

Zoneamento agroecológico de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil

Lanna Leticia Goes Silva Oliveira^{1*}, Gerane Celly Dias Bezerra Silva², Márcio Alves Silva³

¹Engenheira agrônoma, egressa do Curso de Agronomia, FCA/UESPI, CEP 64.202-220, Parnaíba, PI, Brasil. (*Autor correspondente:lannaleticia5@gmail.com).

²Bióloga, Doutora em Ciências (Entomologia), Professora do Curso de Ciências biológicas, UEMA, CEP 65.620-000, Coelho Neto, MA, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-5347-0626>

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências (Entomologia), Professor do Curso de Agronomia, FCA/UESPI, CEP 64.202-220, Parnaíba, PI, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-6437-2848>.

Histórico do Artigo: Submetido em: 08/06/2020 – Revisado em: 17/09/2020 – Aceito em: 18/12/2020

RESUMO

O controle biológico é uma das técnicas que pode ser utilizada para controlar *Helicoverpa armigera* (Hübner), com destaque especial para utilização do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley. O controle biológico pode ser maximizado a partir do zoneamento ecológico demonstrando as regiões do Brasil com melhor aptidão para o desenvolvimento biológico de *T. pretiosum*. Nesse contexto, com o presente estudo objetivou-se estimar o número de gerações de *T. pretiosum* parasitando o hospedeiro *H. armigera*, anualmente e nas quatro estações do ano, zoneando as regiões com maior potencial de utilização do parasitoide no Brasil. Para isso, foi utilizada a temperatura média histórica do ar em 122 municípios e os dados biológicos do parasitoide *T. pretiosum* parasitando *H. armigera*. Foi estimado que *T. pretiosum* pode apresentar de 9,2 a 49,4 gerações anuais parasitando *H. armigera*, apresentando maior número de gerações no Norte e Nordeste e menor número de gerações no Sul do Brasil. O parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar maior número de gerações na estação de verão e menor número na estação de inverno, sendo que em municípios de alta latitude e altitude foi estimado que o parasitoide *T. pretiosum* não completa um ciclo de desenvolvimento na estação de inverno. O aumento da latitude, altitude e umidade do ar podem interferir na temperatura do ar e reduzir o número de gerações do parasitoide *T. pretiosum*. A estabilidade da temperatura do ar durante as estações do ano favorece o controle biológico pelo parasitoide *T. pretiosum* no Brasil.

Palavras-Chaves: Controle biológico, parasitoide de ovos, Zoneamento ecológico.

Agro-ecological zone of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil

ABSTRACT

Biological control can be used to *H. armigera* management, with special emphasis on the parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley. The biological control can be maximized from the ecological zoning, showing the Brazil regions with better aptitude for the biological development of *T. pretiosum*. In this context, the study aimed to estimate the number of *T. pretiosum* generations parasitizing *H. armigera*, annually and in the four seasons, zoning the regions with the greatest potential for using the parasitoid in Brazil. For this, the average historical air temperature of 122 municipalities was used and the biology data of *T. pretiosum* parasitizing *H. armigera* were used. It was estimated that *T. pretiosum* can present from 9.2 to 49.4 annual generations parasitizing *H. armigera*, presenting a greater number of generations in the North and Northeast and a lower number of generations in the South of Brazil. The *T. pretiosum* can present a greater number of generations in the summer season and a smaller number in the winter season, whereas in high latitude and altitude municipalities it was estimated that the *T. pretiosum* does not complete a development cycle in the winter season. The increase in latitude, altitude and air humidity can interfere with air temperature and reduce the number of *T. pretiosum* generations. The stability of air temperature during the seasons favors biological control by the *T. pretiosum* in Brazil.

Keywords: Biological control, Egg parasitoids, Ecological zone.

1. Introdução

Helicoverpa armigera (Hübner) é considerada uma das principais pragas agrícolas do mundo, apresentando ampla distribuição mundial, ocorrendo em países da Ásia, África, América, Europa e Oceania (Mastrangelo et al., 2014). Esta espécie é extremamente polífaga, cujas lagartas foram registradas em 181 espécies de plantas de 60 famílias botânicas diferentes (Pogue, 2004), incluindo culturas essenciais para a produção de alimentos e fibras. Os adultos apresentam grande mobilidade, são migrantes naturais e apresentam movimento de longo alcance podendo chegar a 1.000 km de distância (Pedgley, 1985). A alta capacidade de sobrevivência, o hábito alimentar polífago, a alta capacidade de dispersão e adaptação a diferentes cultivos, tende a favorecer o sucesso da espécie *H. armigera* como praga. No Brasil, a espécie *H. armigera* não havia sido detectada até 2013, quando sua ocorrência foi registrada em várias regiões agrícolas (Czepak et al., 2013; Mastrangelo et al., 2014). As maiores intensidades de danos econômicos causados por *H. armigera* tem sido verificado no algodão, milho, soja, feijão, sorgo e tomate (Czepak et al., 2013; Mastrangelo et al., 2014; Pratisoli et al., 2015). O controle biológico é uma das técnicas que pode ser utilizada para controlar *H. armigera*, com destaque especial para utilização de parasitoide de ovos, cuja prática em outros países com a mesma ocorrência de *H. armigera* se mostrou eficaz (Öztemiz, 2008; Arain et al., 2014; Wang et al., 2014; Abbas et al., 2020).

Os parasitoides de ovos são os insetos mais utilizados e estudados no mundo para o controle biológico (Parra; Cõnsoli, 2009), devido a sua capacidade de controlar a população de insetos-pragas ainda na fase de ovo, evitando o seu desenvolvimento, dessa forma impedindo antecipadamente os danos as culturas (Parra; Cõnsoli, 2009). Os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* Westwood tem sido destaque no controle de diversas pragas agrícolas em todo o mundo, possuindo grande importância à espécie *Trichogramma pretiosum* Riley (Parra, 2014; Parra; Coelho Júnior, 2019), devido a sua facilidade de criação em laboratório utilizando hospedeiros alternativos (Parra, 2010), sua capacidade de parasitar ovos de uma variada gama de hospedeiros de diversas ordens, como Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Thysanoptera, Neuroptera, possuindo maior preferência por ovos da ordem Lepidoptera (Monnerat et al., 2007; Carvalho et al., 2014; Amaro et al., 2015), além de ser agressivo no parasitismo de ovos (Botelho, 1997). *T. pretiosum* é uma espécie encontrada naturalmente nos diferentes biomas e agroecossistemas do Brasil e pode ser utilizado no controle biológico natural ou aplicado (Parra, 2014; Parra; Coelho Júnior, 2019).

Para o uso bem sucedido do controle biológico utilizando *T. pretiosum* para controle de *H. armigera*, vários estudos foram desenvolvidos com o objetivo de conhecer os parâmetros biológicos desse parasitoide associado ao hospedeiro, como o ciclo de desenvolvimento, capacidade e viabilidade de parasitismo (Anantanawat et al., 2016; Carvalho et al., 2017a; Carvalho et al., 2017b; Zuim et al., 2017), sendo essas variáveis influenciadas principalmente pela temperatura (Bortoli et al., 2012). Outra ferramenta importante que auxilia na tomada de decisão e no manejo adotado em programas de controle biológico é ter uma base da ocorrência de pragas e seus respectivos inimigos naturais ou alternativos.

Para isso foi desenvolvido modelos matemáticos que levam em consideração as necessidades dos parasitoides em cada hospedeiro, como constante térmica (graus-dias), limiar térmico inferior (temperatura base) e temperatura do local em estudo, estimando assim a densidade populacional e o número de gerações que podem ser obtidas em determinadas condições ambientais (Pratisoli et al., 1998). Para o estabelecimento e sucesso de programas de controle biológico é importante ter o conhecimento sobre o parasitismo de *T. pretiosum* no hospedeiro *H. armigera* em diferentes latitudes, altitudes e condições climáticas do Brasil.

Nesse contexto, com o presente estudo objetivou-se estimar o número de gerações de *T. pretiosum*, no hospedeiro-praga *H. armigera*, anualmente e nas quatro estações do ano, zoneando as regiões com maior potencial de utilização do parasitoide no Brasil.

2. Material e Métodos

2.1 Dados biológicos do parasitoide

Para estimar o número de gerações de *T. pretiosum* no hospedeiro *H. armigera*, foram utilizados os dados biológicos de requisitos térmicos mínimos, como o limiar térmico de desenvolvimento (°C) e a constante térmica (graus-dia) (Tabela 1) obtidas com base no estudo realizado por Carvalho et al. (2017b).

Tabela 1- Dados biológicos do parasitoide

Família	Hospedeiro	Parâmetros biológicos		Autores
		Temperatura basal (°C)	Constante térmica (GD)	
Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	10,82	134,5	Carvalho et al. (2017b)

2.2 Estimativa do número de gerações de *Trichogramma pretiosum*

O modelo usado para estimar o número de gerações reúne os dados biológicos de *T. pretiosum* (Tabela 1) e a temperatura média do ar (Tabela 2). A estimativa do número de gerações anuais foi baseada no seguinte modelo (Equação 1):

$$K = y (t - a) \quad (1)$$

Onde: K = constante térmica, isto é, número de graus dias acima da temperatura mínima para o inseto completar o desenvolvimento; y = número em dias para o inseto completar o ciclo biológico; t = temperatura média do ar; a = temperatura basal, isto é, limiar térmico inferior de desenvolvimento (temperatura abaixo da qual nenhum inseto sobrevive).

Para a estimativa do número de gerações para cada estação do ano, outono (tendo início no dia 21 de março), inverno (início dia 21 de junho), primavera (início dia 23 de setembro) e verão (início dia 21 de dezembro), foram considerados as seguintes fórmulas (Equação 2, 3, 4 e 5):

$$NGV = 90 / y \quad (2)$$

Onde: NGV = número de gerações no verão;

$$NGO = 92 / y \quad (3)$$

Onde: NGO = número de gerações no outono;

$$NDI = 94 / y \quad (4)$$

Onde: NDI = número de gerações no inverno;

$$NDP = 89 / y \quad (5)$$

Onde: NDP = número de gerações na primavera.

2.3 Dados da temperatura do ar

Para o aferimento da temperatura média do ar utilizou-se os dados das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para tanto, foram utilizadas temperaturas do ar de 122 municípios de todas as regiões brasileiras (Tabela 2). Os dados de temperatura do ar foram obtidos em estações meteorológicas localizadas nos municípios com histórico de produção de culturas anuais ou com potencial para implantação de plantações de culturas anuais. Para os registros históricos da temperatura média do ar dos municípios em diferentes regiões do país, anualmente e por estação do ano, foram considerados os dados do período de início da aferição na estação climática (instalação e funcionamento da estação climática) até dezembro de 2018 ou até o ano de suas últimas aferições. Os dados médios obtidos anualmente e por estação do ano são demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados dos municípios, suas respectivas coordenadas e temperatura média anual e por estação do ano

Município	Coordenadas das estações		Temp. média anual (°C)	Temperatura média das estações (°C)			
	Latitude	Longitude		Verão	Outono	Inverno	Primavera
Rio Branco	-9°57'28"	-68°9'54"	25,11	25,53	24,80	24,28	25,93
Macapá	0°2'6"	-51°5'19"	27,01	26,21	26,48	27,21	28,18
Oiapoque	3°48'48"	-51°51'45"	27,05	25,00	25,30	25,60	26,20
Apuí	-7°12'19"	-59°53'18"	26,00	25,50	25,80	26,50	26,20
Eirunepé	-6°39'1"	-69°52'6"	25,80	25,97	25,76	25,45	26,35
Manaus	-3°6'13"	-60°0'55"	26,99	26,30	26,52	27,46	27,71
São Gabriel da Cachoeira	-0°7'30"	-67°3'40"	25,90	26,19	25,78	25,39	26,32
Belém	-1°24'40"	-48°26'22"	26,35	25,91	26,21	26,45	26,84
Marabá	-5°21'59"	-49°3'4"	27,05	26,30	27,01	27,65	27,35
Mina do Palito	-6°19'12"	-55°47'16"	25,50	24,90	25,30	26,50	25,50
Porto Velho	-8°47'37"	-63°50'45"	25,90	26,60	25,50	26,20	26,40
Vilhena	-12°44'5"	-60°9'28"	24,40	23,90	24,10	25,00	24,50
Boa Vista	2°49'0"	-60°41'26"	27,80	28,14	27,47	27,01	28,64
Araguaína	-7°6'14"	-48°12'4"	25,26	25,14	25,19	25,08	25,68
Dianópolis	-11°35'40"	-46°50'49"	24,90	24,00	24,60	25,60	25,30
Gurupi	-11°44'44"	-49°2'58"	25,80	25,60	25,50	25,40	26,90
Palmas	-10°11'26"	-48°18'6"	26,91	26,00	26,70	28,60	27,50
Arapiraca	-9°48'16"	-36°37'9"	24,50	26,00	24,70	22,40	25,00
Maceió	-9°33'4"	-35°46'12"	25,36	26,36	25,53	23,90	25,62
Barra	-11°5'5"	-43°8'20"	25,59	26,83	26,02	25,56	27,87
Barreiras	-12°7'28"	-45°1'37"	25,50	25,40	24,60	24,80	27,10
Bom Jesus da Lapa	-13°15'3"	-43°24'19"	25,93	26,14	25,40	25,15	27,01

Continuação Tabela 2

Paulo Afonso	-9°22'41"	-38°13'36"	26,01	27,63	25,65	23,38	27,11
Remanso	-9°37'32"	-42°4'37"	26,74	26,95	26,45	25,67	27,88
Brumado	-14°10'54"	-41°40'20"	25,10	26,40	24,80	23,50	26,00
Conde	-12°2'8"	-37°41'2"	25,40	26,90	25,50	23,80	25,90
Porto seguro	-16°23'20"	-39°10'56"	23,30	25,00	23,30	21,50	23,60
Salvador	-13°0'19"	-38°30'20"	25,49	26,78	25,63	23,81	25,64
Petrolina	-9°23'17"	-40°31'23"	26,86	27,76	26,38	25,09	28,29
Garanhuns	-8°54'39"	-36°29'36"	20,85	22,28	20,89	18,83	21,45
Ouricuri	-7°53'8"	-40°6'9"	25,94	26,26	24,99	24,53	27,97
Recife	-8°3'33"	-34°57'33"	25,71	26,82	25,72	24,25	26,14
Serra Talhada	-7°57'15"	-38°17'42"	26,00	26,90	25,40	24,00	27,70
Barbalha	-7°18'3"	-39°16'15"	25,68	25,61	24,64	25,05	27,34
Campos Sales	-7°4'39"	-40°21'45"	24,9	24,85	23,74	24,24	26,82
Crateús	-5°11'11"	-40°40'19"	27,02	26,87	25,63	26,96	29,15
Fortaleza	-3°48'56"	-38°32'16"	26,81	27,15	26,47	26,24	27,36
Jaguaruana	-4°51'12"	-37°46'37"	27,35	27,62	26,90	26,64	28,02
Quixeramobim	-5°10'28"	-39°17'21"	26,83	27,47	25,83	26,48	28,10
Sobral	-3°44'53"	-40°20'44"	27,02	27,61	26,07	26,87	28,28
Balsas	-7°27'20"	-46°1'39"	26,68	25,94	26,43	27,21	27,26
Carolina	-7°20'14"	-47°27'35"	26,05	25,84	26,58	27,88	27,11
Caxias	-4°49'16"	-43°20'37"	27,56	26,89	26,51	27,50	29,28
Chapadinha	-3°44'33"	-43°21'7"	26,94	26,44	26,34	26,99	28,07
Grajaú	-5°48'57"	-46°9'43"	27,00	26,30	26,30	27,70	27,70
Imperatriz	-5°33'20"	-47°27'35"	27,05	26,23	26,72	27,44	27,64
São Luís	-2°31'36"	-44°12'48"	26,56	26,51	26,33	26,38	27,73
Turialva	-1°39'40"	-45°22'21"	26,90	26,69	26,40	26,72	27,64
Campina Grande	-7°13'32"	-35°54'17"	23,02	24,18	23,15	21,29	23,46
João Pessoa	-7°9'55"	-34°48'56"	26,60	27,63	26,67	25,12	27,07
Patos	-7°4'47"	-37°16'22"	27,62	27,40	26,88	26,52	28,76
São Gonçalo	-6°50'8"	-38°18'41"	27,20	27,50	26,40	26,60	28,20
Bom Jesus	-9°4'59"	-44°19'35"	27,78	27,08	27,78	28,11	28,45
Florianópolis	-6°45'41"	-43°0'12"	27,74	26,51	26,72	28,58	29,08
Gilbués	-9°52'30"	-45°20'44"	27,70	27,10	27,20	27,90	28,90
Parnaíba	-3°5'11"	-41°46'59"	26,80	26,79	26,20	26,65	27,84
Picos	-7°4'15"	-41°24'14"	27,80	27,01	26,63	27,64	29,87
São João do Piauí	-8°21'53"	-42°15'1"	28,50	27,90	27,80	28,40	30,00
Teresina	-5°2'5"	-42°48'4"	26,72	26,51	26,46	27,16	29,44
Uruçuí	-7°26'29"	-44°20'42"	26,40	25,40	25,70	27,00	27,60
Apodi	-5°37'35"	-37°48'53"	27,45	27,77	26,74	27,04	28,34
Caicó	-6°28'2"	-37°5'5"	27,45	28,98	27,63	27,39	29,55

Continuação tabela 2

Macau	-5°9'3"	-36°34'23"	26,72	26,51	26,46	27,17	29,44
Mossoró	-4°54'14"	-37°22'0"	27,10	27,30	27,10	26,50	27,40
Natal	-5°50'13"	-35°12'28"	26,33	27,35	26,45	24,95	26,61
Itabaianinha	-11°16'21"	-37°47'42"	24,30	25,85	24,50	22,35	24,75
Poço verde	-10°44'16"	-38°6'30"	24,00	26,00	24,20	21,50	24,80
Cristalina	-16°47'5"	-47°36'46"	20,90	21,70	20,10	20,00	22,00
Goiânia	-16°38'34"	-49°13'12"	23,85	24,24	23,18	23,18	24,79
Itapaci	-14°58'47"	-49°32'23"	24,20	24,60	23,50	23,60	25,40
Itumbiara	-18°24'35"	-49°11'31"	24,13	25,26	22,81	22,55	25,78
Rio Verde	-17°47'7"	-50°57'53"	22,90	23,63	21,98	22,14	23,91
Mundo Novo	-12°31'18"	-58°13'53"	25,00	24,80	24,60	25,50	25,30
Cáceres	-16°4'29"	-57°41'34"	25,55	26,72	24,71	23,77	27,03
Cuiabá	-15°33'33"	-56°3'46"	26,06	26,82	25,15	24,86	27,56
Rondonópolis	-16°27'44"	-54°34'48"	25,23	25,28	24,98	24,30	25,48
São Felix do Araguaia	-11°37'8"	-50°43'40"	26,60	26,40	26,50	26,90	26,80
Campo Grande	-20°26'49"	-54°43'21"	23,40	24,80	22,30	22,20	24,50
Corumbá	-18°59'48"	-57°38'15"	25,60	27,61	24,27	23,35	27,27
Dourados	-22°11'38"	-54°54'40"	22,50	24,50	21,10	20,50	24,10
Porto Murtinho	-21°42'21"	-57°53'11"	24,90	27,60	23,20	22,00	27,10
Três Lagoas	-20°47'24"	-51°42'43"	24,90	26,70	23,70	23,10	26,10
Alegre	-20°45'1"	-41°29'19"	23,90	26,90	22,90	21,50	24,60
Linhães	-19°21'24"	-40°4'7"	24,20	26,60	23,90	22,00	24,50
Vitória	-20°16'15"	-40°18'21"	24,54	26,79	24,31	22,47	24,52
São Mateus	-18°40'34"	-39°51'50"	24,27	26,28	24,21	22,03	24,52
Juiz de Fora	-21°46'11"	-43°21'51"	19,30	21,84	18,44	17,11	19,89
Mocimbinho	-15°5'9"	-44°0'57"	24,59	25,58	23,96	23,02	25,79
Montes Claros	-16°41'10"	-43°50'37"	23,10	24,31	22,37	21,52	24,32
Belo Horizonte	-19°53'2"	-43°58'9"	21,62	23,31	20,94	19,84	22,44
Passos	-20°44'42"	-46°38'2"	21,10	22,80	19,70	19,40	22,50
Teófilo Otoni	-17°53'34"	-41°30'55"	23,00	25,20	22,40	20,90	23,80
Uberlândia	-18°55'1"	-48°15'20"	22,90	23,90	22,00	22,00	24,00
Unai	-16°33'14"	-46°52'54"	24,39	25,31	23,53	22,90	25,81
Rio de Janeiro	-22°51'40"	-43°24'41"	24,33	27,02	23,92	22,23	24,43
Campos	-21°42'53"	-41°20'38"	24,13	26,74	23,74	21,79	24,39
Macaé	-22°22'34"	-41°48'43"	23,40	25,90	22,80	21,40	23,40
Nova Friburgo	-22°20'5"	-42°40'36"	17,00	19,90	16,00	14,40	17,80
Resende	-22°27'3"	-44°26'41"	21,49	24,14	20,48	18,70	22,40
Piracicaba	-22°42'11"	-47°37'23"	21,80	24,20	20,30	19,60	22,90
Presidente Prudente	-22°7'11"	-51°24'31"	23,02	25,40	21,73	20,73	24,38

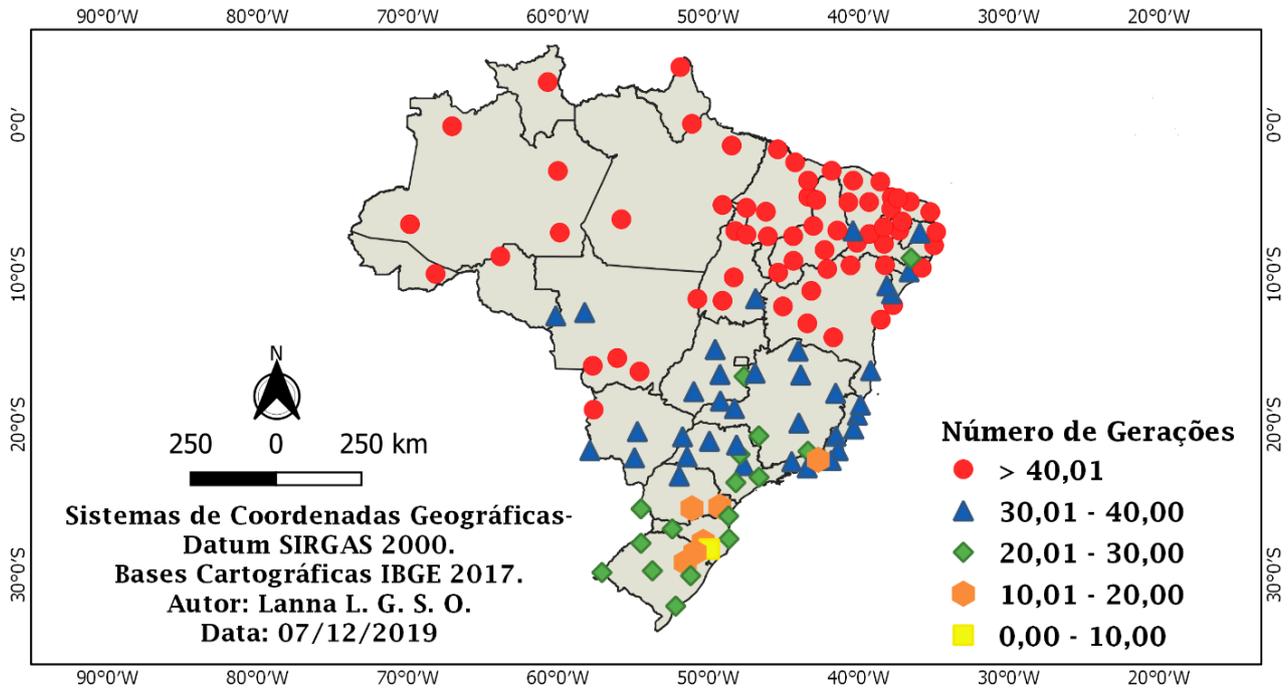
Continuação Tabela 2

São Carlos	-21°58'49"	-47°53'2"	20,54	22,63	19,42	18,53	21,82
São Miguel Arcanjo	-23°51'7"	-48°9'53"	19,00	21,60	17,90	16,90	19,00
São Paulo	-23°29'46"	-46°37'12"	19,79	22,54	18,95	17,32	20,37
José Bonifácio	-21°5'8"	-49°55'13"	23,30	25,60	21,80	21,10	24,90
Pradópolis	-21°20'18"	-48°6'50"	22,30	24,60	20,70	20,00	24,00
Curitiba	-25°26'55"	-49°13'50"	17,46	20,99	16,34	14,49	18,13
Foz do Iguaçu	-25°36'6"	-54°28'59"	21,10	24,70	19,20	17,90	23,00
Inácio Martins	-25°34'4"	-51°4'40"	15,80	18,8	14,30	13,50	16,40
Maringá	-23°24'19"	-51°55'58"	22,85	24,63	21,13	19,91	23,68
Florianópolis	-27°36'9"	-48°37'12"	20,85	24,96	20,23	17,32	21,40
Itapoá	-26°4'52"	-48°38'31"	20,50	24,60	19,40	17,90	20,30
Lages	-27°48'8"	-50°20'7"	16,27	20,40	14,63	12,57	17,26
São Joaquim	-28°16'32"	-49°56'4"	13,69	17,28	12,35	11,33	14,30
Xanxerê	-26°56'19"	-52°23'53"	18,20	21,70	16,80	15,40	19,40
Bento Gonçalves	-29°9'52"	-51°32'3"	17,55	21,69	16,15	13,98	18,58
Porto Alegre	-30°3'12"	-51°10'29"	19,75	24,48	18,47	15,31	20,94
Rio Grande	-32°4'43"	-52°10'3"	18,42	23,22	17,80	13,84	19,16
Santa Maria	-29°43'29"	-53°43'13"	19,27	24,16	17,49	14,32	20,96
Santa Rosa	-27°53'25"	-54°28'48"	20,20	24,60	18,50	16,10	22,00
Uruguaiana	-29°50'23"	-57°4'54"	19,75	25,12	17,90	14,48	21,43
Vacaria	-28°30'48"	-50°52'57"	15,20	19,70	13,40	12,00	16,60

2. Resultados

O número estimado de gerações anuais do parasitoide de ovos *T. pretiosum* parasitando *H. armigera* em 122 municípios das cinco regiões do Brasil estão representadas na figura 1. Parasitando a espécie exótica e invasiva *H. armigera* foi estimado que o parasitoide pode apresentar de 9,2 a 49,4 gerações anuais no Brasil. Quanto mais próximo da linha do Equador maior o número de gerações do parasitoide, diferenças no número de gerações de *T. pretiosum* parasitando *H. armigera* nas cinco regiões do Brasil são percebidas com maior nitidez a partir da latitude de 15°S (Figura 1). O parasitoide pode apresentar maior número de gerações no Norte e Nordeste e menor número de gerações no Sul do Brasil (Figura 1).

Figura 1 - Número de gerações anuais de *Trichogramma pretiosum* parasitando *Helicoverpa armigera* no Brasil



Em praticamente todos os municípios do Norte do Brasil estimou-se que o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar mais de 40 gerações anuais parasitando *H. armigera* (Figura 1). Exceto em regiões com maior altitude como no município de Dianópolis - TO, onde foram registradas 39 gerações anuais (Figura 1). Dianópolis apresenta altitude média de 689,3 metros acima do nível do mar na sede do município.

Em 43 municípios do Nordeste do Brasil foi verificado que o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar mais de 40 gerações anuais parasitando *H. armigera* (Figura 1). No Nordeste estimou-se um número inferior a 40 gerações anuais do *T. pretiosum* em municípios da região litorânea ou em regiões com maior altitude. Contudo, nas regiões produtoras de culturas anuais que adotam maior nível tecnológico, como na fronteira agrícola do MATOPIBA (a qual envolve municípios do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e SEALBA (a qual envolve municípios de Sergipe, Alagoas e Bahia), o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar na maioria dos municípios mais de 40 gerações por ano.

No cinturão das culturas anuais na região de cerrado do Centro-Oeste do Brasil foi estimado que o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar entre 30 a 40 gerações anuais parasitando a espécie *H. armigera* (Figura 1). Sendo que nos municípios de Cáceres - MT (41,4 gerações), Cuiabá - MT (42,8 gerações), Rondonópolis - MT (40,5 gerações) e São Felix da Araguaia - MT (44,2 gerações), o parasitoide pode apresentar acima de 40 gerações. Em contraste, verificou-se que no município de Cristalina - GO o parasitoide pode apresentar 28,8 gerações anuais.

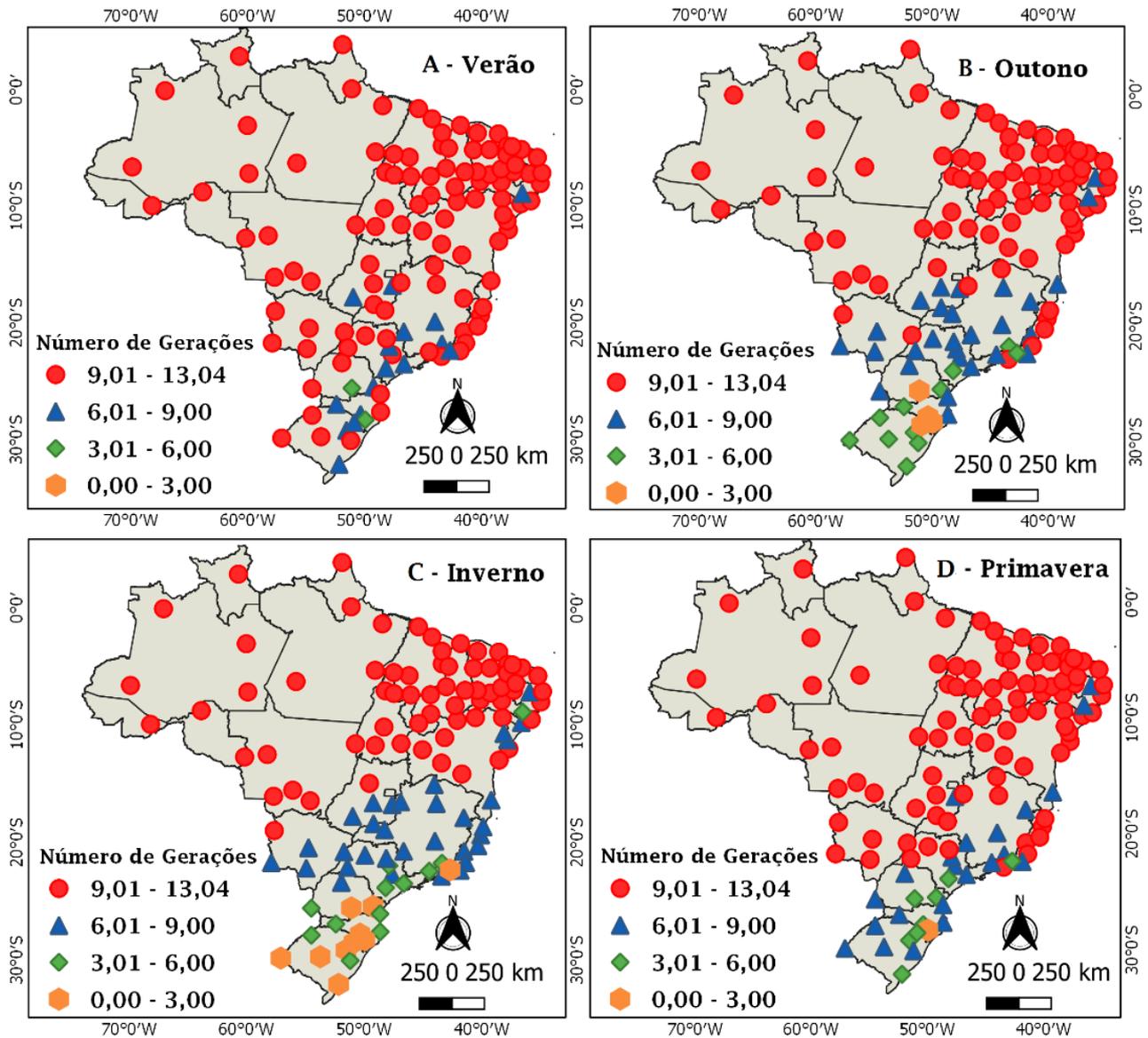
No Sudeste do Brasil também foi estimado entre 30 a 40 gerações anuais do parasitoide *T. pretiosum* parasitando *H. armigera* (Figura 1). Exceto em alguns municípios do Sul de Minas Gerais e São Paulo, tais como os municípios de Passos - MG (29,3 gerações), Juiz de Fora - MG (24,4 gerações), São Miguel Arcanjo - SP (23,6 gerações), São Paulo - SP (25,7 gerações) e São Carlos - SP (27,8 gerações).

No Sul do Brasil foi estimado que o *T. pretiosum* pode apresentar 34 gerações no município de Maringá

– PR. Em adição, para a maioria dos municípios o parasitoide pode apresentar entre 20 a 30 gerações anuais parasitando *H. armigera* (Figura 1). Em contraste, nos municípios com maior altitude o parasitoide pode apresentar menos de 20 gerações anuais parasitando *H. armigera* (Figura 1).

A influência das estações do ano sobre o número de gerações do parasitoide *T. pretiosum* não é percebida com nitidez no Norte e Nordeste do Brasil, devido a pouca variação de temperatura ao longo do ano. No Norte e Nordeste e no estado de Mato Grosso foram estimados que *T. pretiosum* parasitando ovos de *H. armigera* pode apresentar acima de nove gerações em qualquer estação do ano (Figura 2ABCD).

Figura 2 - Estimativa do número de gerações de *Trichogramma pretiosum* parasitando *Helicoverpa armigera* no Brasil. (A) Gerações no verão. (B) Gerações no outono. (C) Gerações no inverno. (D) Gerações na primavera.



No verão o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar maior número de gerações parasitando *H. armigera* no Brasil (Figura 2A). Na maioria dos municípios foi estimado que o parasitoide pode apresentar mais de nove gerações na estação de verão (Figura 2A). No Norte e Nordeste do Brasil, o parasitoide *T. pretiosum* pode completar o ciclo (ovo-adulto) entre sete e 10 dias na estação de verão. Números de gerações inferiores a nove na estação de verão foram registrados em 18 municípios numa distribuição Centro-Sul no Brasil (Figura 2A).

No outono, estimou-se que o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar mais de nove gerações na maioria dos municípios das regiões Norte e Nordeste do Brasil (Figura 2B). Na região Centro-Oeste, o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar mais de nove gerações no estado de Mato Grosso, e entre seis e 13 gerações nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás (Figura 2B). Na maior parte da região Sudeste do Brasil o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar entre seis e nove gerações, sendo estimado menor número de gerações no estado de São Paulo (Figura 2B). Na região Sul foi estimado entre três e seis gerações na maioria dos municípios, com restrição para as regiões de maior altitude cujo número de gerações de *T. pretiosum* pode reduzir severamente no outono (Figura 2B).

O parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar até seis gerações na estação de inverno na região Sul do Brasil (Figura 2C). Nos municípios de Inácio Martins e Curitiba no Paraná e Lages, Vacaria, Bento Gonçalves, Santa Maria, Uruguaiana e Rio Grande no Rio Grande do Sul estimou-se que o parasitoide pode apresentar entre uma e três gerações, sendo que no município de São Joaquim em Santa Catarina não foi estimado um único ciclo completo de desenvolvimento do parasitoide no inverno. Em contraste, o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar mais de seis gerações no inverno nas demais regiões do Brasil (Figura 2C).

Na primavera, nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste estimou-se mais de nove gerações do parasitoide no hospedeiro *H. armigera* (Figura 2D). Nas regiões Sul e Sudeste foram estimados entre três e nove gerações do parasitoide, exceto nos municípios do estado do Espírito Santo, onde foi estimado acima de nove gerações (Figura 2D) e no município de São Joaquim – SC, onde foi estimado que o parasitoide é capaz de completar apenas duas gerações na primavera.

3. Discussão

O Brasil é considerado um país tropical, pois a maior parte do seu território encontra-se dentro da faixa intertropical do planeta, região que recebe de forma mais intensa a radiação solar do globo terrestre (Mendonça; Oliveira, 2007). A faixa tropical favorece o desenvolvimento de *T. pretiosum* no Brasil como demonstrado no presente estudo. Outros estudos demonstram a proliferação dessa espécie numa faixa de temperatura entre 18 e 34 °C (Carvalho et al., 2017a). Tal evidência assegura que o parasitoide pode permanecer ativo parasitando *H. armigera* durante o ano todo na faixa tropical do Brasil.

Os fatores climáticos, particularmente a temperatura do ar, que é correlacionado a necessidade térmica dos insetos e o local em estudo, influenciam a densidade populacional da praga e do parasitoide (Haddad; Parra, 1984; Garrard et al., 2016). A temperatura do ar possui relação direta com o número de gerações, ou seja, quanto maior for à temperatura (sabendo-se que existe um limite de temperatura) maior número de gerações podem ser obtidas. A temperatura está associada ao aumento do metabolismo do inseto, ou seja, o aumento da temperatura diminui o ciclo de desenvolvimento (desde a postura dos ovos até a emergência dos adultos) do inseto (Garrard et al., 2016). O ciclo de desenvolvimento de *T. pretiosum* apresenta uma duração média de 10 dias em uma temperatura de 25 °C (Pratissoli et al., 1998; Pratissoli; Parra, 2000; Gonçalves et al., 2003; Fonseca et al., 2005; Carvalho et al., 2017a). A maioria das regiões do Brasil apresentam temperaturas médias acima de 25 °C durante o ano todo, com destaque principal para as regiões Norte e Nordeste, onde o parasitoide pode apresentar em alguns municípios o ciclo de duração de 6 dias. É importante

ressaltar que em temperaturas extremas pode ocorrer o menor número de gerações devido ao baixo parasitismo, uma vez que a redução do turgor dos ovos do hospedeiro pode dificultar a oviposição da fêmea e comprometer a proliferação e consequente eficiência no campo (Carvalho et al., 2017a).

Associado a temperatura, outros elementos como a umidade do ar, latitude e altitude também podem influenciar o número de gerações dos insetos. Regiões que possuem maior latitude e altitude, consequentemente apresentam temperaturas menores, aumentando o ciclo de desenvolvimento e diminuindo o número de gerações dos insetos, conforme observado no presente estudo na região Sul do Brasil.

Nas regiões Norte e Nordeste, o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar maior número de gerações de *T. pretiosum* no Brasil, anualmente e em todas as estações do ano. A influência das estações do ano sobre o número de gerações do parasitoide *T. pretiosum* não é percebida com nitidez nessas regiões devido a pouca variação de temperatura ao longo do ano. A estabilidade da temperatura do ar durante as estações do ano favorece a multiplicação de parasitoides e a adoção do controle biológico natural e aplicado no Norte e Nordeste do Brasil.

O noctuídeo *H. armigera* é uma praga chave de culturas anuais no Brasil. As regiões Norte e Nordeste destacam-se por constituir a última fronteira agrícola para expansão da área cultivada com culturas anuais no Brasil, em função das condições climáticas adequadas ao cultivo. No Norte e Nordeste, particularmente no Tocantins, Oeste da Bahia, Sul do Piauí e Maranhão, o parasitoide pode ser utilizado na safra tradicional nas estações de primavera/verão, na safrinha nas estações de verão/outono e finalmente na estação de inverno, período de produção de grãos e principalmente de sementes em sistema irrigado. Além disso, pode ser utilizado nos municípios do Norte do Piauí e Maranhão, durante a safra de cultura anuais que ocorre nas estações de verão/outono. Nesse contexto, o parasitoide *T. pretiosum* terá hospedeiro para multiplicação em todas as estações do ano, com maior restrição para o inverno, principalmente no Oeste da Bahia e Sul do Piauí e Maranhão. Tal cenário favorece o aumento populacional do parasitoide através de gerações multivoltinas uma vez que as exigências térmicas em estudo evidenciaram que o parasitoide pode apresentar gerações sucessivas nessa região. Apesar disso, a liberação de *T. pretiosum* para o controle biológico de pragas de culturas anuais no Norte e Nordeste do Brasil ainda é incipiente.

O plantio de culturas anuais no Sudeste (particularmente Minas Gerais e São Paulo) possui maior relevância na região do bioma cerrado. Em Minas Gerais destaca-se o triângulo mineiro (Uberlândia) e o Noroeste (Unaí) e em São Paulo destacam-se as regiões de divisa com o Centro-Oeste do Brasil. Nessas regiões, *T. pretiosum* pode apresentar entre 20 e 40 gerações anuais. A região Sudeste e o Centro-Oeste são as regiões com maior tradição e área plantada com culturas anuais no Brasil, sendo que a região Centro-Oeste compreende os estados com maior área plantada, produção, nível tecnológico e maior perspectiva de expansão da cadeia produtiva no Brasil (Brasil, 2018). A liberação de *T. pretiosum* para o controle biológico de pragas de culturas anuais tem aumentado de forma acentuada no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, inclusive várias empresas estão comercializando *T. pretiosum* nessas regiões.

A região Centro-Oeste é caracterizada pelo clima quente na maioria do seu território, onde o parasitoide *T. pretiosum* pode apresentar mais de 30 gerações anuais, apresentando desempenho biológico similar ao estimado para o Norte e Nordeste em alguns municípios. Em contraste, regiões com maior latitude e menor temperatura como evidenciado no Mato Grosso do Sul, foram estimados menos de 30 gerações por ano. O Mato Grosso do Sul possui municípios que podem apresentar temperatura média inferior a 18°C por pelo menos um mês, reduzindo severamente a multiplicação do parasitoide na estação de inverno.

Na região Sul estimou-se o menor número de gerações de *T. pretiosum* no Brasil. A região Sul apresenta o clima subtropical úmido, possuindo chuvas constantes e bem distribuídas ao longo do ano, apresentando temperaturas médias variando entre 18 e 22 °C mensais, com especial destaque para o inverno, onde o número de gerações diminui drasticamente, estimando-se menos de três gerações, existindo municípios com altas

latitudes e altitudes, onde não se completa um ciclo de desenvolvimento, como é o caso de São Joaquim – SC (Latitude: 28° 17' 38" S; Altitude: 1353m) e Vacaria – RS (Latitude: 28° 30' 44" S; Altitude: 971m).

4. Conclusão

Estima-se que *T. pretiosum* pode apresentar 9,2 a 49,4 gerações anuais parasitando *H. armigera* no Brasil, podendo apresentar maior número de gerações no Norte e Nordeste e menor número de gerações no Sul do Brasil, além disso, pode apresentar maior número de gerações na estação de verão e menor número na estação de inverno.

O aumento da latitude, altitude e umidade do ar podem interferir na temperatura do ar e reduzir o número de gerações do parasitoide *T. pretiosum* no Brasil, sendo que o parasitoide *T. pretiosum* não completa um ciclo de desenvolvimento em municípios de alta latitude e altitude no período de inverno no Brasil. A estabilidade da temperatura do ar durante as estações do ano favorece o controle biológico pelo parasitoide *T. pretiosum* no Brasil.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por fornecer os dados climáticos. Agradecemos a Universidade Estadual do Piauí pelo suporte a pesquisa e as bolsas de iniciação científica e estágio para a primeira autora. Agradecemos a equipe do Laboratório de Entomologia – LABENTO pelo suporte no processamento dos dados. Este artigo é parte do trabalho de conclusão de curso de L.L.G.S.O. (Universidade Estadual do Piauí, Faculdade de Ciências Agrárias) orientada por M.A.S.

6. Referências

Abbas, S. S., Shahzad, M. F., Iqbal, J., Ullah, A., Batool, A., Nadeem, M., Begum, H. A., Hafeez-Ur-Rehman, & Muhammad, K. (2020). *Trichogramma chilonis* as Parasitoid: An Eco-friendly Approach Against Tomato Fruit Borer, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Agricultural Science**, 12(2), 167-176.

Amaro, J. T., Bueno, A. F., Pomari-Fernandes, A. F., & Neves, P. M. O. J. (2015). Selectivity of Organic Products to *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, 44(5), 489-997.

Anantanawat, K. J., Glatz, R., & Keller, M. A. (2016). Effect of induced tolerance to Bt toxin on the egg size of *Helicoverpa armigera* and parasitism by *Trichogramma pretiosum*. **Physiological Entomology**, 3(41), 267-273.

Arain, M. I., Rajput, I. A., Ahmad, F., Khuhro, T. A., Nizamani, I. A., & Yousufzai, B. Z. (2014). Effect of release time on egg parasitoid *Trichogramma chilonis* (ISHII) against *Heliothis armigera* (HBN). **European Academic Research**, 2(9), 11517-11527.

Bortoli, S. A., Vacari, A. M., Magalhães, G. O., Dibelli, W., Bortoli, C. P., & Alves, M. P. (2012). Subdosagens de *Bacillus thuringiensis* em *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Caatinga**, 25(2), 50-57.

Botelho, P. S. M. (1997). Eficiência de campo. In: Parra, J. R. P., Zucchi, R. A. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ.

Brasil. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2018. Acesso em 10/05/2020.

Carvalho, G. S., Silva, L. B., Reis, S. S., Veras, M. S., Carneiro, E., Almeida, M. L. S., Silva, A. F., & Lopes, G. (2017a). Biological parameters and thermal requirements of *Trichogramma pretiosum* reared on *Helicoverpa armigera* eggs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52(11), 961-968.

Carvalho, G. S., Silva, L. B., Veras, M. S., Santos, E. C. B., Almeida, M. L. S., & Reis, S. S. (2017b). Biological parameters of three *Trichogramma pretiosum* strains (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Sciences**, 39(3), 349- 355.

Carvalho, J. R., Pratisoli, D., Dalvi, L. P., Silva, M. A., Bueno, R. C. O. F., & Bueno, A. F. (2014). Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Trichoplusia ni* em diferentes temperaturas. **Acta Scientiarum Agronomy**, 36 (4), 417-424.

Czepak, C., Albernaz, K.C., Vivan, L. M., Guimarães, H. O., & Carvalhais, T. (2013). First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 43(1), 110-113.

Fonseca, F. L., Kovaleski, A., Foresti, J., & Ringenberg, R. (2005). Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae). **Neotropical Entomology**, 34(6), 945-949.

Garrard, R., Booth, D. T., & Furlong, M. J. (2016). The effect of rearing temperature on development, body size, energetics and fecundity of the diamondback moth. **Bulletin of Entomological Research**, 106(2), 175-181.

Gonçalves, J. R., Holtz, A. M., Pratisoli, D., & Guedes, R. N. C. (2003). Avaliação da qualidade de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, 25(2), 485-489.

Haddad, M. L., & Parra, J. R. P. (1984). Método para estimar os limites térmicos e a faixa ótima de desenvolvimento das diferentes fases do ciclo evolutivo de insetos. Piracicaba: FEALQ.

Mastrangelo, T., Paulo, D. F., Bergamo, L.W., Morais, E. G. F., Silva, M., Bezerra-Silva, G., & Azeredo-Espin, A. M. L. (2014). Detection and genetic diversity of a Heliothine invader (Lepidoptera: Noctuidae) from North and Northeast of Brazil. **Journal of Economic Entomology**, 107(3), 970-980.

Mendonça, F., & Oliveira, I. M. D. (2007). **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficinas de texto.

Monnerat, R. S., Batista, A. C., Medeiros, P. T., Martins, E. S., Melatti, V. M., Praça, L. B., Dumas, V. F., Morinaga, C., Demo, C., Gomes, A. C. M., Falcão, R., Siqueira, C. B., Silva-Werneck, J. O.; & Berry, C. (2007). Screening of brazilian *Bacillus thuringiensis* isolates active against *Spodoptera frugiperda*, *Plutella xylostella* and *Anticarsia gemmatilis*. **Biological Control**, 41(3), 291-295.

Öztemiz, S. (2008). Natural parasitism rate of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and its release efficacy against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in the Cukurova Region, Turkey. **Entomological News**, 119(1), 19-33.

Parra, J. R. P. (2010). Mass rearing of parasitoids for biological control programs. In: Cònsoli, F. L., Parra, J. R. P., & Zucchi, R. A. (Eds.). **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma**. New York: Springer.

Parra, J. R. P. (2014). Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, 71(5), 345-355.

Parra, J. R. P., & Consòli, F. L. (2009). Criação massal e controle de qualidade de parasitoides de ovos. In: Bueno, V. H. P. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas**. Lavras: UFLA.

Parra, J. R. P., & Coelho Junior, A. (2019). Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. **Journal of Insect Science**, 19(2), 1–6.

Pedgley, D. E. (1985). Windborne migration of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the British Isles. **Entomologist's Gazette**, 36(1), 15-20.

Pogue, M. G. A. (2004). New synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae). **Annals of the Entomological Society of America**, 97(1), 1222-1226.

Pratissoli, D., & Parra, J. R. P. (2000). Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(7), 1281-1288.

Pratissoli, D., Lima, V. L. S., Pirovani, V. D., & Lima, W. L. (2015). Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. **Horticultura Brasileira**, 33(1), 101-105.

Pratissoli, D., Pezzopane, J. E. M., Esposti, M. D. D., Bertazo, C. L., & Fornazie, J. M. (1998). Estimativa do Número de Gerações de *Trichogramma pretiosum* Riley na Traça do Tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick), com Base nas Exigências Térmicas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 27(1), 109-115.

Wang, Z. Y., He, K. L., Zhang, F., Lu, X., & Babendreier, D. (2014). Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. **Biological Control**, 68(1), 136-144.

Zuim, V., Rodrigues, H. S., Pratissoli, D., Torres, J. B., Fragoso, D. F. M., & Bueno, R. C. O. F. (2017). Age and density of eggs of *Helicoverpa armigera* influence on *Trichogramma pretiosum* parasitism. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 39(4), 513-520.