NC, havendo diferenças entre os demais tratamentos. Porém, na terceira avaliação de desfolha em R5, houve um aumento abrupto na área com adulto 60 mil parasitoides/liberação apresentando valor superior a 40%(Fig. 4B e 8B).

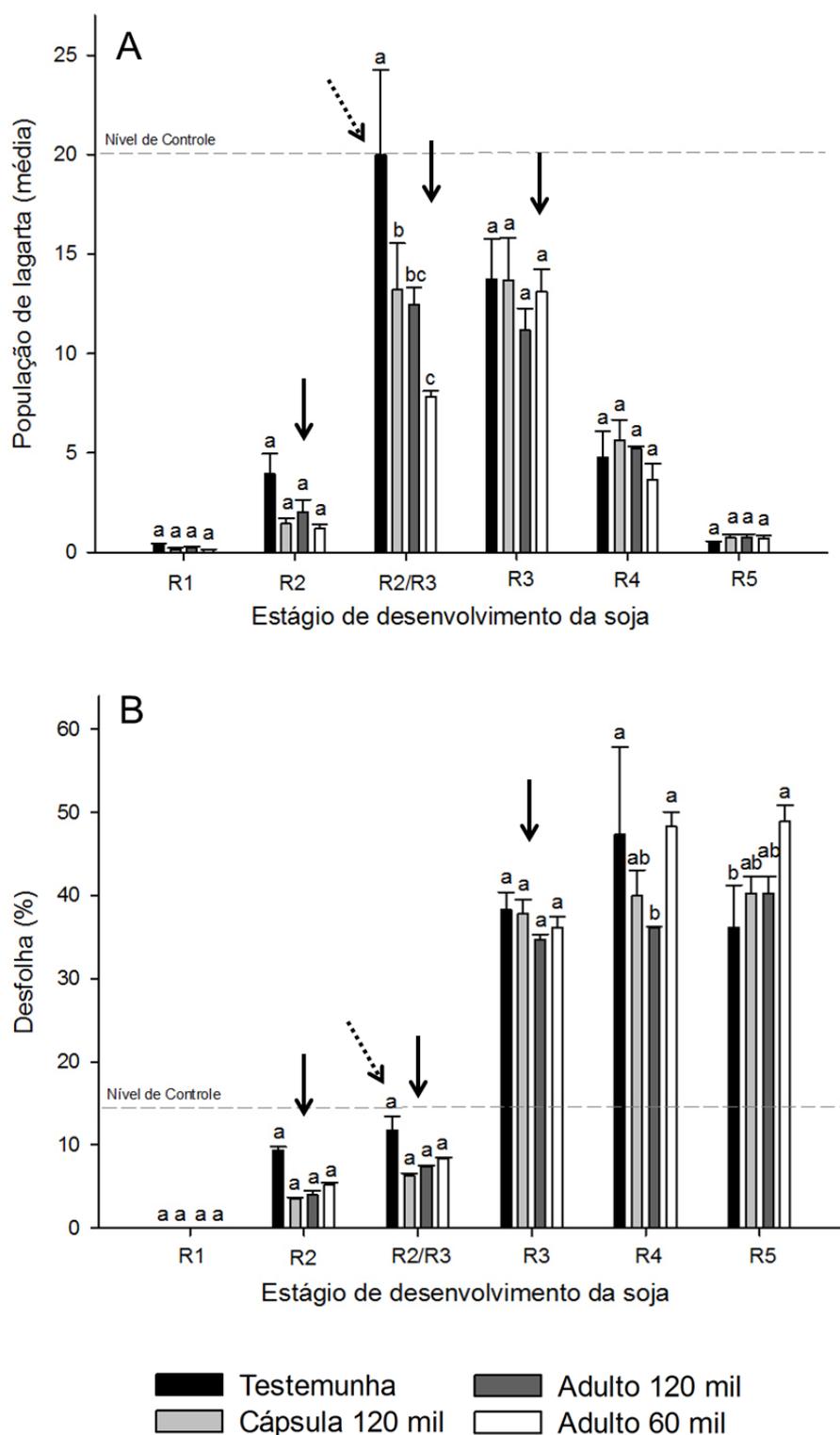


Figura 7. População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) obtidas de áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2014/15, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida.

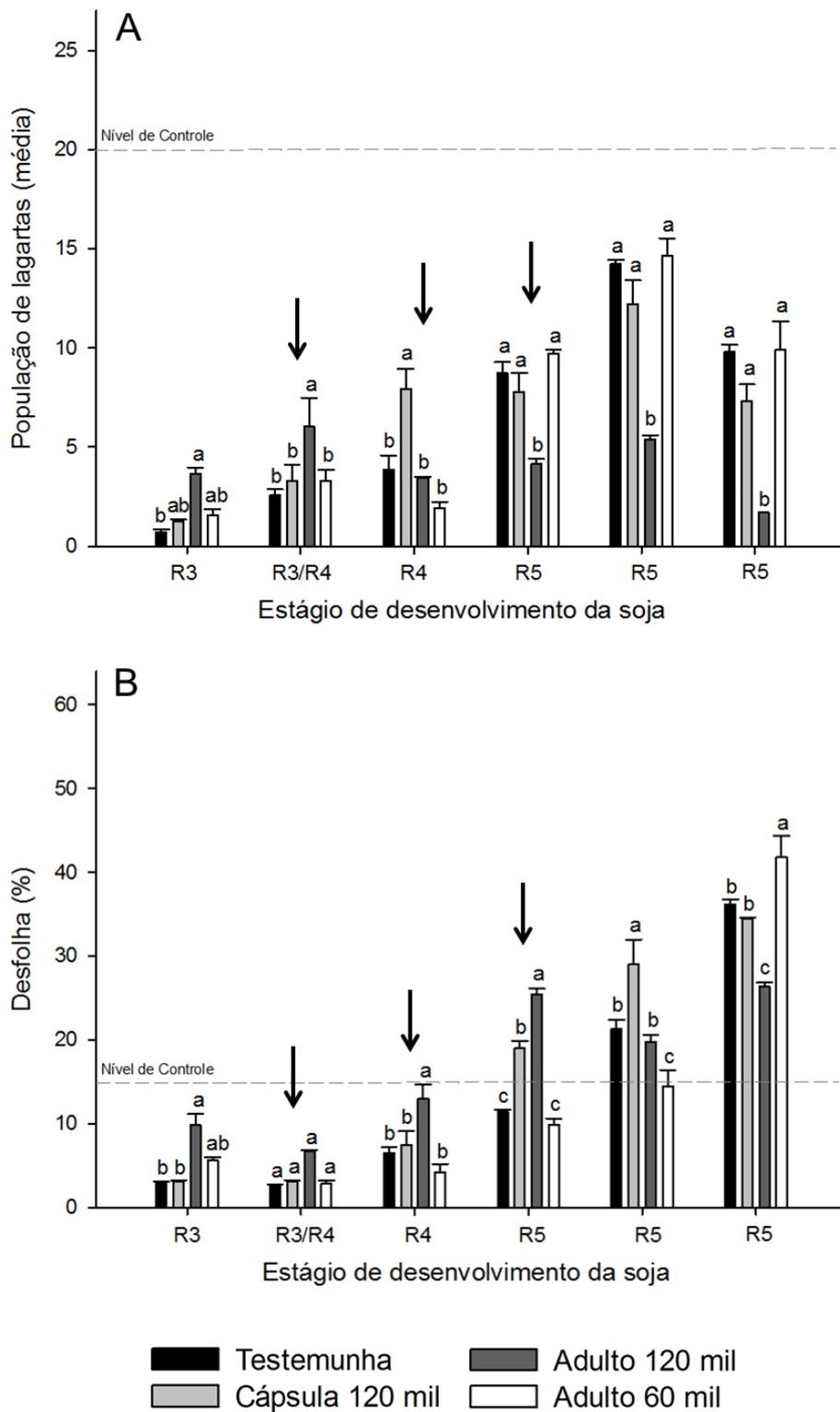


Figura 8. População de lagartas (média) (A) e desfolha (%) (B) obtidas de áreas de soja submetidas a diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* e testemunha durante a safra 2015/16, Botucatu, SP. Barras seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Seta preta contínua indica o momento da liberação. Seta preta pontilhada indica a aplicação de inseticida.

Os dados climáticos apresentaram variações durante as duas safras avaliadas. Os baixos valores observados no número de ovos/planta e lagartas e a não diferença entre o parasitismo de *T. pretiosum* nos tratamentos na safra 2015/16 podem ser em decorrência das frequentes chuvas durante ou após as liberações, em todos os tratamentos, que atingiram 60 mm de precipitação pluviométrica em algumas datas. A umidade relativa se manteve em média acima dos 70% em ambas as safras e períodos avaliados. Os valores de temperaturas mínima e máxima chegaram a atingir 12,6 e 32 °C (2014/15), 8,8 e 33 °C (2015/16), com uma média variando de 22,7 e 21,2 °C nas safras 1 e 2 (Fig. 9 A e B).

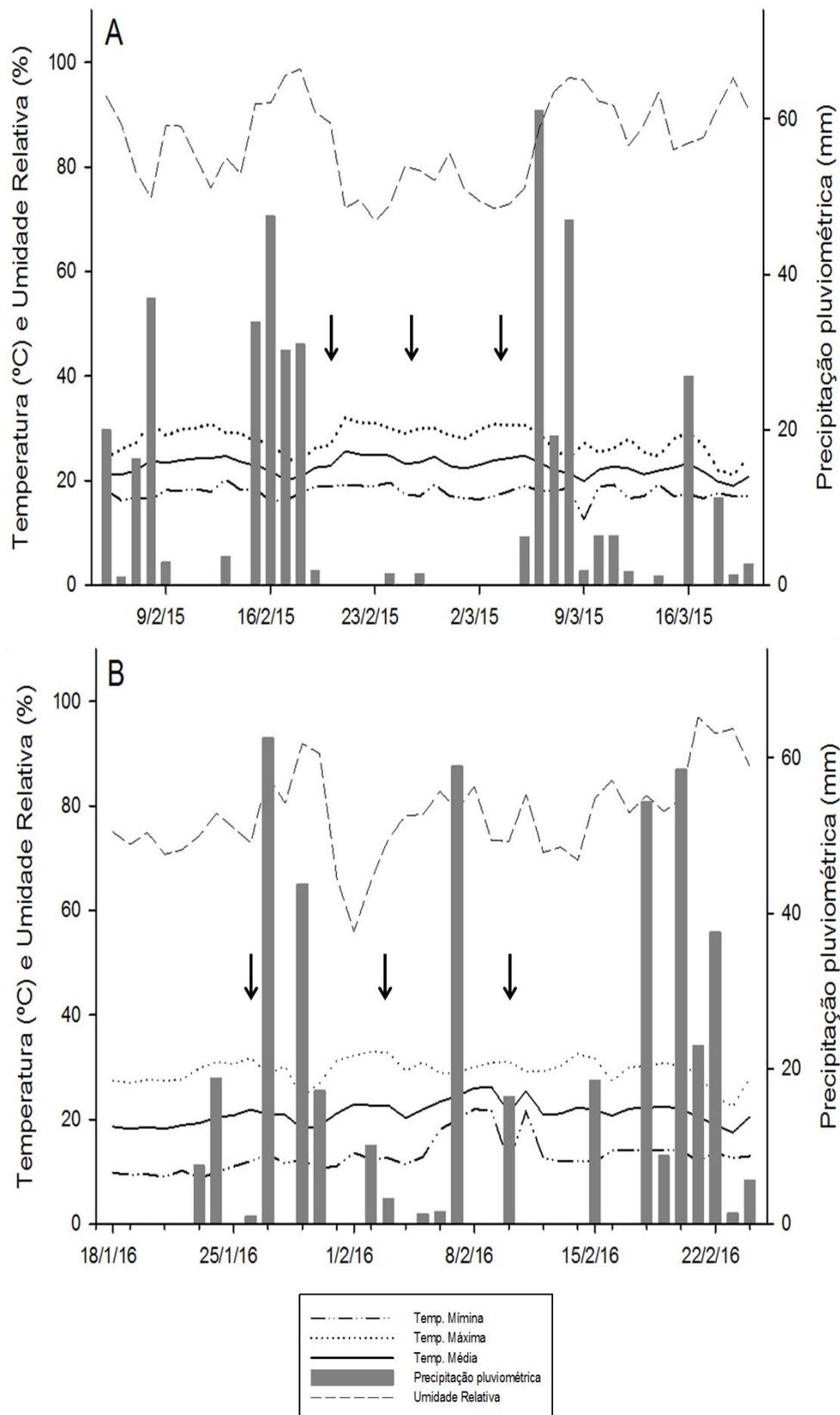


Figura 9. Dados climáticos do período em que foram conduzidos os experimentos de avaliação de técnicas de liberação de *T. pretiosum* durante as safras 2014/15 (A) e 2015/16 (B), Botucatu, SP. Setas pretas indicam as liberações de *T. pretiosum*.

DISCUSSÃO

Todos os parâmetros avaliados foram influenciados nas áreas avaliadas com diferenças entre as safras e tratamentos. Tanto as formas de liberação, cápsula contendo pupas protegidas e adultos de *T. pretiosum*, quanto as quantidades de 120 e 60 mil parasitoides/liberação/hectare, propiciaram o parasitismo e consequente redução da população de lepidópteros-praga. As diferenças encontradas entre as duas safras podem estar relacionadas principalmente ao efeito de condições abióticas, como a chuva e temperatura, bem como condições bióticas diversas, como, por exemplo, a dinâmica populacional dos lepidópteros-praga alvos em cada safra.

O número médio de ovos/planta flutuou de maneira diferente em cada experimento, sendo que na safra 2014/15 os picos populacionais ocorreram durante a primeira e segunda liberação (R2 e R2/R3) e, na safra 2015/16, na segunda liberação (R4). A baixa população de ovos durante a segunda safra pode ter acontecido pelo excesso de chuvas que ocorreu durante a condução do experimento (Figura 9), condição esta que afeta o desempenho dos insetos-praga no campo.

A liberação de *T. pretiosum* ocorreu com uma média variando de 0,3 a 0,5 ovos/planta. O momento ideal para determinar a tomada de qualquer método de controle é a infestação da praga, que deve ser igual ou superior ao nível de ação para que o método de controle seja economicamente justificável (Bueno 2008). No entanto, estudos que determinem o nível de ação para a liberação desse parasitoide são escassos e, a recomendação comercial é pautada na simples presença de ovos nas lavouras, fato este muito subjetivo para justificar e subsidiar o momento ideal de liberação que favoreça a ação desses agentes benéficos no campo. As liberações podem ser posicionadas a partir da detecção da presença de mariposas no campo,

observadas visualmente, pela coleta nas armadilhas luminosas sendo repetidas em intervalos de 7 a 10 dias (Conte et al. 2014). Outra possibilidade é a utilização de armadilhas contendo feromônio sintético (Zarbin et al. 2009), disponíveis comercialmente para *C. includens*, *H. armigera* e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), que determinam o momento em que as mariposas iniciam sua colonização no campo e, podem dar suporte às liberações. Porém, estudos que vislumbrem o número ideal de mariposas em cada armadilha para as liberações de parasitoides de ovos são incipientes.

No que diz respeito ao parasitismo de *T. pretiosum*, na primeira safra houve influências das técnicas de liberação. Durante os picos de oviposição, todas as técnicas foram viáveis e favoreceram o parasitismo de *T. pretiosum*, diferindo apenas ao final do experimento na área com liberação de cápsula contendo pupas protegidas com 120 mil parasitoides/liberação, que se mostrou superior; no entanto, neste período, o número de ovos/planta foi baixo. Notou-se que, após a primeira e segunda liberação, o regime de chuvas foi menor, favorecendo a atuação do parasitoide no campo, com reflexo no elevado parasitismo das datas subsequentes.

Na segunda safra, numericamente o parasitismo foi próximo de 90% em alguns tratamentos, porém, a quantidade de ovos da praga disponíveis para o parasitismo foi baixa, comparado com a safra anterior. Alguns fatores podem interferir no desempenho de inimigos naturais no campo, como por exemplo, a presença do hospedeiro na área, a morte em decorrência de fatores climáticos como chuva e temperaturas elevadas e aplicações de agroquímicos, entre outros (Pinto e Parra 2002, Botelho 1997). Isso pode explicar o parasitismo similar entre os tratamentos ao longo da condução do experimento na safra 2015/16, uma vez que

ocorreram chuvas frequentes e em grande volume, como também, temperaturas baixas, diminuindo assim a atuação de *T. pretiosum* no campo.

Registrou-se um alto parasitismo na área testemunha em ambas as safras. Isso ocorre pela proximidade da área com a mata ao entorno, que serve de abrigo para diversos inimigos naturais. Os parasitoides de ovos coletados na testemunha foram enviados para identificação e, trata-se de uma espécie do gênero *Encarsia* sp. de ocorrência natural. O que reforça que, possivelmente, não houve migração entre as áreas, uma vez que, as áreas eram distantes entre si e, a capacidade de dispersão de espécies de *Trichogramma* é inferior a 20 m do ponto de liberação (Zachrisson e Parra 1998).

A população de lagartas nas duas safras indica que a liberação de *T. pretiosum*, nas duas formas avaliadas, foram eficientes na manutenção das populações, uma vez que em ambas as safras, o nível de controle não foi atingido, exceto na área testemunha safra 2014/15. Em lavouras de soja no estado do Paraná, a diminuição do número de lagartas, a partir do uso de *T. pretiosum*, foi verificada em 19 lavouras com liberação de parasitoide, no qual, apenas em duas áreas a população de lagartas da subfamília Heliiothinae atingiu o nível de ação (Conte et al. 2014). Isso indica a viabilidade desse agente biológico na redução das populações de lepidópteros-praga.

O fato de uma única aplicação de inseticida ter reduzido a população de lagartas na área testemunha durante a safra 2014/15 e, o mesmo ser seletivo aos inimigos naturais, uma possível preservação dos inimigos naturais nesta área pode ter ocorrido. Durante a safra 2015/16, a população de lagarta da área testemunha não atingiu o nível de controle, provavelmente devido ao excesso de chuvas e alta umidade relativa, que limita a atuação das pragas no campo, e favorece o

microclima para a atuação dos agentes de controle como fungos (Bueno et al. 2011), bactérias e vírus, bem como, pela presença de predadores e parasitoides, de ocorrência natural. Assim, dentro de um plano de manejo de pragas da soja a partir do uso de agentes biológicos, a escolha de inseticida seletivos, bem como, o momento da aplicação, são fatores que potencializam a sustentabilidade do sistema e a manutenção das densidades populacionais de lagartas abaixo do nível de ação.

A desfolha em decorrência do ataque de lagartas apresentou um padrão nas duas safras, com um crescimento gradual ao longo das avaliações em todos os tratamentos, atingindo o nível de controle. Considerando que o experimento foi conduzido durante o estágio reprodutivo da soja e que nesta fase a planta precisa de maior quantidade de fotoassimilados (Gazzoni e Moscardi 1998, Haile et al. 1998, Ribeiro e Costa 2000, Moscardi et al. 2012), as populações de lagartas ocorrentes no presente estudo se mantiveram abaixo no nível de controle (20 lagartas/m) mas ainda sim apresentaram alto potencial de desfolha. No entanto, as plantas de soja possuem capacidade de se recuperar, sendo também capazes de produzir mais área foliar do que é realmente necessário. Isso favorece maior captação de radiação solar e, por conseguinte, maior produção de fotoassimilados para gerar energia para as plantas (Davidson e Donald 1958, Watson 1958).

De maneira geral, ao longo das duas safras e nos tratamentos avaliados, nota-se o potencial de ação de *T. pretiosum* liberado tanto via cápsula contendo pupas protegidas quanto adulta, bem como, com 120 e 60 mil parasitoides/liberação/hectare. Este mesmo padrão quanto à forma de liberação foi observado para a espécie *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae), em que não se constataram diferenças significativas entre a utilização de adultos e pupas protegidas (similar ao tratamento cápsula do presente

estudo) (Pinto et al. 2003). Verificou-se também que os fatores climáticos desfavoreceram a atuação desse inimigo natural durante a safra 2015/16, indicando que o clima é um fator muito importante para o sucesso de uma técnica de liberação, principalmente a temperatura e a precipitação pluviométrica.

Um fato que deve ser levado em consideração na utilização das diferentes técnicas de liberação é que a forma de cápsula contendo pupas protegidas de *T. pretiosum* deve ser usada quando a entrelinha da soja está sombreada pelas plantas, evitando o contato com os raios solares, que podem matar o parasitoide, influenciando a eficiência desse agente benéfico no campo. Essa tática pode propiciar maior segurança quanto às possíveis variações térmicas ou ocorrência de chuvas após as liberações, pois pode fornecer aos parasitoides um abrigo contra condições climáticas extremas, como também contra a predação (Pinto et al. 2003).

A liberação de adultos também é viável, uma vez que o adulto está potencialmente ativo e pronto para iniciar a oviposição. No entanto, o transporte desse material até o campo deve ser realizado com muito cuidado, devido à grande sensibilidade dos adultos ao calor excessivo (Pinto et al. 2003).

A melhor densidade de liberação de *T. pretiosum* depende das características intrínsecas da espécie, que podem ser influenciadas pela capacidade de busca ao hospedeiro, a preferência alimentar e a tolerância às condições climáticas adversas (Hassan 1994). Com isso, a liberação de um menor número de inimigos naturais pode comprometer o sucesso de controle das pragas alvo, favorecendo o crescimento populacional em patamares indesejáveis (Bueno 2008). Assim, apesar de a liberação de adultos com 60 mil parasitoides/liberação propiciar o parasitismo, os tratamentos contendo 120 mil se mostraram superiores, o que reforça que a quantidade indicada comercialmente é viável para a redução das populações de

pragas no campo. Por fim, as informações geradas no presente estudo são inéditas e podem contribuir para a melhoria do pacote tecnológico envolvendo *T. pretiosum*, podendo assim aumentar o uso deste agente benéfico em programas de controle biológico na cultura da soja.

REFERÊNCIAS

Botelho PSM. 1997. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In: Parra JRP, Zucchi RA (Eds), *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Piracicaba, FEALQ. p. 303-318.

Bueno AF, Batistela MJ, Bueno RCOF, França-Neto JB, Nishikawa MAN, Filho AL. 2011. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. *Crop Prot* 30: 937-945.

Bueno RCOF. 2008. Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) e *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil.

Bueno RCOF, Bueno AF, Parra JRP, Vieira SS, Oliveira LJ. 2010. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. Bras. entomol.* 54: 322–327.

Bueno RCOF, Parra JRP, Bueno AF. 2009. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared

on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis*. Biol Control 51: 355-361.

Bueno RCOF, Parra JRP, Bueno AF. 2012. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatilis* eggs at different temperatures. Biol Control 60: 154-162.

Conte O, Oliveira FT, Harger N, Corrêa-Ferreira BS. 2014. Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2013/14 no Paraná. Embrapa soja, Londrina. p. 56. (documentos 356).

Corrêa-Ferreira BS. 2012. Amostragem de pragas da soja. In: Hoffmann-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F. (Ed.). Soja: Manejo Integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa. p. 631-672.

Davidson JL, Donald CM. 1958. The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. Aust J Agric Res 9: 53-72.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. Tecnologias de produção de soja. Embrapa Soja, Sistemas de produção 10. Disponível em:<<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cultivares2006/brs133.pdf>>. Acesso: dezembro 2016.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa spp.* em áreas agrícolas: 19. Brasília, Brasil.

Fao – Food and Agriculture organization of the United Nations. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc>>. Acesso: fevereiro de 2017.

Fehr WR, Caviness CE, Burmood DT, Pennington JS. 1971. Stage development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Sci. 11, 929-931.

Gazzoni DL, Moscardi F. 1998. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. *Pesq. Agropec. Bras* 33: 411- 424.

Haile FJ, Higley LG, Specht JE. 1998. Soybean cultivars and insect defoliation: yield loss and economic injury levels. *Agron J* 90: 344-352.

Hassan SA. 1994. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: Wajnberg E, Hassan SA. (Ed.). *Biological control with egg parasitoids*. Wallingford: CAB International. p. 55-68.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE: Estatística da produção agrícola novembro de 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/producao_agricola/fasciculo_indicadores_ibge/estprodagr_2016_11_20161214_100000.pdf>. Acesso: dezembro 2016.

Moscardi F, Bueno AF, Bueno RCOF, Garcia A. 2012. Soybean response to different injury levels at early developmental stages. *Cienc. Rural* 42, n. 3: 389-394.

Parra JRP. 2014. Biological control in Brazil: an overview. *Sci. Agric.* 71, n. 5: 345-355.

Parra JRP, Zucchi RA. 1997. *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Piracicaba, FEALQ: 324.

Parra JRP, Zucchi RA. 2004. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotrop. Entomol.* 33: 271-281.

Pereira FP. 2016. Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) no controle de *Helicoverpa armigera* Hübner, 1809 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja. Tese (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Esalq-Usp. Piracicaba, Brasil.

Pinto AS, Parra JRP. 2002. Liberações de inimigos naturais. In: Parra JRP, Botelho PSM, Côrrea-Ferreira BS, Bento JMS. Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole. p. 325-342.

Pinto AS, Parra JRP, Oliveira HN, Arrigoni EDB. 2003. Comparação de técnicas de liberação de *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae). Neotrop. Entomol. 32: 311-318.

Ribeiro ALP, Costa EC. 2000. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar BR 16, no rendimento de grãos. Cienc. Rural 30, n. 5: 767-771.

Watson DJ. 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann Botany 22: 37-54.

Zachrisson BA, Parra JRP. 1998. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 em soja. Sci. Agric. 55: 133-137.

Zarbin PHG, Rodrigues MACM, Lima ER. 2009. Feromônios de insetos: tecnologias e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. Quim. Nova 32: 722-731.

CAPÍTULO 4

Manejo integrado de insetos-praga na cultura da soja com e sem controle biológico

Bruna Magda Favetti¹, Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno¹

¹Departamento de Proteção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Jardim Paraíso, 18.610-307, Botucatu-SP, Brasil.

Resumo. O Manejo integrado de Pragas (MIP) é uma importante ferramenta para a agricultura sustentável. Na cultura da soja foi implementado no Brasil na década de 1970. Em seguida, entrou em desuso e, recentemente, houve maior conscientização pelos produtores ao uso de outras táticas de controle, favorecendo o retorno e discussões sobre MIP. Das táticas disponíveis, o controle biológico vem se desenvolvendo no Brasil. Com isso, objetivou-se realizar o manejo integrado de insetos-praga da soja com e sem controle biológico, a partir do uso de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). O experimento foi conduzido nas safras 2014/15 e 2015/16, na área experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas, da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – FCA/UNESP, Campus de Botucatu. Os tratamentos continham uma testemunha (MIP), sem liberação, e uma área contendo manejo com a liberação de *T. pretiosum* (MIP+CB), ambas seguindo os preceitos do MIP. Na área com liberação de *T. pretiosum* (MIP+ CB) houve a redução das populações de lepidópteros, mantendo-as abaixo do nível de controle em ambas as safras. Na área testemunha (MIP) houve a necessidade de controle de lagartas na primeira safra. Assim, a adoção do

MIP apresentou benefícios para a manutenção das populações de lagartas e agentes de controle biológico, contribuindo para um ambiente produtivo mais sustentável.

Palavras-chave: Controle Biológico, parasitoides de ovos, *Glycine max*.

Abstract. Integrated Pest Management (IPM) is an important tool for sustainable agriculture. In the soybean crop was implemented in Brazil in the 1970s. Then came into disuse and, recently, there was increased awareness by producers of the use of other control tactics, favoring the return and discussions on IPM. Of the tactics available, biological control (BC) has been developing in Brazil. The objective of this study was to perform the integrated management of soybean insect pests with and without biological control from the use of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). The experiment was conducted during the 2014/15 and 2015/16 seasons, in the experimental area of the Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - FCA/UNESP, Campus Botucatu-SP. The treatments contained a control (IPM), without release, and an area containing management with the release of *T. pretiosum* (IPM + BC), both following the precepts of IPM. In the area with liberation of *T. pretiosum* (IPM + BC) the populations of lepidopteran were reduced, keeping them below the level of control in both harvests. In the control area (IPM) there was a need to control caterpillars in the first harvest. Thus, the adoption of IPM presented benefits for the maintenance of caterpillar populations and biological control agents, contributing to a more sustainable productive environment.

Keywords: Biological Control, Eggs parasitoids, *Glycine max*.

1. Introdução

A soja possui destaque no cenário agrícola mundial, sendo o Brasil, o segundo maior produtor deste grão (Fao, 2017). Na safra 2015/2016, a área plantada foi de 33 milhões de hectares, com uma produção total de 95.753.265 toneladas (Ibge, 2016), considerada a principal cultura do agronegócio brasileiro. Dos problemas fitossanitários que causam prejuízos aos sojicultores, a ocorrência do complexo de lagartas e percevejos é uma das principais (Bortolotto et al., 2015). Frente às novas tecnologias disponíveis neste cultivo, para um manejo adequado dos insetos-praga torna-se fundamental a adoção de estratégias de controle dentro do contexto de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Kogan, 1998).

Das táticas disponíveis, o controle biológico vem se desenvolvendo no Brasil (Bortolotto et al., 2015; Parra, 2014), atraindo cada vez mais produtores e grandes empresas que atuam na área de insumos agrícolas, tornando-se um bem necessário para o novo cenário agrícola brasileiro, uma vez que minimiza os problemas do uso abusivo e irracional de produtos fitossanitários na cultura da soja.

A utilização de liberações massais de parasitoide de ovos apresenta resultados promissores no controle de insetos. O programa de maior êxito foi realizado através de liberações inoculativas de *Trissolcus basal* (Wollaston) (Hymenoptera: Platygasteridae) para o controle do percevejo *Nezara viridula* (Linnaeus) (Hemiptera: Pentatomidae), em lavouras de soja no Paraná da década de 1970 (Corrêa-Ferreira et al., 2000). Para lepidópteros-praga, os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* têm sido amplamente utilizados, devido à facilidade da criação em hospedeiros alternativos (Parra e Zucchi, 1997; Parra e Zucchi, 2004; Bueno et al., 2012b), além da agressividade no parasitismo de ovos dos insetos-praga (Bueno et al., 2009).

Em cultivo de soja, a espécie *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) demonstrou ser um agente biológico útil no controle de *Chrysodeixis includens* (Walker), *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Bueno et al., 2009; 2012b), do complexo de espécies do gênero *Spodoptera* (Bueno et al., 2010) e subfamília Heliiothinae (Pereira, 2016), bem como, de outras espécies de menor ocorrência.

Essa espécie é encontrada naturalmente parasitando ovos de lepidópteros-praga da soja (Massaroli et al., 2014), porém, poucos estudos relatam sua eficiência após liberações inundativas. Em lavouras de soja no estado do Paraná, Conte et al. (2014) realizaram o manejo integrado de pragas e constataram que a adoção do monitoramento e nível de controle para a tomada de decisão, bem como o uso de *T. pretiosum* têm grande potencial para diminuir a dependência do controle químico no manejo de insetos.

Levando em consideração a importância do controle biológico no manejo de pragas da soja, estudos que vislumbrem a sua adoção em um plano de MIP são fundamentais. Assim, visando o equilíbrio e a sustentabilidade no agroecossistema da soja, o objetivo desse trabalho foi fazer o manejo integrado de insetos-praga na soja com e sem o controle biológico, com ênfase no parasitoide *T. pretiosum*.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrônômicas, da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – FCA/UNESP, Campus de Botucatu, durante as safras 2014/15 e 2015/16. Foi utilizada a cultivar BMX Potência

RR e o plantio com espaçamento de 45 cm, realizado no mês de dezembro (safra 2014/15) e novembro (safra 2015/16) em sistema de plantio direto. As duas áreas foram medidas com o auxílio de GPS e totalizaram 03 ha cada. Cada área foi dividida em 03 parcelas contendo 01 ha cada.

2.1 Monitoramento de insetos-praga e inimigos naturais

O monitoramento foi realizado inicialmente pela observação visual dos folíolos em 1 m de linha da soja e, quando as plantas estavam maiores (V4), utilizou-se o pano de batida para o acompanhamento da flutuação populacional dos insetos-praga e a caracterização da desfolha segundo Corrêa-Ferreira (2012). As amostragens foram realizadas semanalmente, visando determinar a época de liberação dos parasitoides (MIP+CB) e a aplicação dos inseticidas (MIP) para o controle das pragas. Em cada data de amostragem, foi avaliado e registrado o estágio de desenvolvimento das plantas de soja segundo a escala de Fehr et al. (1971). Em cada parcela foram feitos 20 pontos de observação e coleta manual, totalizando 60 pontos/area. Em cada ponto, uma planta foi retirada e acondicionada em sacos de papel kraft para posterior análise da presença de ovos. As folhas contendo os ovos foram recortadas e colocadas em sacos plásticos 4,0 cm x 23 cm.

2.2 Liberação de *Trichogramma pretiosum*

Três liberações de *T. pretiosum* foram realizadas na área com manejo biológico (MIP+CB) a partir de cápsulas contendo pupas protegidas do parasitoide com 120 mil parasitoides/liberação/hectare. A distribuição das cápsulas foi de forma equidistante na área e ocorreu quando os ovos da praga estavam presentes no

campo, estando associada a plantas desenvolvidas que proporcionavam sombreamento nas entrelinhas da soja, evitando a morte dos parasitoides por altas temperaturas. As liberações de *T. pretiosum* foram feitas nas primeiras horas da manhã, quando a temperatura é mais amena, favorecendo a dispersão e atividade dos parasitoides.

2.3 Manejo fitossanitário

Para o controle das pragas no tratamento testemunha (MIP), o nível de ação adotado para o controle químico foi de 20 lagartas grandes (>1,5 cm/m) ou quando a desfolha atingisse 30% na fase vegetativa e 15% na fase reprodutiva (Hoffmann-Campo et al., 2012). Para os percevejos, o nível de controle foi de dois percevejos/m. O controle de lagartas foi realizado com o inseticida chlorantraniliprole (10 g i.a.ha⁻¹) e o de percevejos com lambda-cialotrina (28 g i.a.ha⁻¹) + tiametoxam (21 g i.a.ha⁻¹). A ferrugem asiática foi controlada utilizando o fungicida azoxistrobina (60 g i.a.ha⁻¹) + ciproconazol (24 g i.a.ha⁻¹) acrescido com adjuvante óleo mineral a 0,5% do volume da calda de aplicação. Realizou-se aplicação de herbicida (Glifosato 2L/ha) em todas as áreas, sendo que, no tratamento com MIP+CB, a pulverização foi realizada sempre antes das liberações dos parasitoides.

2.4 Avaliação de produtividade

Para as avaliações dos parâmetros de produtividade foram coletados manualmente em cada parcela, 20 pontos com quatro repetições (5 m²/repetição), onde cada ponto foi representado por 1 m² da cultura com o auxílio de um quadrado de madeira para marcar a área. Para a obtenção da produtividade média (kg/ha e

sc/ha) o material foi levado para laboratório e as repetições foram pesadas. Amostras de 100 unidades deste material foram retiradas, pesadas em balança analítica e, realizada uma média para obtenção do peso de 1000 grãos.

2.5 Delineamento e análise estatística

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com parcela subdivida no tempo, contendo dois tratamentos e três repetições/tratamento. Os tratamentos foram: uma testemunha, sem liberação, seguindo os preceitos do manejo integrado de pragas (MIP); manejo com a liberação de *T. pretiosum* utilizando os preceitos do MIP (MIP+CB).

Os dados de ocorrência das espécies de pragas e inimigos naturais foram apresentados de forma descritiva, e a predominância das espécies a partir de porcentagem. A flutuação populacional de ovos, lagartas e percevejos foram representadas pela média dos valores encontrados, e a desfolha a partir da escala diagramática na forma de porcentagem. Os dados de parasitismo e parâmetros de produtividade foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (5%) e homocedasticidade; se paramétricos, aos dados qualitativos aplicou-se a análise de variância pelo teste F e as médias foram transformadas com $\sqrt{(x + 0,5)}$ e comparadas pelo teste *t* (5% de probabilidade), e os quantitativos foram submetidos à análise de regressão.

3. Resultados

3.1 Ocorrência de insetos na cultura da soja

3.1.1 Lepidópteros e pentatomídeos

As espécies de lepidópteros ocorrentes e a ordem de predominância em ambas as safras foi semelhante nas áreas, com maior participação da lagarta-falsa-medideira (*C. includens*). A lagarta-da-soja (*A. gemmatalis*) apareceu como a segunda espécie de maior ocorrência e, *Omiodes indicata* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae), a terceira mais frequente nas áreas durante a safra 2015/16. As lagartas de Heliiothinae e *Spodoptera* spp. apresentaram de maneira geral, uma ocorrência menor (Tabela 01).

Das espécies de pentatomídeos que ocorreram nas áreas com MIP e MIP+CB durante as safras 2014/15 e 2015/16 destacam-se *E. heros*, *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae), *N. viridula* e outras secundárias como *Dichelops* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) *Edessa meditabunda* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) e *Chinavia* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) (Tabela 01). No que diz respeito à predominância das espécies de percevejo, *E. heros* foi a principal em todas as áreas e safras, e, em menor proporção, foram observadas as espécies de *P. guildinii* seguida de *N. viridula* (Tabela 01).

Tabela 01. Ocorrência (%) das principais espécies de insetos-praga na cultura da soja em áreas com MIP e MIP+CB, safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP.

Lagartas (%)										
Áreas	<i>A. gemmatalis</i>		<i>C. includens</i>		Heliiothinae		<i>Spodoptera</i> sp.		<i>O. indicata</i>	
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
MIP	11,82	20,50	87,16	74,85	0,38	0,64	0,64	1,64	-	2,37
MIP+CB	17,14	21,66	81,10	69,45	1,04	0,50	0,73	1,28	-	7,11

Percevejos (%)								
Áreas	<i>E. heros</i>		<i>P. guildinii</i>		<i>N. viridula</i>		Outros	
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
MIP	70,05	76,20	22,20	9,00	5,95	11,80	1,80	3,00
MIP+CB	67,80	57,28	24,95	24,40	3,83	13,98	3,42	4,34

3.1.2 Inimigos naturais

Os agentes de controle biológico de ocorrência natural nas duas safras e áreas de MIP e MIP+CB foram aranhas (Aranae), joaninhas (Coccinellidae), percevejos predadores (Pentatomidae e Reduviidae), tesourinhas (Dermaptera) e outros dos gêneros *Geocoris*, *Calosoma* e *Callida*. De maneira geral, as áreas foram semelhantes no que diz respeito à frequência e diversidade de grupos ocorrentes, sendo que a maior predominância em ambas as áreas e safras foi de aranhas, com mais de 70%, sendo numericamente elevada na área de MIP+CB (Tabela 02).

Tabela 02. Ocorrência (%) de inimigos naturais na cultura da soja em áreas com MIP e MIP+CB nas safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP.

Áreas	Grupos (%)									
	Aranae		Coccinellidae		Hemiptera		Dermaptera		Outros	
	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16	2014/15	2015/16
MIP	88,43	73,06	5,79	18,13	2,89	3,11	0,41	2,59	2,48	3,11
MIP+CB	91,63	82,87	3,96	11,89	1,76	3,85	1,32	0,35	1,32	1,05

3.2 Flutuação populacional de insetos e ovos de lepidópteros na cultura da soja

3.2.1 População de lepidópteros e pentatomídeos

Na safra 2014/15 o início da infestação das lagartas foi em V4, com progressivo aumento na densidade ao longo do desenvolvimento do ciclo da soja. As maiores quantidades de lagartas ocorreram durante o período reprodutivo e o pico populacional foi observado em R2/R3 e R3. Em R2/R3 as populações do tratamento MIP atingiram o nível de controle (NC), sendo pulverizado o inseticida. Após a pulverização a população ficou abaixo do NC se mantendo até o final do desenvolvimento da cultura. Ao longo das avaliações, a população começou a declinar chegando à zero no final do ciclo. Na área com liberação de *T. pretiosum* (MIP+CB) a população de lagartas não atingiu o nível de controle (Figura 01 A).

Durante a safra 2015/16, notou-se o mesmo padrão de flutuação populacional ocorrido na primeira safra em ambas as áreas, diferindo quanto ao pico populacional, que foi em R5 e também, no fato de que tanto a área de MIP quanto de MIP+CB as populações de lagartas não atingiram o nível de controle, não havendo assim necessidade do controle químico (Figura 02 A).

Os primeiros percevejos na safra 2014/15 surgiram no período reprodutivo, mas em populações baixas e, gradativamente, aumentaram com o desenvolvimento das primeiras vagens. No estágio reprodutivo R4, a associação das espécies ultrapassou o número de dois percevejos/m, em todos os tratamentos, sendo posicionada a pulverização do inseticida. Notou-se que não houve redução populacional, uma vez que a população atingiu novamente o nível de controle, sendo necessárias quatro aplicações na area MIP e três na área MIP+CB. Na segunda safra, a população de percevejos iniciou a infestação no final do período vegetativo, porém, os picos populacionais ocorreram apenas durante o reprodutivo. Em R5, em ambas as áreas, a densidade de percevejos atingiu o nível de controle, realizando assim, a pulverização do inseticida. Após duas aplicações, as populações se mantiveram baixas até próximo da colheita (Figura 01 B e Figura 02 B).

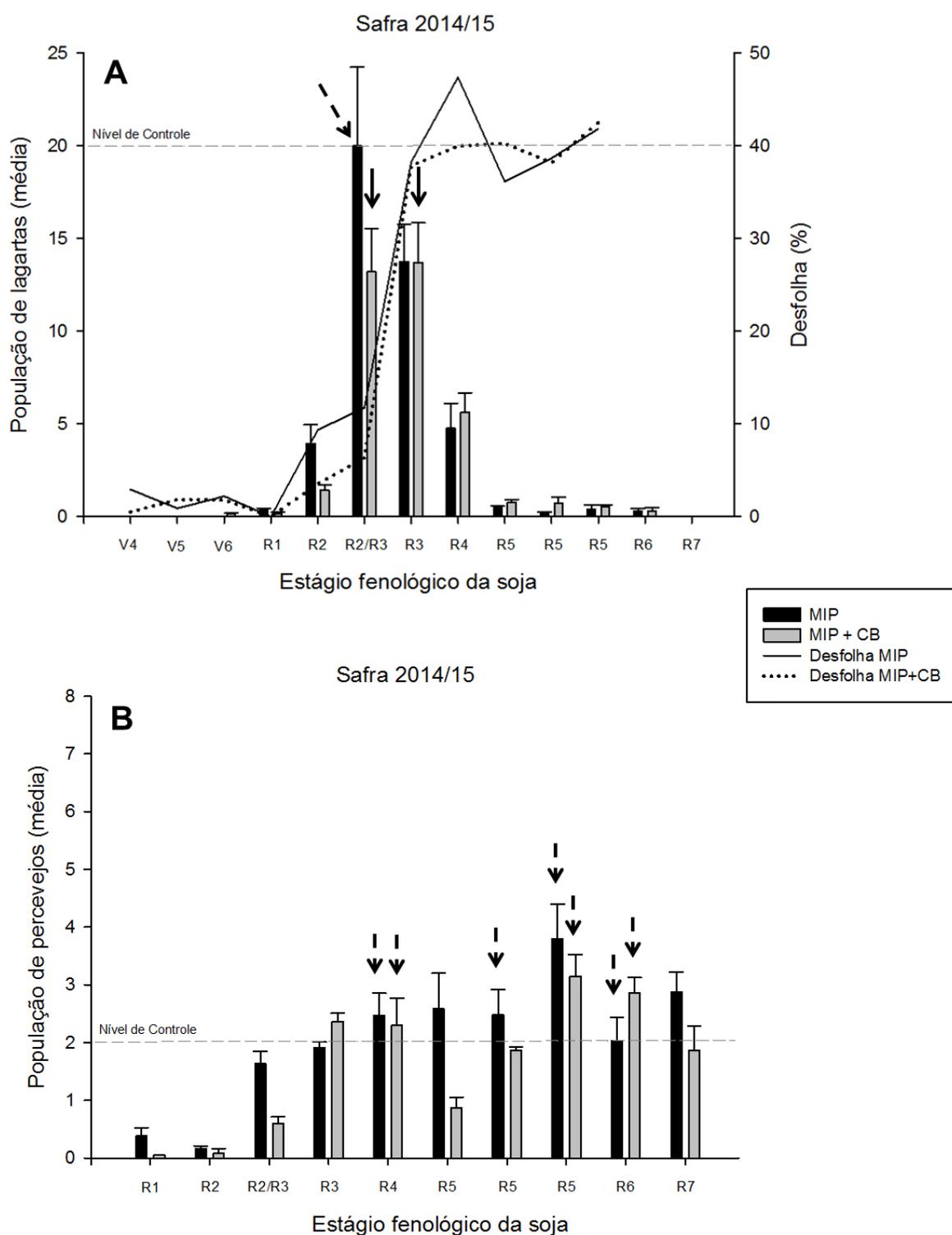


Figura 01. Flutuação populacional e desfolha (%) de lagartas (A) e percevejos (B) ocorrentes em cultivo de soja em áreas com MIP e MIP+CB na safra 2014/15, Botucatu-SP. Seta pontilhada indica aplicação de inseticida. Seta contínua indica liberação de *T. pretiosum*.

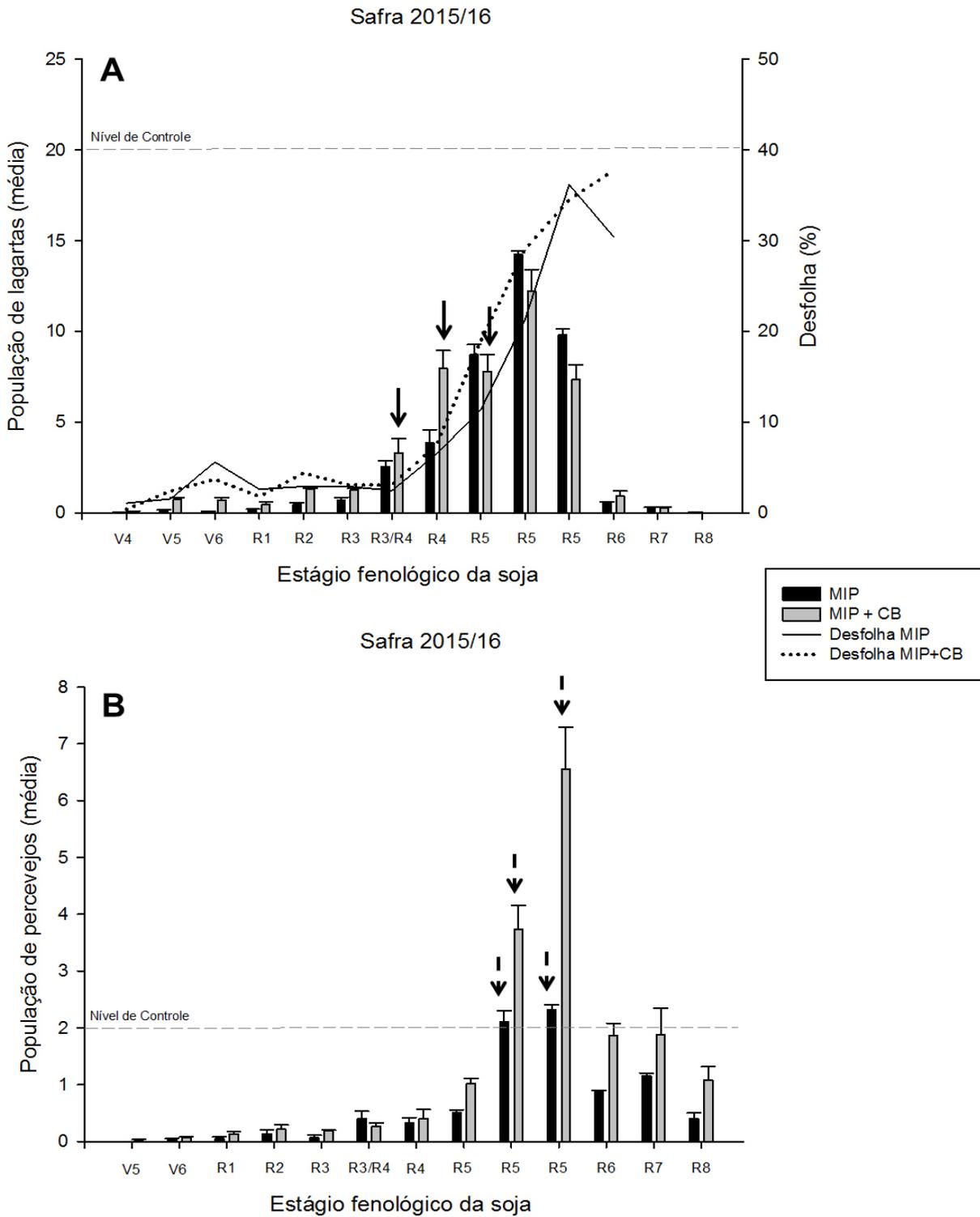


Figura 02. Flutuação populacional e desfolha (%) de lagartas (A) e percevejos (B) ocorrentes em cultivo de soja em áreas com MIP e MIP+CB na safra 2015/16, Botucatu-SP. Seta pontilhada indica aplicação de inseticida. Seta contínua indica liberação de *T. pretiosum*.

3.2.2 População de ovos de lepidópteros

A população de ovos de lepidópteros-praga nas plantas avaliadas foi detectada desde o estágio vegetativo até o reprodutivo. Porém, as liberações de *T. pretiosum* em ambas as safras ocorreu durante a fase reprodutiva da cultura, que foi quando as mariposas colonizaram a área e fizeram as posturas. Durante a safra 2014/15, o pico no número médio de ovos/planta ocorreu em R2, em ambas as áreas, com maior quantidade no tratamento MIP. Na segunda safra, o pico na população de ovos ocorreu durante R4 nas duas áreas, sendo numericamente maior no tratamento MIP+CB. Durante as duas safras, após os picos na quantidade de ovos, houve uma queda gradativa no número de ovos/planta nas áreas de MIP e MIP+CB (Figura 3 A e B).

3.3 Desfolha em cultivo de soja

A desfolha foi verificada inicialmente no estágio vegetativo, com aumento progressivo até a fase reprodutiva nas duas áreas e safras. Na safra 2014/15, de maneira geral, a desfolha foi mais elevada na área de MIP e, na segunda safra, na área de MIP+CB. Os maiores valores na porcentagem de desfolha nas áreas de MIP e MIP+CB, durante a primeira safra, foram verificados em R4-R5 (acima de 40 %) e, na segunda safra, durante R5 (abaixo de 40%). A desfolha ultrapassou o nível de controle (15 % de desfolha durante o reprodutivo) em todas as áreas durante as duas safras avaliadas (Figura 01 A e Figura 02 A).

3.4 Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em cultivo de soja

Houve interação significativa no parasitismo de *T. pretiosum* ao longo do tempo nos tratamentos MIP e MIP+CB apenas durante a safra 2014/15 (Figura 03 B). O parasitismo na safra 2015/16 variou apenas durante o período de tempo avaliado (Figura 03 D).

O parasitismo apresentou um padrão diferente nas duas safras e áreas de MIP e MIP+CB. Na safra 2014/15, antes das liberações (R1), verificou-se um parasitismo natural nas áreas, sendo maior no tratamento MIP+CB. As avaliações após a primeira e segunda liberação, em R2 e R2/R3, mostraram um parasitismo maior na área contendo MIP+CB. Após a terceira liberação (R3) e em R4, os tratamentos não diferiram entre si. Não foi observado parasitismo na área de MIP, em R5, sendo superior a 80% na área MIP+CB (Figura 3 A). Durante a safra 2015/16, o parasitismo não diferiu entre as áreas dos dois tratamentos, apresentando valores baixos no início, seguido por um gradativo aumento ao longo do tempo e liberações, mantendo-se elevado no estágio R5 (Figura 3C). Em todas as áreas e safras avaliadas, o parasitismo decresceu após o estágio reprodutivo R5 devido à redução na quantidade de ovos ao final do desenvolvimento da cultura (Figura 3 A, B, C e D).

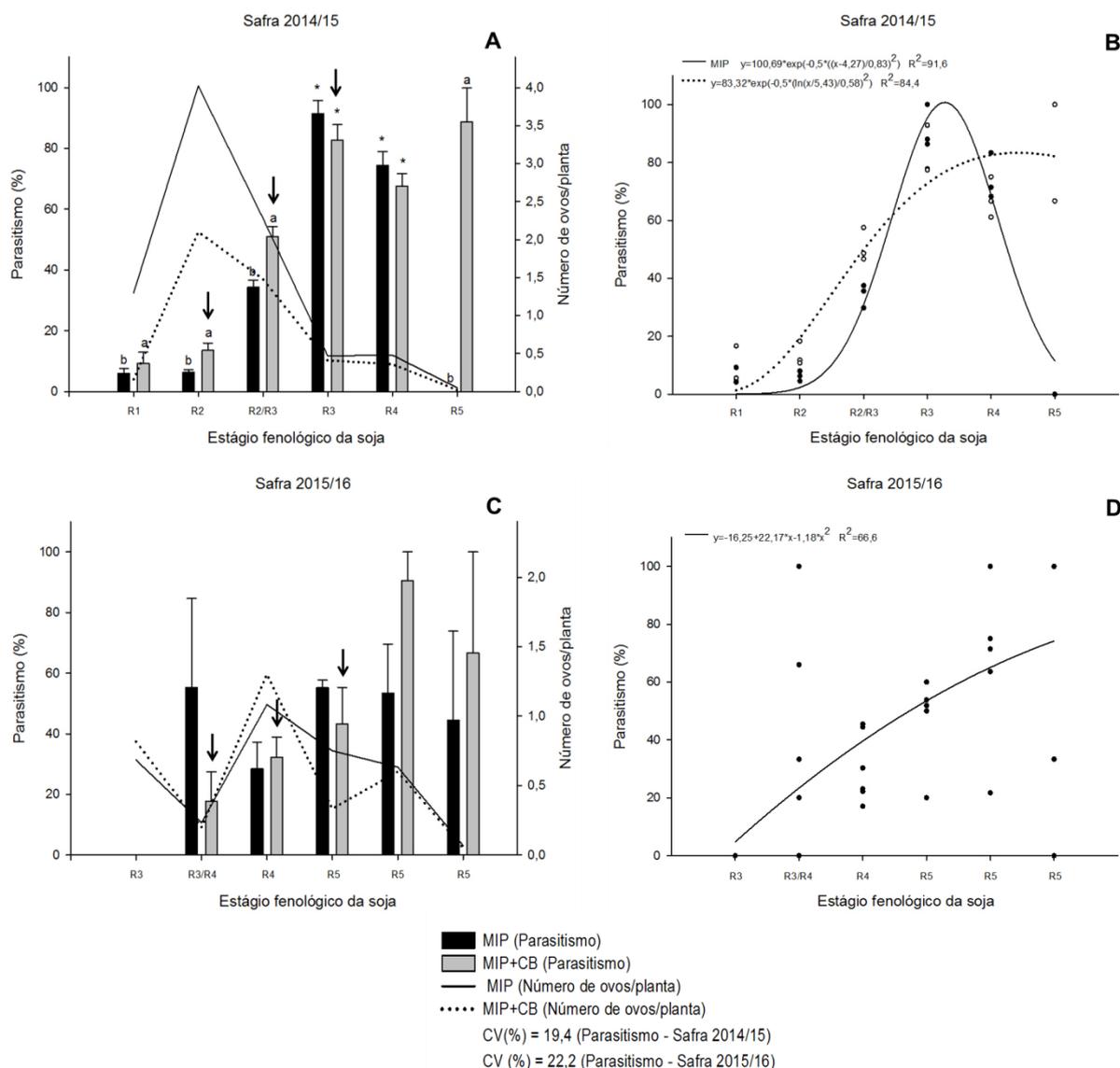


Figura 03. Parasitismo (%) e número de ovos de lepidópteros/planta em cultivo de soja em áreas tratadas com MIP e MIP+CB nas safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP. Seta contínua indica liberação de *T. pretiosum*. Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferiram entre si de acordo com o teste *t* (5%). *Não significativo segundo o teste *t* (5%).

3.5 Dados climáticos durante as safras de soja 2014/15 e 2015/16

Os dados climáticos apresentaram variações durante as duas safras. Notou-se que a precipitação pluviométrica foi mais frequente e em maior quantidade na safra 2015/16, atingindo até 64,5 mm na primeira safra e 138,8 mm na segunda. A umidade relativa se manteve, na maioria do tempo, acima dos 70% em ambas as safras. Os valores de temperaturas mínima e máxima atingiram 12,0 e 35,6 °C (2014/15), 8,5 e 33,0 °C (2015/16), com uma média variando de 12,0 - 28,7 °C e 15,3 - 27,7 °C, respectivamente, nas safras 1 e 2 (Figura 4).

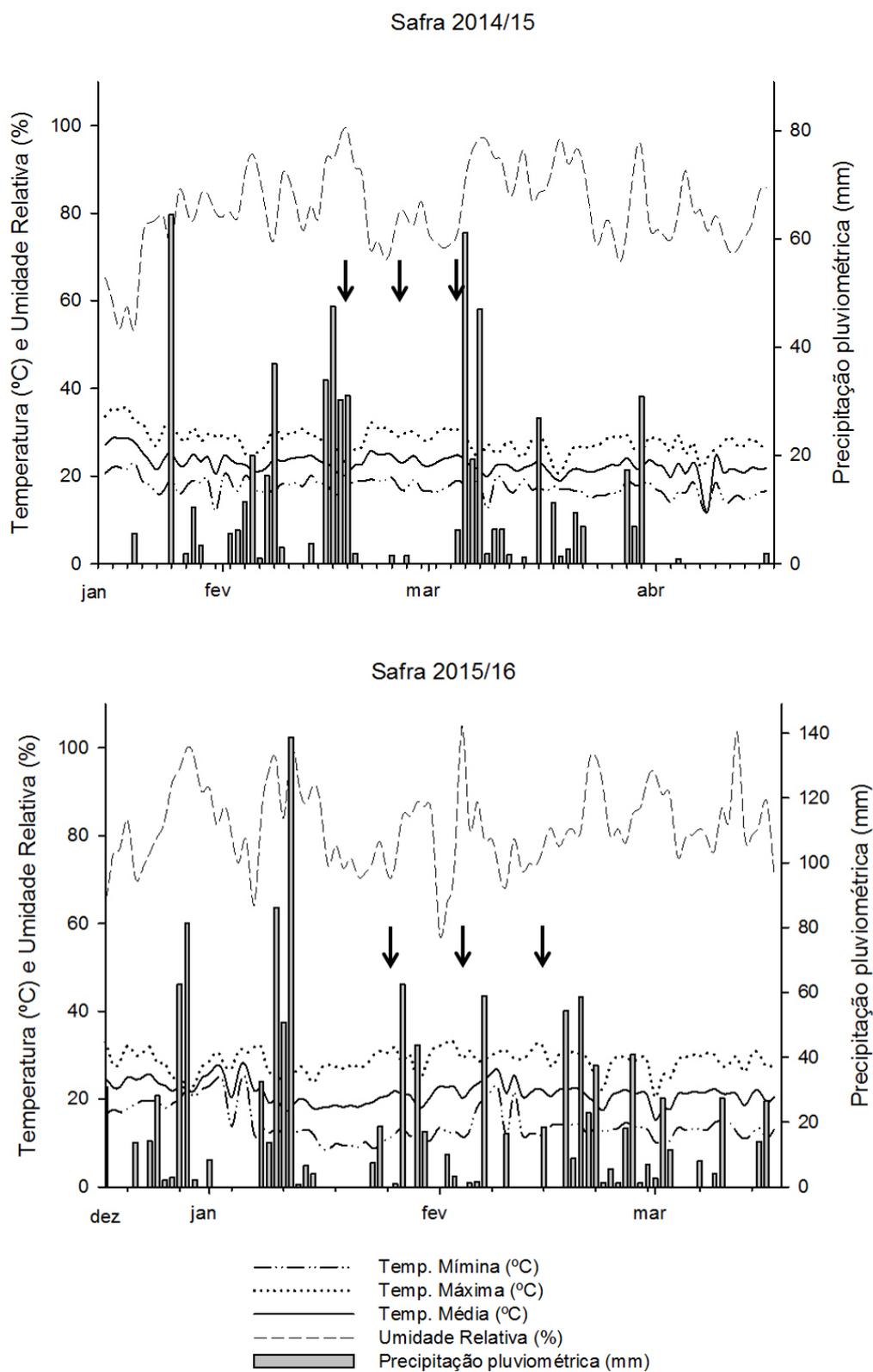


Figura 04. Dados climáticos do período em que foram conduzidos os experimentos em cultivo de soja nas safras 2014/15 e 2015/16, Botucatu-SP. Setas pretas indicam as libera es de *T. pretiosum*.

3.6 Parâmetros de produtividade da cultura da soja

As avaliações de pós-colheita da cultura da soja na safra 2014/15 indicaram que houve diferenças significativas entre os tratamentos apenas no peso de mil grãos, apresentando-se maior na área contendo MIP. A produtividade e quantidade de sacas foram similares entre as áreas contendo MIP e MIP+CB (Tabela 03). Na safra 2015/16, o padrão de significância foi inverso, sendo a produtividade e número de sacas maiores no tratamento contendo MIP+CB, e o peso de mil grãos igual entre as áreas avaliadas (Tabela 4).

Tabela 03. Valores médios do peso de 1000 grãos (g) e peso líquido em kg e sacas/ha de plantas de soja em áreas com MIP e MIP + CB. Botucatu-SP, Safra 2014/15.

Tratamentos	Peso mil grãos ¹ (g)	Produtividade ^{ns} (kg/ha)	Sacas/ha ^{ns}
MIP	15,38 ± 0,20 a	1205,42 ± 81,01	20,09 ± 1,35
MIP + CB	14,03 ± 0,19 b	1173,20 ± 66,16	19,55 ± 1,10
F	22,98	0,09	0,09
CV (%)	4,68	21,54	21,54

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste

t a 5 %. ^{ns}Não significativo de acordo com o teste *t* a 5%.

Tabela 04. Valores médios do peso de 1000 grãos (g) e peso líquido em kg e saca/ha de plantas de soja em áreas com MIP e MIP + CB. Botucatu-SP, Safra 2015/16.

Tratamentos	Peso mil grãos ^{ns} (g)	Produtividade ¹ (kg/ha)	Sacas/ha ¹
MIP	13,46 ± 0,20	2552,66 ± 80,71 b	42,54 ± 1,34 b
MIP + CB	15,77 ± 1,33	3058,00 ± 164,87 a	50,96 ± 2,74 a
F	2,92	7,57	7,57
CV (%)	22.71	16.03	16.03

^{ns}Não significativo de acordo com o teste *t* a 5%. ¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *t* a 5 %.

4. Discussão

A ocorrência e frequência do complexo de lepidópteros e percevejos ocorrentes na soja são similares entre as regiões produtoras de soja no Brasil (Massaroli et al., 2014; Carvalho, 2014; Aita, 2013; Golin, 2014; Conte et al., 2014).

No que diz respeito aos inimigos naturais, tanto a área de MIP quanto de MIP+CB apresentaram um impacto positivo nas populações de insetos benéficos. Os agentes de controle natural encontrados, aliados à atuação de outros grupos como doenças ocasionadas por fungos, vírus e bactérias, como também diversos parasitoides, contribuem na manutenção das densidades populacionais abaixo do nível de controle (Conte et al., 2014). Esse fato foi observado no presente estudo, em que na safra 2015/16, as populações de lagarta, por exemplo, não atingiram o nível de controle, dispensando o uso de produtos químicos nas áreas avaliadas.

O padrão de distribuição dos insetos mostrou que, durante a fase vegetativa, a soja pode ser atacada por várias espécies de lagartas, que provoca desfolha em toda essa fase. Na fase reprodutiva, caracterizada pelo início da floração, surgem percevejos sugadores (Embrapa, 2006) e, na presença de folhas, as lagartas permanecem presentes durante este período. Apesar da população de lagartas ter atingido o nível de controle na safra 2014/15, nota-se que uma única aplicação de inseticida seletivo foi suficiente para suprimir as lagartas.

Uma vez que o uso de inseticidas seletivos busca a preservação dos inimigos naturais e a sustentabilidade das lavouras de soja no sistema produtivo (Foerster, 2002), na presente pesquisa, possivelmente houve uma grande atuação de agentes benéficos o que, somado ao uso de produto seletivo, potencializou o controle de lagartas no campo de forma sustentável.

A respeito da população de percevejo, no estágio reprodutivo, em ambas as safras, estes insetos atingiram o nível de ação no período crítico de ataque que é durante o enchimento de grão e, após as pulverizações, atingiram outras vezes o número de 2 percevejos/m. No cenário agrícola atual, existem poucos produtos para o controle desses insetos, sendo assim, difícil ocorrer o manejo de sua resistência (Sosa-Goméz e Silva, 2010; Sosa-Goméz e Omoto, 2012). Assim, acredita-se que no presente estudo houve falhas no controle dos percevejos provavelmente pelo uso recorrente do mesmo produto várias vezes em uma mesma safra e em diferentes anos.

Os maiores valores de desfolha, em ambas as safras e áreas, se deram no período reprodutivo da soja, que é quando a planta precisa de maior quantidade de fotoassimilados (Gazzoni e Moscardi, 1998; Ribeiro e Costa, 2000; Moscardi et al., 2012). Apesar de as populações de lagartas ocorrentes no presente estudo nas

áreas de MIP+CB se manterem abaixo no nível de controle (20 lagartas/m), houve um crescente e alto potencial de desfolha. No entanto, as plantas de soja possuem capacidade de recuperação, sendo capaz de produzir mais área foliar do que necessário, o que favorece maior captação de radiação solar e, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados para geração de energia às plantas (Davidson e Donald, 1958; Watson, 1958). A capacidade de desfolha difere entre as espécies de desfolhadores da soja. Entre o consumo de diferentes lagartas ocorrentes neste cultivo, Bueno et al. (2011b) verificaram que o gênero *Spodoptera* é potencialmente mais voraz que *C. includens* e *A. gemmatalis*.

A população de ovos de lepidópteros foi utilizada para determinar o momento das liberações de *T. pretiosum* na área de MIP+CB e apresentou-se maior na primeira safra. A baixa população de ovos na segunda safra pode ter acontecido pelo excesso de chuvas, que pode afetar o desempenho dos insetos na lavoura. O momento ideal para a tomada de decisão e uso de parasitoides de ovos é a infestação da praga, que deve ser igual ou superior ao nível de ação para que o método de controle seja economicamente viável (Bueno, 2008). No entanto, a determinação do nível de ação nesses casos é incipiente, sendo a recomendação comercial realizada pela presença de ovos nas lavouras, o que pode não justificar e subsidiar o momento ideal de liberação que favoreça a ação desses agentes benéficos no campo.

O monitoramento das populações de ovos foi realizado a partir da coleta de planta de soja no campo. Porém, esse método é pouco usual em grandes áreas de cultivo de soja pela baixa praticidade no campo. Outros métodos podem auxiliar o posicionamento das liberações de *T. pretiosum* levando em consideração a presença das mariposas no campo, observadas visualmente, pela coleta nas

armadilhas luminosas (Conte et al., 2014) e a utilização de armadilhas contendo feromônio sintético para lepidópteros (Zarbin et al., 2009), suportando assim as liberações de *T. pretiosum*.

O parasitismo de *T. pretiosum* na área de MIP+CB, safra 2014/15, de maneira geral, foi superior quando comparado com a área de MIP. No entanto, na safra 2015/16, os dois tratamentos foram similares durante todo o tempo avaliado. Durante os picos de oviposição das mariposas no campo, na primeira safra, a área com liberação do parasitoide foi superior no parasitismo quando comparado com a área MIP. As possíveis diferenças observadas no desempenho de *T. pretiosum* entre as duas safras podem estar relacionadas à influência das condições abióticas, como a chuva e temperatura, bem como algumas condições bióticas, como a dinâmica nas populações dos lepidópteros alvos e aplicações de produtos químicos (Pinto e Parra, 2002; Botelho, 1997). A ocorrência de grandes quantidades de chuva antes e após as liberações, durante a segunda safra, provavelmente diminuiu a performance do parasitoide, acarretando menor parasitismo e similaridades com a área testemunha (MIP).

O alto parasitismo na área de MIP em ambas as safras pode ter ocorrido pelas características da paisagem no entorno e proximidade, com uma área de mata que atua como abrigo e fonte de alimento para diversos inimigos de ocorrência natural, bem como pelo fato de que os parasitoides encontrados nesta área, nas duas safras, serem de espécies nativas do gênero *Encarsia*. Levando em consideração o raio de dispersão de espécies de *Trichogramma*, que é inferior a 20 m do ponto de liberação (Zachrisson e Parra, 1998), provavelmente não houve migração dos parasitoides entre as áreas de MIP+CB e MIP.

Os resultados do presente estudo quanto ao parasitismo em ovos de lepidópteros-praga, associados ao fato de que as populações de lagartas em ambas as safras, na área contendo MIP+CB, não atingiram o nível de controle, reforça o ocorrido em lavouras do estado do Paraná, em que, ao liberar *T. pretiosum* em 19 lavouras de soja, apenas em duas áreas, a população de Heliiothinae atingiu o nível de ação (Conte et al., 2014).

No que tange a produtividade da soja nas diferentes safras e áreas avaliadas, nota-se que na primeira safra, os valores encontrados, em ambos os tratamentos, foram muito abaixo da média brasileira (2998 kg/ha). Uma possível explicação para o ocorrido é que as condições climáticas durante o desenvolvimento da soja afetam diretamente a produtividade de grãos, assim como ocorreu na região de cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O déficit hídrico associado a temperaturas altas no período das águas promove redução acentuada na produção de grãos principalmente por abortamento floral, queda de vagens e retardo do crescimento. Condições do solo e fotoperíodo são outros fatores que afetam o rendimento dos grãos. Diferente disso, na segunda safra, o regime de chuvas foi superior à primeira, favorecendo a produtividade atingir valores próximos à média nacional (2870 kg/ha), sendo superior no tratamento com MIP+CB (Conab, 2016).

De maneira geral, levando em considerações os parâmetros avaliados, conclui-se que a área com manejo biológico, a partir da liberação de *T. pretiosum*, favoreceu a redução das populações de lepidópteros, mantendo-as abaixo do nível de controle em ambas as safras. Aliado a isso, a realização do monitoramento, adoção do nível de controle, o maior tempo até a primeira aplicação tanto para lepidópteros quanto percevejos, bem como a não utilização de produtos de amplo espectro no início do desenvolvimento dessa cultura, traz benefícios para a

manutenção dos agentes de controle biológico e, conseqüentemente, reflexos no controle de sugadores e desfolhadores no período reprodutivo, contribuindo para um ambiente produtivo mais sustentável (Conte et al., 2014). Assim, este trabalho apresenta resultados promissores no uso de *T. pretiosum* para o controle de lepidópteros, numa perspectiva de inseri-lo em programas de manejo de pragas, sendo esta uma tática de controle bastante viável para uso em áreas de cultivo de soja.

5. Referências

- Aita, V. Manejo de lagartas e percevejos da soja com controle localizado. 2013. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- Bortolotto, O.C., Pomari-Fernandes, A., Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F., Kruz, Y.K.S., Queiroz, A.P., Sanzovo, A., Ferreira, R.B., 2015. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. *Agron. Sci. Biotech.* 1, 25-32.
- Botelho, P.S.M., 1997. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In: Parra, J.R.P., Zucchi, R.A. (Eds.), *Trichogramma e o Controle Biológico Aplicado*. FEALQ, Piracicaba, pp. 303-318.
- Bueno, A.F., Batistela, M.J., Bueno, R.C.O.F., França-Neto, J.B., Nishikawa, M.A.N., Libério-Filho, A., 2011a. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. *Crop Prot.* 30, 937-945.
- Bueno, R.C.O.F. Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) e *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em

soja. 2008. 119 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F., Moscardi, F., Parra, J.R.P., Hoffmann-Campo, C.B., 2011b. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. *Pest Manag. Sci.* 67, 170-174.

Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F., Parra, J.R.P., Vieira, S.S., Oliveira, L.J., 2010. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. Bras. Entomol.* 54, 322–327.

Bueno, R.C.O.F., Parra, J.R.P., Bueno, A.F., 2009. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis*. *Biol. Control.* 51, 355-361.

Bueno, R.C.O.F., Parra, J.R.P., Bueno, A.F., 2012b. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. *Biol. Control.* 60,154-162.

Carvalho, M. M. Influência de sistemas de semeadura na população de pragas e nas características morfofisiológicas em cultivares de soja. 2014. 96 f. Dissertação (Agronomia – Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Safra 2015/2016. Décimo segundo levantamento, setembro 2016.

Brasília.http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf (accessed 11.03 17).

Conte, O., Oliveira, F.T., Harger, N., Corrêa-Ferreira, B.S. Resultados do Manejo Integrado de Pragas da Soja na Safra 2013/14 no Paraná. Embrapa Soja, Londrina, 2014, 56p. (Documentos 356).

Corrêa-Ferreira, B.S., Domit, L.A., Morales, L., Guimaraes, R.C., 2000. Integrated soybean pest management in micro river basins in Brazil. *Integrated Pest Manag. Rev.* 5, 75-80.

Corrêa-Ferreira, B.S., 2012. Amostragem de Pragas da Soja. In: Hoffmann- Campo, C.B., Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.). *Soja: Manejo Integrado de Insetos e Outros Artrópodes-Praga*. Embrapa, Brasília, pp. 631-672.

Davidson, J.L., Donald, C.M., 1958. The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. *Aust. J. Agric. Res.* 9, 53-72.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja – Paraná - 2006. Embrapa Soja – Sistemas de Produção 10. <http://www.cnpso.embrapa.br/download/cultivares2006/brs133.pdf> (accessed 10.12.16).

Fao. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 10.02.17).

Fehr, W.R., Caviness, C.E., Burmood, D.T., Pennington, J.S., 1971. Stage development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.* 11, 929-931.

Foerster, L.A., 2002. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides. In: Parra, J.R.P., Botelho, P.S.M., Corrêa-Ferreira, B.S., Bento, J.M.S. (Eds.). *Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores*. Editora Manole. São Paulo, pp. 95-114.

Gazzoni, D.L., Moscardi, F., 1998. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 33, 411-424.

Golin, V. Incidência natural, biologia, seletividade e efeito de liberações inoculativas de parasitoides de ovos (Hymenoptera: Platygasteridae) no controle de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) no Mato Grosso. 2014. 106f. Tese (doutorado em Ciências: Zoologia) - Universidade Federal do Paraná. 2014.

Hoffmann-Campo, C.B., Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F., 2012. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Embrapa, Brasília.

Ibge. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola novembro de 2016. ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201611_20161214_100000.pdf (accessed 10.12.16).

Kogan, M., 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43, 243–270.

Moscardi, F., Bueno, R.C.O.F., Bueno, A.F., Garcia A., 2012. Soybean response to different injury levels at early developmental stages. *Ciênc. Rural* 42, 389-394.

Massaroli, A., Butnariu, A.R., Doetzer, A.K., 2014. Occurrence of *Trichogramma* Parasitoids in Eggs of Soybean Lepidopteran Pests in Mato Grosso, Brazil. *Int. J. Biol.* 6, 97-103.

Parra, J.R.P., 2014. Biological Control in Brazil: An overview. *Sci. Agric.* 71, 345-355.

Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., 1997. *Trichogramma* e o Controle Biológico Aplicado, FEALQ, Piracicaba.

Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., 2004. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotrop. Entomol.* 33, 271-281.

Pereira, F. P. Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) no controle de *Helicoverpa armigera* Hübner, 1809 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja. 2016. 96f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". ESALQ-USP. Piracicaba, 2016.

Pinto, A.S., Parra, J.R.P., 2002. Liberações de inimigos naturais. Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M., Corrêa-Ferreira, B.S.; Bento, J.M.S. (Eds.). Controle biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores. Editora Manole. São Paulo, pp. 325-342.

Ribeiro, A.L.P., Costa, E. C., 2000. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar BR 16, no rendimento de grãos. Ciênc. Rural. 30, 767-771.

Sosa-Gomez, D.R., Omoto, C., 2012. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura da soja. In: Hoffmann- Campo, C.B., Corrêa-Ferreira, B.S., Moscardi, F. (Eds.). Soja: Manejo Integrado de Insetos e Outros Artrópodes-Praga. Embrapa, Brasília, pp.673-723.

Sosa-Gomez, D.R., Silva, J.J., 2010. Neotropical brownstink bug (*Euschistus heros*) resistance to metamidophos in Paraná, Brazil. Pesqui. Agropecu. Bras. 45, 767-769.

Watson, D.J., 1958. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. Ann. Bot. 22, 37-54.

Wiest, A., Barreto, M.R., 2012. Evolução dos Insetos-Praga na Cultura da Soja no Mato Grosso. EntomoBrasilis. 5, 84-87.

Zachrisson, B.A., Parra, J.R.P., 1998. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 em soja. Sci. Agric. 55, 133-137.

Zarbin, P.H.G., Rodrigues, M.A.C.M., Lima, E.R., 2009. Feromônios de insetos: tecnologias e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Quím. Nova.* 32, 722-731.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nesta tese trazem contribuições relevantes sobre a performance e potencial de *T. pretiosum* no controle de lepidópteros-praga na cultura da soja, em condições de laboratório e campo, indicando a possibilidade de utilização desse agente benéfico no MIP-Soja no Brasil.

Em laboratório, os aspectos biológicos de *T. pretiosum* sobre três espécies de Heliiothinae causadores de surtos na cultura de soja submetidos a diferentes temperaturas, mostraram a plasticidade desse parasitoide em se manter ativo nas temperaturas avaliadas, apresentando impacto negativo quando mantido em 15 e 35 °C. A capacidade de parasitismo desse agente biológico sobre Heliiothinae elucidou que, apesar da influência no parasitismo em temperaturas baixas e altas, o parasitoide se mantém biologicamente ativo e, os primeiros dias de vida favoreceram os maiores picos no parasitismo em ovos das espécies *H. armigera*, *C. virescens* e *H. zea*.

Em condições de campo, vislumbra-se a possibilidade de diferentes técnicas de liberação de *T. pretiosum* reduzir a população de lepidópteros, subsidiando a possível escolha da forma e dose para o posicionamento em campo, mostrando que tanto a forma de cápsula contendo pupas protegidas quando adulto e, a quantidade de 120 mil parasitoides/liberação/hectare favoreceram o controle de lagartas na soja. Adicionalmente evidenciaram-se os benefícios do controle biológico a partir de *T. pretiosum* no manejo de insetos na cultura da soja e na não utilização de produto químico, bem como, na preservação dos agentes biológicos de ocorrência natural, que potencializam o controle de pragas. Como também, aponta a importância da adoção dos preceitos do MIP no manejo das espécies de insetos na cultura da soja no que diz respeito à preservação do ambiente, diminuição da contaminação de alimentos e custos de produção.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, J. C.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. **Circular técnica**, **23**, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 12 p.
- BORTOLOTTO, O. C. et al. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 1, p. 25-32, 2015.
- BUENO, A. F. et al. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, p. 937-945, 2011a.
- BUENO, A. F. et al. Inimigos naturais das 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, 2012a. p. 493-629.
- BUENO, R. C. O. F. et al. Sem barreira. **Revista Cultivar**, v. 55, p.12–15, 2007.
- BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis*. **Biological Control**, v. 51, p. 355-361, 2009a.
- BUENO, R. C. O. F. et al. Desempenho de tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 389-394, 2009b.
- BUENO, R. C. O. F. et al. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 2, p. 322–327, 2010.
- BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includens* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. **Biological Control**, v. 60, p. 154-162, 2012b.
- BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **Bulletin of Entomological Research**, v. 102, p. 1–8, 2012c.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Safra 2015/2016**. Décimo segundo levantamento, setembro 2016. Brasília: Conab. Disponível em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_bol_etim_12_setembro.pdf>. Acesso em 07 de set. 2016.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, p. 145-150, 2002.

CZEPAK, C. et al. Praga da vez. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**, n. 176, p. 4-11, 2013a. Edição especial.

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

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas**. Brasília, 2013. 19p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja** – Paraná - 2006. Embrapa Soja – Sistemas de Produção 10. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cultivares2006/brs133.pdf>>. Acesso dezembro 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso fevereiro de 2017.

FOERSTER, L. A.; AVANCI, M. R. F. Egg parasitoids of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in soybeans. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, p. 545-548, 1999.

HASSAN, S. A. The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control lepidopterous pests: achievements and outlook. **Pesticide Science**, Oxford, v. 37, p. 387-391, 1993.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola novembro de 2016**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201611_20161214_100000.pdf>. Acesso dezembro 2016.

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

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultura da Soja**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso 18 dezembro 2016.

MASSAROLI, A.; BUTNARIU, A. R.; DOETZER, A. K. Occurrence of *Trichogramma* Parasitoids in Eggs of Soybean Lepidopteran Pests in Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Biology**, v. 6, p. 97-103, 2014.

NOYES, J. S. **Universal Chalcidoidea Database**. 2016. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/chalcidoids/>>. Acesso abril 2017.

PANIZZI, A. R. History and Contemporary Perspectives of the Integrated Pest Management of Soybean in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 42, p. 119–127, 2013.

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, p. 335-420, 2012.

PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: An overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 345-355, 2014.

PARRA, J. R. P. Egg Parasitoids Commercialization in the New World. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A (Eds). **Progress in biological control: egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. New York: Springer, p. 373-386, 2010.

PARRA, J. R. P. et al. *Trichogramma* as a tool for IPM in Brazil. In: VINSON, S. B. et al. (Org.). **Biological Control of Pests Using Trichogramma: Current Status and Perspectives**. China: Northwest A & F University Press, p. 472-496, 2015.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado**. Piracicaba, FEALQ, 1997. 324p.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.

PEDIGO, L. P.; HIGLEY, L. G. Introduction to Pest Management and Thresholds. In HIGLEY, L.G.; PEDIGO, L.P. **Economic Thresholds for Integrated Pest Management**. p. 1-8, 1996.

PEREIRA, F. P. **Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) no controle de *Helicoverpa armigera* Hübner, 1809 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja**. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". ESALQ-USP. Piracicaba, 2016. 96f.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. Illuminating the Black Box: The relationship between injury and yield. In: PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. **Biotic Stress and Yield Loss**. p. 1-12, 2000.

PRATISSOLI, D. et al. Ocorrência de *Trichogramma pretiosum* em áreas comerciais de tomate, no Espírito Santo, em regiões de diferentes altitudes. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 73-76, 2003.

QUERINO, R. B. et al. New species, notes and new records of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Brazil. **Zootaxa**, v. 4232, p. 137-143, 2017.

SANTOS, K.B.; MENEGUIM, A. M.; NEVES, P. M. O. J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 903-910, 2005.

SIQUEIRA, J. R. et al. Preferência hospedeira do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 1-5, 2012.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura da soja. In HOFFMANN-CAMPO, C. B.;

CORRÊA-FEREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Org.). **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. 1 ed. Londrina: Embrapa, p. 673-723, 2012.

SPECHT, A. et al. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 689-692, 2013.

WIEST, A.; BARRETO, M. R. Evolução dos Insetos-Praga na Cultura da Soja no Mato Grosso. **EntomoBrasilis**, v. 5, p. 84-87, 2012.

ZUCCHI, R. A.; QUERINO, R. B.; MONTEIRO, R. C. Diversity and hosts of *Trichogramma* in the New World, with emphasis in South America. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Org.). **Egg parasitoids in Agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. Dordrecht: Springer, cap 8, p. 219-236, 2010.