

1
2
3 PROSPECÇÕES DE *Tetrastichus howardi* (Olliff) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARA
4 O MANEJO DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

5 por

6 RIAN JAVÉ SOUZA SARMENTO MORAES

7
8 (Sob Orientação da Professora Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE)

9
10 RESUMO

11 *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) é um parasitoide de diversas
12 espécies de pragas, inclusive de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), mas pouco se sabe
13 do seu potencial de controle. Portanto, a tabela de vida de fertilidade foi utilizada para avaliar o
14 desempenho reprodutivo desse parasitoide sobre *P. xylostella* e o hospedeiro alternativo *Tenebrio*
15 *molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). Além disso, foi determinado se o hospedeiro natal (*P.*
16 *xylostella* ou *T. molitor*) interfere na resposta olfativa e taxa de parasitismo sobre *P. xylostella*. Por
17 fim, determinou-se a sobrevivência do parasitoide quando exposto ao ciantraniliprole 100 SC (100
18 ml/ha) e ao espinetoram 250 WG (100 g/ha), e 50% dessas dosagens, em diferentes substratos
19 (superfície inerte e folha de couve) e ao longo do tempo (0 à 8 dias) em condições de laboratório. Os
20 resultados mostraram que *T. howardi* parasita preferencialmente pupas de *P. xylostella* e de *T.*
21 *molitor* em comparação às larvas destes hospedeiros. A taxa intrínseca de crescimento populacional
22 (r_m) variou de 0,117 a 0,132 ♀/♀*dia em *P. xylostella*, e de 0,152 a 0,167 ♀/♀*dia no hospedeiro
23 alternativo *T. molitor*, sendo estatisticamente superior no hospedeiro alternativo. A resposta olfativa
24 do parasitoide e a taxa de parasitismo sobre *P. xylostella* não foram afetadas pelo hospedeiro natal.

25 Em relação à seletividade dos inseticidas testados, a exposição via resíduo seco de ambos inseticidas
26 da dosagem utilizada não ocasionou mortalidade em adultos de *T. howardi*. Também o resíduo de
27 ambos os inseticidas não ocasionou mortalidade significativa, independentemente do período de
28 exposição e não afetou a capacidade de parasitismo em *P. xylostella*, permitindo o desenvolvimento
29 dos descendentes do parasitoide. Estima-se que nas condições de Chã-Grande-PE, onde *T. howardi*
30 foi coletado sobre pupas de *P. xylostella* ele complete até 16 gerações/ano, enquanto a praga pode
31 chegar a 19 gerações/ano, respectivamente. Portanto, *T. howardi* poderá contribuir para o manejo de
32 *P. xylostella* através do controle biológico natural ou por meio de liberações inundativas. Nossos
33 resultados também apontam para a possibilidade de utilização conjunta deste parasitoide com os
34 inseticidas ciantraniliprole e espinetoram, caso estes se façam necessários.

35

36
37 PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, seletividade, tabela de vida, hospedeiro natal,
38 parasitoide.

39

40

41 PROSPECTIONS OF *Tetrastichus howardi* (Olliff) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) FOR
42 THE MANAGEMENT OF *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

43 by
44 RIAN JAVÉ SOUZA SARMENTO MORAES

45
46 (Under the supervision of Professor Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE)

47
48 ABSTRACT

49 *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) is a parasitoid of several pest
50 species, including *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), but little is known about its
51 control potential. Therefore, the fertility life table was used to evaluate the reproductive
52 performance of this parasitoid on *P. xylostella* and the alternative host *Tenebrio molitor* (L.)
53 (Coleoptera: Tenebrionidae). Furthermore, it was determined whether the natal host (*P. xylostella*
54 or *T. molitor*) interferes with the olfactory response and rate of parasitism on *P. xylostella*. Finally,
55 the survival of the parasitoid was determined when exposed to cyantraniliprole 100 SC (100 ml/ha)
56 and to spinetoram 250 WG (100 g/ha), and 50% of these dosages, in different substrates (inert
57 surface and cabbage leaf) and over time (0 to 8 days) under laboratory conditions. The results
58 showed that *T. howardi* preferentially parasitizes *P. xylostella* and *T. molitor* pupae compared to
59 the larvae of these hosts. The intrinsic population growth rate (r_m) ranged from 0.117 to 0.132
60 $\text{♀}/\text{♀} \cdot \text{day}$ in *P. xylostella*, and from 0.152 to 0.167 $\text{♀}/\text{♀} \cdot \text{day}$ in the alternative host *T. molitor*, being
61 statistically higher in the alternative host. The parasitoid olfactory response and the rate of
62 parasitism on *P. xylostella* were not affected by the natal host. Regarding the selectivity of the
63 insecticides tested, exposure via dry residue of both insecticides at the dosage used did not cause
64 mortality in adults of *T. howardi*. Also the residue of both insecticides did not cause significant

65 mortality, regardless of the exposure period and did not affect the parasitism capacity in *P.*
66 *xylostella*, allowing the development of parasitoid descendants. It is estimated that under the
67 conditions of Chã-Grande-PE, where *T. howardi* was collected on *P. xylostella* pupae, it completes
68 up to 16 generations/year, while the pest can reach 19 generations/year, respectively. Therefore, *T.*
69 *howardi* may contribute to the management of *P. xylostella* through natural biological control or
70 through inundative releases. Our results also point to the possibility of using this parasitoid together
71 with the insecticides cyantraniliprole and spinetoram, if necessary.

72

73 **KEYWORDS:** Biological control, selectivity, life table, natal host, parasitoid.

74

75

76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99

PROSPECÇÕES DE *Tetrastichus howardi* (Olliff) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARA
O MANEJO DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

por

RIAN JAVÉ SOUZA SARMENTO MORAES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, da Universidade Federal Rural
de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia.

RECIFE - PE

Julho – 2022

100
101 PROSPECÇÕES DE *Tetrastichus howardi* (Olliff) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARA
102 O MANEJO DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

103

104 por

105

106 RIAN JAVÉ SOUZA SARMENTO MORAES

107

108

109

110

111 **Comitê de Orientação:**

112 Christian Sherley Araújo da Silva Torres - UFRPE

113 Paulo Roberto Ramos Barbosa - UFVJM

114

115

116

117

118

119

120 PROSPECÇÕES DE *Tetrastichus howardi* (Olliff) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARA
121 O MANEJO DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

122

123 por

124

125 RIAN JAVÉ SOUZA SARMENTO MORAES

126

127

128

129

130 **Banca Examinadora:**

131 Hugo Bolsoni Zago – UFES

132 Jorge Braz Torres – UFRPE

133 Paulo Roberto Ramos Barbosa – UFVJM

134 Christian Sherley Araújo da Silva Torres – UFRPE

135 Valéria Wanderley Teixeira - UFRPE

136

137

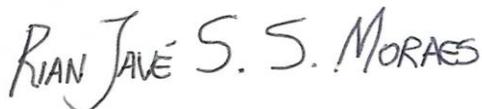
A ficha de catalogação é inserida no verso desta página.

138

139

140

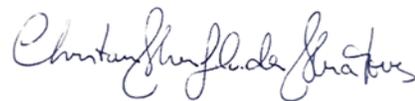
141



Rian Javé Souza Sarmento Moraes
Doutor em Entomologia

144

145



Profa. Christian S. A. da Silva Torres
Orientadora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M828p Moraes, Rian Javé Souza Sarmiento
Prospecções de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) para o Manejo de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) / Rian Javé Souza Sarmiento Moraes. - 2022.
82 f. : il.
- Orientadora: Christian Sherley Araujo da Silva Torres.
Coorientador: Paulo Roberto Ramos Barbosa.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Recife, 2022.
1. Controle biológico. 2. seletividade. 3. tabela de vida. 4. hospedeiro natal. 5. parasitoide.. I. Torres, Christian Sherley Araujo da Silva, orient. II. Barbosa, Paulo Roberto Ramos, coorient. III. Título

CDD 632.7

146

147

148

149

DEDICATÓRIA

150 *A minha Mãe, Maria Terezinha Morais de Souza, que é o meu maior exemplo de luta e de*

151 *superação, que me acompanhou nessa caminhada desde quando me ensinou ler e a escrever e*

152 *vem me incentivando até hoje e sei que vai ser assim até o final.*

153 *DEDICO*

154

155

AGRADECIMENTOS

156

Cursar o Doutorado foi uma grande oportunidade. Então, agradeço à Universidade Federal

157

Rural de Pernambuco, pela oportunidade, por abrir as portas para alunos que vêm de longe, como

158

eu, na busca de um futuro melhor.

159

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão

160

da bolsa.

161

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia pela oportunidade que me foi dada de

162

realizar um curso de Doutorado.

163

À minha orientadora Christian Sherley Araújo da Silva Torres por ter me dado a

164

oportunidade de ser seu orientado e por ter me passado paciência e quando achava que nada daria

165

certo.

166

Ao meu coorientador Paulo Roberto Ramos Barbosa, por sempre estar presente em todas as

167

vezes que precisei, por dividir os seus conhecimentos comigo e me guiar para que pudesse chegar

168

até aqui.

169

Agradeço a Deus e a minha Mãe Oyá por nunca me deixar desistir e sempre renovar a minha

170

fé, me dando forças e coragem pra me levantar de cabeça erguida todas as vezes que me sentia no

171

chão, por me abrir as portas e os caminhos e nunca, nunca deixar sentir-me só.

172

À minha Mãe, Maria Terezinha Morais de Souza por tudo, desde o início da minha vida

173

acadêmica. Como sempre falo, o melhor presente da minha vida é ela, por ter segurado toda essa

174

barra comigo, em todas as dificuldades e alegrias, esse momento também é seu.

175

À minha irmã Riana Caroline por ter segurado a barra na nossa casa, em todo esse tempo da

176

minha ausência.

177

À minha sobrinha Emanuelle de Souza por ser a força para eu continuar.

178 À minha Tia Socorro Beleza por ter sido o meu suporte quando as coisas ficavam difíceis,
179 sempre me fazendo acreditar que tudo ia dar certo.

180 À minha Tia Joanez por sempre me falar para ir em frente, lembrando-me sempre que as
181 fases da vida passam.

182 Aos meus amigos do laboratório que me acolheram com todo amor, Nataly de La Pava
183 Soares, Jennifer Oberger e Engel do Carmo, por fazerem os meus dias mais alegres e sempre dando
184 força para seguir em frente. Foi um grande prazer dividir esse tempo da minha vida ao lado de
185 vocês.

186 Ao Luiz Carlos Souza Costa Filho, que aguentou todos os momentos, de ausência, de medo,
187 de alegrias, por compartilhar a vida dele comigo.

188

189

SUMÁRIO

	Página
190	
191	
192	
193	CAPÍTULOS
194	1. INTRODUÇÃO 1
195	<i>Plutella xylostella</i> (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) 1
196	Controle biológico de <i>Plutella xylostella</i> (L.)..... 3
197	<i>Tetrastichus howardi</i> (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) 5
198	Seletividade de inseticidas 7
199	LITERATURA CITADA.....10
200	2 RESPOSTA OLFATIVA E DESEMPENHO DE <i>Tetrastichus howardi</i> (OLLIFF)
201	(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARASITANDO <i>Plutella xylostella</i> (L.)
202	(LEPIDOPTERA:PLUTELLIDAE).....19
203	RESUMO20
204	ABSTRACT 21
205	INTRODUÇÃO 22
206	MATERIAL E MÉTODOS 24
207	RESULTADOS..... 29
208	DISCUSSÃO..... 31
209	AGRADECIMENTOS..... 36
210	LITERATURA CITADA..... 36
211	3 SUSCETIBILIDADE DO PARASITOIDE <i>Tetrastichus howardi</i> (OLLIFF)
212	(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AOS INSETICIDAS CIANTRANILIPROLE E
213	ESPINETORAM50

214	RESUMO	51
215	ABSTRACT	52
216	INTRODUÇÃO	53
217	MATERIAL E MÉTODOS	54
218	RESULTADOS	59
219	DISCUSSÃO.....	61
220	AGRADECIMENTOS	63
221	LITERATURA CITADA.....	63
222	4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
223		
224		
225		
226		

227

228

229

CAPÍTULO 1

230

Introdução

231 ***Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)**

232 A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), é espécie fitófaga.
233 Amplamente distribuída pelo mundo, alguns autores consideram que essa espécie é originária do
234 Mediterrâneo como suposto centro de origem (Juric *et al.* 2017). Enquanto, outros propõem a
235 América do sul como o centro de origem (You *et al.* 2020). Ao longo da co-evolução com plantas
236 hospedeiras tornou-se especializada em plantas de Brassicaceae (Truong *et al.* 2018). A ampla
237 distribuição global, curta duração do ciclo de vida (\cong 30 dias a 25°C), alta capacidade reprodutiva (\cong
238 200 ovos/fêmea), comportamento migratório, oligofagia e resistência a praticamente todos os grupos
239 de inseticidas, tornaram *P. xylostella* a praga mais prejudicial à produção de brássicas (Golizadeh *et*
240 *al.* 2009, Baxter *et al.* 2010, Sun *et al.* 2018), a exemplo da China e outros países da Ásia, África e
241 Brasil (Verkerk & Wright 1996, Li *et al.* 2012, Marchioro & Foerste 2016, Syed *et al.* 2018).

242 As características morfológicas de adultos de *P. xylostella* compreendem mariposas com \approx 6
243 mm de comprimento, coloração marrom-acinzentada, (sendo os machos mais escuros que as fêmeas)
244 e a formação de três losangos de cor de palha na parte superior das asas quando justapostas (Moreno
245 & Vilorio 2020), caracteriza o nome comum “mariposa diamante” ou em Inglês “diamondback
246 moth”. Adultos podem viver em torno de 15 dias, as fêmeas de *P. xylostella* ovipositam em ampla
247 gama de gêneros de plantas da família Brassicaceae (Zhang *et al.* 2012, Li *et al.* 2016). Cada fêmea
248 pode ovipositar mais de 200 ovos, principalmente na superfície superior da folha (Zago *et al.* 2007),
249 com o pico de oviposição no terceiro dia (Zago *et al.* 2010). Os machos de *P. xylostella* também
250 podem ser diferenciados das fêmeas, ainda no quarto instar larval, por apresentarem uma glândula

251 de coloração amarelada nos últimos segmentos abdominais, além de uma fenda presente no final do
252 abdomen (Justus *et al.* 2000, Zalucki *et al.* 2012, Cai *et al.* 2021).

253 . Os ovos de *P. xylostella* possuem formato oval, pouco achatado, com aproximadamente 0,4
254 mm de comprimento e 0,2 mm de largura com coloração que varia de amarela a verde pálida,
255 (Gautam *et al.* 2018). A eclosão das larvas ocorre entre 4 a 8 dias dependendo da temperatura
256 (Harcourt 1957, Talekar & Shelton 1993). E estas passam por quatro instares, com período larval de
257 9 a 30 dias dependendo das condições ambientais (Ulmer *et al.* 2002). No primeiro instar as larvas
258 são incolores com a cápsula cefálica escura e são minadoras e a partir do segundo instar deixam
259 apenas a epiderme superior transparente à medida que raspam o mesófilo foliar, além disso, (Stemele
260 2017, Steinbach *et al.* 2017). As larvas de segundo, terceiro e quarto instares são de coloração verde-
261 amarelada e se alimentam do tecido foliar perfurando as folhas, deixando somente as nervuras
262 (Sarfraz *et al.* 2005, Gao *et al.* 2018). Sob alta infestação podem causar até 100% de perda de
263 rendimento por ciclo da cultura (Li *et al.* 2016).

264 Na fase de pré-pupa, as larvas tecem pequenos casulos que ficam geralmente aderidos à
265 superfície das folhas baixas ou externas da planta, onde transformando-se em pupa. As pupas
266 possuem coloração variando de amarela a verde, medem aproximadamente 7 a 9 mm de
267 comprimento e dura de 5 a 15 dias para completarem o desenvolvimento, dependendo das condições
268 ambientais (Liu *et al.* 2002, Furlong *et al.* 2013). Em condições de climas temperado e tropical, *P.*
269 *xylostella* pode ocorrer em todas as estações do ano com 4 a 20 gerações, respectivamente (Marchioro
270 & Foerster 2011). Segundo Denlinger & Lee (2010), a temperatura é fator climático crítico que
271 influencia as atividades biológicas da traça-das-crucíferas. O aumento na temperatura reduz o tempo
272 necessário para adquirir o número de graus-dias necessários para completar o ciclo, diminuindo
273 assim o tempo de geração e aumentando o número de gerações por ano (Steinbach 2017). Ferreira *et*

274 *al.* (2003) estimou que *P. xylostella* pode completar em torno de 20 gerações por ano nas condições
275 climáticas do Agreste de Pernambuco, principal região produtora de hortaliças do estado

276 O controle da traça-das-crucíferas tem sido tentado principalmente com o uso de inseticidas
277 (Li *et al.* 2019). Devido à frequência e intensidade de aplicações, por vezes sem rotacionar modos
278 de ação, a traça-das-crucíferas se tornou o inseto com o maior número de registros (i.e. 866 casos)
279 de resistência a inseticidas (i.e. 101 ingredientes ativos) (<https://www.pesticideresistance.org/>) (Xia
280 *et al.* 2018, Wang *et al.* 2020). Como consequência, têm-se intensificado a busca por táticas
281 alternativas de controle ao uso de inseticidas de *P. xylostella*, incluindo o uso de culturas-armadilhas
282 como a mostarda-marron (*Brassica juncea*) (Hokkanen 1991, Charleston & Kfir 2000), armadilhas
283 iscadas com feromônio (Passos *et al.* 2020) e o controle biológico através da aplicação de
284 entomopatógenos como o nematóide *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Baur *et al.* 1995), a
285 bactéria *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Bt) (Cherry *et al.* 2004) e os fungos *Beauveria bassiana*
286 (Balsamo) (Agboyi *et al.* 2020) e o *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Zafar *et al.* 2020), além da
287 utilização de insetos parasitoides e predadores (Juric *et al.* 2017, Sithole *et al.* 2017, Uefune *et al.*
288 2017).

289 **Controle biológico de *Plutella xylostella* (L.)**

290 O controle biológico pode ser definido pelo uso de um organismo para reduzir a população de
291 outro organismo considerado praga, de maneira que não ocasionem danos econômicos (Van
292 Lenterem *et al.* 2018). Assim, os agentes de controle biológico desempenham papel importante
293 regulando a população de pragas nos agroecossistemas (Soufbaf *et al.* 2012), em especial de *P.*
294 *xylostella*, devido à frequente resistência aos inseticidas e, também, pela ampla gama de espécies de
295 inimigos naturais relatadas associadas às diferentes fases de desenvolvimento dessa praga.

296 Dentre as espécies de insetos predadores de *P. xylostella*, podemos encontrar crisopídeos do
297 gênero *Chrysoperla* spp. (Neuroptera: Chrysopidae), considerados eficazes predadores generalistas

298 (McEwen *et al.* 2001, Reddy *et al.* 2004). Segundo Reddy *et al.* (2004), *Chrysoperla carnea*
299 (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), pode predar em média 100 larvas para cada 3 fêmeas. O
300 percevejo predador *Nabis kinbergii* (Reuter) (Hemiptera: Nabidae), também é considerado predador
301 potencial da traça-das-crucíferas em campo, com capacidade de predar em média 131 ovos de *P.*
302 *xylostella* em 24 horas (Ma *et al.* 2005). Algumas espécies de joaninhas também foram relatadas
303 como predadoras de *P. xylostella*, por exemplo, *Coleomegilla maculata* (DeGeer) (Coleoptera:
304 Coccinellidae) (Liu *et al.* 2015). Estima-se que larvas de segundo e quarto instar desta joaninha
305 consomem de 30 a 60 ovos de *P. xylostella* por dia, respectivamente, enquanto na fase adulta, pode
306 predar até 110 ovos por dia (Roger *et al.* 2000).

307 Também, a joaninha *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) foi relatada como
308 importante no manejo de *P. xylostella*, podendo consumir em média 7 larvas a cada 20 ofertadas
309 (Lira *et al.* 2019, Nascimento *et al.* 2021). A tesourinha, *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera:
310 Anisolabididae), predadora generalista, principalmente de pragas que passam parte do ciclo no solo,
311 consumiu em média 47 larvas e 17 pupas de *P. xylostella* no período de 12 horas em média (Nunes
312 *et al.* 2019). Somadas aos insetos predadores, algumas espécies de aranha também foram relatadas
313 atacando larvas de *P. xylostella* a exemplo, de *Pardosa astrigera* (L. Koch) (Araneae: Lycosidae)
314 que consumiu até 50% das 100 lagartas ofertadas em 2 horas (Suenaga & Hamamura 2015, Huang
315 *et al.* 2018).

316 Além dos predadores, mais de 135 espécies de parasitoides da ordem Hymenoptera foram
317 relatados em várias partes do mundo parasitando *P. xylostella* (Delvare 2004). Destes, cerca de 60
318 espécies parecem ter potencial para controle da traça (Talekar & Shelton 1993) e 12 espécies são
319 frequentemente recuperadas e conservadas em estudos de campo (Furlong *et al.* 2013). Em áreas
320 produtoras de brássicas no Agreste de Pernambuco, foram encontradas três espécies de parasitoides
321 e cinco espécies de predadores atacando larvas e pupas de *P. xylostella* (Silva-Torres *et al.* 2010).

322 Dessa forma, podemos considerar que devido a grande diversidade de espécies de inimigos
323 naturais de *P. xylostella* encontrados nos diferentes agroecossistemas, essa estratégia de controle deve
324 ser conservada e impulsionada visando redução de perdas na produção com a ocorrência dessa praga.
325 Além disso, dentro de programas de manejo onde mais de uma tática de controle é aplicada para
326 controle de *P. xylostella*, devemos buscar a compatibilidade entre as diferentes táticas e o controle
327 biológico, visando a manutenção da população da traça-das-crucíferas abaixo do nível de dano
328 econômico. Alguns estudos também indicam que o consórcio de culturas, como a canola *Brassica*
329 *napus* (L.) (Brassicales: Brassicaceae) com outras espécies de brássicas em campo, pode aumentar a
330 diversidade de espécies de parasitoides e as taxas de parasitismo em *P. xylostella* chegando a 90-
331 100% (Mosiane *et al.* 2003, Tajmiri *et al.* 2017).

332 Os parasitoides de *P. xylostella* podem parasitar o ovo, larva e pupa, dependendo da espécie.
333 Entre os parasitoides de ovos destaca-se o *Thricogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera:
334 Trichogrammatidae), com capacidade de parasitismo de até 30 ovos a cada 47 ovos depositados pela
335 traça-das-crucíferas (Zago *et al.* 2007, Massarolli *et al.* 2021). Vários gêneros são relatados como
336 parasitoides de larvas, a exemplo de *Diadegma*, *Cotesia*, *Apanteles*, *Microplitis* e *Oomyzus*, enquanto
337 *Diadromus* é relatado como parasitoide de pupa (Waterhouse 1992, Syed *et al.* 2018). A espécie
338 *Diadromus collaris* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasita preferencialmente
339 pupas recém-formadas (<24 h de idade), com média de 40% de parasitismo (Wang & Liu 2002, Cock
340 *et al.* 2021). Em Pernambuco, outras espécies de parasitoides também foram encontradas sobre *P.*
341 *xylostella*, tais como: *Conura pseudofulvovariegata* (Becker) (Hymenoptera: Chalcididae) e
342 *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) (Silva-Torres *et al.* 2010).

343 ***Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae)**

344 O endoparasitoide *T. howardi* é uma espécie asiática que foi introduzida na África do Sul para
345 fins de controle biológico de *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e *Busseola fusca*

346 (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae) nas culturas de milho e sorgo (Kfir 1997, Melo *et al.* 2011). No
347 Brasil, esta espécie foi registrada parasitando pupas de *Diatraea saccharalis* (Fabric.) (Lepidoptera:
348 Crambidae) (Vargas *et al.* 2011, Cruz *et al.* 2011) e *P. xylostella* (Silva-Torres *et al.* 2010, Oliveira
349 *et al.* 2016). Um dos aspectos de *T. howardi* que o torna interessante para o controle biológico de *P.*
350 *xylostella* é poder ser criá-lo usando pupas de *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae)
351 (Floriano *et al.* 2018). Dessa forma, favorece a produção em larga escala de *T. howardi* para fins de
352 liberações inundativas, visto que já existe uma técnica amplamente difundida para criação massal de
353 *T. molitor* com baixo custo de produção e que não reduzem a eficiência de seu controle sobre o
354 hospedeiro praga em potencial (Pereira *et al.* 2010). Assim como *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov)
355 (Hymenoptera: Eulophidae), *T. howardi* também pode ser um hiperparasitoide facultativo (Sullivan
356 & Vlkl 1999) e em condições de laboratório, desenvolve-se em pupas de lepidópteros, coleópteros,
357 dípteros e himenópteros (Kfir *et al.* 1993, Prütz *et al.* 2004).

358 Adultos de *T. howardi* medem em torno de 2 mm de comprimento e são de coloração escura
359 (Zheng *et al.* 2016). O dimorfismo sexual em *T. howardi* é evidenciado nas antenas, onde as fêmeas
360 apresentam três segmentos das antenas pigmentados, ao passo que nos machos apenas um é
361 pigmentado (La Salle & Polaszek 2007). Outra característica é a cor da coxa e fêmur das pernas
362 anteriores, que nas fêmeas é marrom e nos machos amarelo-claro (González 2004). Quanto às
363 características biológicas, *T. howardi* demonstra preferência por larvas de quarto instar e pupas
364 recém-formadas de *P. xylostella* (dados não publicados). Parasitando *D. saccharalis*, a taxa de
365 emergência foi de 100% e a duração do desenvolvimento foi entre 20 a 33 dias, com razão sexual de
366 70,44% de fêmeas (Pereira *et al.* 2015). Costa *et al.* (2014), encontraram que a taxa de parasitismo
367 de *T. howardi* aumenta de acordo com o tempo de exposição do hospedeiro às fêmeas do parasitoide
368 em *D. saccharalis*. Portanto, *T. howardi* é uma espécie de parasitoide generalista, mas que poderá
369 ser utilizado em diversos programas de controle biológico tanto natural como aplicado, devido à

370 ocorrência natural em diferentes agroecossistemas, possui facilidade de produção massal em
371 hospedeiro alternativo e capacidade de parasitismo em diferentes pragas de importância agrícola.

397 Por fim, é importante salientar que o sucesso de um programa de controle biológico depende,
398 entre outros fatores, da compatibilidade de táticas complementares que são utilizadas no controle
399 da praga em programas de manejo integrado. Assim, em especial para o uso de inseticidas, há a
400 necessidade de harmonia entre as táticas escolhidas, visando à redução efetiva da população da
401 praga, bem como a preservação do ambiente e dos agentes naturais de controle.

402 **Seletividade de inseticidas**

403 A importância e contribuição dos agentes de controle biológico tem sido amplamente
404 difundida entre pesquisadores e agricultores, especialmente em tempos de maior exigência de
405 mercado para atender ao consumidor quanto à qualidade do alimento, sustentabilidade e
406 conservação ambiental. Segundo Stecca (2017), diferentes ferramentas de gestão devem ser
407 utilizadas, entre as quais se destaca o controle biológico no Manejo Integrado de Pragas (MIP)
408 porque é ecologicamente mais sustentável quando comparado aos métodos convencionais como o
409 controle químico. Entretanto, na maioria das vezes apenas o controle biológico não é suficiente para
410 manter as populações de pragas abaixo do nível de dano econômico ao longo de todo o ciclo das
411 culturas. Assim, outros métodos complementares são necessários para que as pragas sejam
412 controladas de forma efetiva. Dentre os métodos de controle que podem ser usados em programas
413 de manejo integrado, o controle químico ainda é o mais utilizado para salvaguardar rendimentos
414 lucrativos (Bueno *et al.* 2017).

415 Sob essa perspectiva, na maioria dos casos, o impacto potencial com o uso indiscriminado
416 de inseticidas nos diferentes componentes ambientais (ou seja, solo, água, atmosfera e biosfera),
417 pode causar contaminação ambiental, bem como vários efeitos colaterais para organismos não-alvo
418 incluindo os polinizadores e agentes de controle biológico (Francesena & Schneider, 2018), Assim,

419 é primordial a adoção de medidas que possam ter o menor impacto negativo possível sobre
420 organismos não-alvo, ao passo que se obtenha o controle satisfatório das pragas. De acordo com
421 Torres & Bueno (2018), nem o controle químico, nem o biológico agindo isoladamente podem
422 abordar adequadamente os problemas em agroecossistemas com multi-pragas ou contra algumas
423 espécies de pragas altamente prejudiciais e de difícil controle. Nesse sentido, os inimigos naturais
424 nem sempre são suficientes e precisam ser integrados com o uso de inseticidas, onde o controle
425 químico deve ser efetivo contra espécies de pragas-alvo e inofensivos ou ter o menor impacto
426 possível sobre os organismos benéficos (Ramos *et al.* 2018, Wang *et al.* 2019).

427 Uma contribuição nem sempre considerada do controle biológico de pragas é retardar a
428 evolução da resistência e minimizar o uso de inseticidas visto que os inimigos naturais podem
429 controlar indivíduos resistentes a inseticidas presentes na população, evitando a ressurgência de
430 pragas e surtos de pragas secundárias (Torres & Bueno 2018, Bacci *et al.* 2018). Assim, devido à
431 grande variação na capacidade dos inseticidas de impactar negativamente a escala e as populações
432 dos inimigos naturais, a escolha deve considerar os impactos na abundância e na fenologia sazonal
433 (Mansour *et al.* 2018). Segundo Quesada & Sadof (2019), a seletividade de inseticidas e a separação
434 temporal foram usadas para integrar controle biológico e químico das principais pragas, com o
435 objetivo de melhorar a integração e promover o sucesso do manejo integrado de pragas (Torres &
436 Bueno 2018).

437 A seletividade de inseticidas é um componente-chave do manejo de pragas pelo uso de
438 inseticidas que não interferem no parasitismo/predação e no crescimento populacional de inimigos
439 naturais combinando controle eficaz de pragas com mínima influência sobre a atividade de espécies
440 benéficas (Ishaaya *et al.* 2007, Goulart *et al.* 2012). Além disso, a seletividade pode ser fisiológica
441 e/ou ecológica. A seletividade ecológica relaciona-se às formas de utilização dos inseticidas de
442 modo a minimizar a exposição do inimigo natural ao produto, enquanto a seletividade fisiológica

443 consiste no uso de inseticidas que sejam mais tóxicos à praga do que a seus inimigos naturais
444 (Pedigo 1999). Alguns fatores podem alterar a seletividade fisiológica dos inseticidas, por exemplo,
445 ingrediente ativo, modo de ação, formulação, persistência e dosagem do produto (Crespo *et al.*
446 2002, Duso *et al.* 2020), bem como a resposta intrínseca da espécie de inimigo natural como a
447 capacidade de detoxificação do inseticida tornando-se mais tolerante ou resistente ao inseticida
448 aplicado (Torres & Bueno 2018).

449 A Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado (IOBC)
450 (<https://www.iobc-wprs.org/>) propôs metodologias para avaliar a seletividade de pesticidas (=
451 inseticidas, fungicidas e etc.) a inimigos naturais, com os resultados obtidos nos testes de
452 seletividade servindo de base para a escolha e utilização de produtos que são letais às pragas, mas
453 com baixo impacto sobre a população de inimigos naturais (Seixas *et al.* 2018, Rakes *et al.* 2021).
454 Existem produtos que são considerados seletivos (Agrofit 2022), mas geralmente o valor desses
455 produtos é consideravelmente superior em comparação a produtos de largo espectro, inviabilizando
456 a escolha em alguns agroecossistemas. Assim, na maioria das vezes o produtor irá utilizar da
457 seletividade ecológica na tentativa de conservação dos inimigos naturais. O conhecimento da
458 seletividade de inseticidas ao parasitoide *T. howardi*, servirá como suporte para o estudo da taxa de
459 mortalidade e sobrevivência desses indivíduos quando expostos a produtos químicos utilizados para
460 o controle de *P. xylostella*.

461 Apesar do conhecimento já disponível acerca da biologia e dos métodos de criação de *T.*
462 *howardi* em hospedeiros alternativos, há ainda a necessidade de se estimar parâmetros de
463 crescimento populacional dessa espécie sobre *P. xylostella*, a fim de ampliar o conhecimento
464 acerca do potencial de sua utilização como agente de controle biológico aplicado nos sistemas de
465 cultivo de brássicas. Além disso, pouco se sabe em relação ao impacto de inseticidas utilizados no
466 controle de *P. xylostella* sobre *T. howardi*. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o

467 potencial reprodutivo de *T. howardi* sobre *P. xylostella* através da tabela de vida de fertilidade, o
468 comportamento de busca e taxa de parasitismo frente ao hospedeiro natal, avaliar os efeitos dos
469 inseticidas ciantraniliprole e espinetoram sobre o parasitoide *T. howardi*, exposto ao resíduo seco
470 desses produtos em diferentes concentrações e efeito no parasitismo. Os resultados desse trabalho
471 irão propiciar informações importantes sobre o potencial de *T. howardi* em controlar *P. xylostella*,
472 bem como direcionar na escolha de produtos seletivos que possam ser usados de forma integrativa
473 para o manejo de pragas de brássicas de forma complementar e compatível ao controle biológico
474 exercido por *T. howardi*.

475

476

Literatura Citada

477 **Agboyi, L.K., G.K. Ketoh, O.K.D. Kpindou, T. Martin, I.A. Glitho & M. Tamò. 2020.**
478 Improving the efficiency of *Beauveria bassiana* applications for sustainable management of
479 *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in West Africa. *BioControl* 144: 104233.

480

481 **Agrofit. 2022.** Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em:
482 <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em
483 25/04/2022.

484

485 **Bacci, L., J.F. Rosado, M.C. Picanço, A.H.R. Gonring, T.V. da Silva Galdino & J.C. Martins.**
486 **2018.** Failure control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and selectivity of their
487 natural enemies to different insecticides. *J. Pl. Prot. Res.* 58: 2.

488

489 **Baur, M.E., H.K. Kaya & G.S. Thurston. 1995.** Factors affecting entomopathogenic nematode
490 infection of *Plutella xylostella* on a leaf surface. *Entomol. Exp. Appl.* 77: 239–250.

491

492 **Baxter, S.W., M. Chen, A. Dawson, J.Z. Zhao, H. Vogel, A.M. Shelton, D.G. Heckel & C.D.**
493 **Jiggins. 2010.** Mis-spliced transcripts of nicotinic acetylcholine receptor $\alpha 6$ are associated with
494 field evolved spinosad resistance in *Plutella xylostella* (L.). *PLoS Genet* 6: 1000802.

495

496 **Bueno, A.D.F., G.A. Carvalho, A.C.D. Santos, D.R. Sosa-Gómez & D.M.D. Silva, D. M. 2017.**
497 Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field
498 recommendation. *Ciê. Rural* 47.

499

500 **Cai, L.J., L.S. Zheng, Y.P. Huang, W. Xu & M.S. You. 2021.** Identification and characterization
501 of odorant binding proteins in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Insect Sci* 28: 987–
502 1004.

503

- 504 **Charleston, D.S. & R. Kfir. 2000.** The possibility of using Indian mustard, *Brassica juncea*, as a
505 trap crop for the diamondback moth, *Plutella xylostella*, in South Africa. *Crop. Protec.* 19:
506 455–460.
507
- 508 **Cherry, A.J., G. Mercadier, W. Meikle, M. Castelo-Branco, S. Schroer. 2004.** The role of
509 entomopathogens in DBM biological control. P. 51-70 pp. In: A.A. Kirk, A.A. & D. Bordat
510 (Eds.), *Improving Biocontrol of Plutella xylostella*. Proc. Int. Symp., Montpellier, France,
511 CIRAD 273p.
512
- 513 **Cock, C., P.G. Mason, T. Haye & N. Cappuccino. 2021.** Determining the host range of
514 *Diadromus collaris* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae), a candidate biological control
515 agent for diamondback moth *Plutella xylostella* linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae) in
516 Canada. *Biocontrol* 161: 104705.
517
- 518 **Costa, D.P., F.F. Pereira, S.O. Kassab, C. Rossoni, P.L. Pastori & J.C. Zanuncio. 2014.**
519 *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) in different densities and periods of
520 parasitism on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) caterpillars. *Ann. Entomol. Soc.*
521 *Am.* 107: 961–966.
522
- 523 **Crespo, A.L.B., M.C. Picanço, L. Bacci, E.J.G. Pereira & A.H.R. Gonring. 2002.** Insecticide
524 physiological selectivity to Vespidae predators of *Ascia monuste orseis*. *Pesqu. Agropec.*
525 *Bras.* 37: 237–242.
526
- 527 **Cruz, I., A.C. Redoan, R.B. Silva, M.L.C. Figueiredo & A.M. Penteado-Dias. 2011.** New record
528 of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) *Sci. Agric.* 68:
529 252–254.
530
- 531 **Delvare G. 2004.** The taxonomic status and role of hymenoptera in the biological control of DBM,
532 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), 32: 17–49. In: A.A. Kirk, A.A. & D. Bordat
533 (Eds.), *Improving Biocontrol of Plutella xylostella*. Proc. Int. Symp., Montpellier, France,
534 CIRAD273p.
535
- 536 **Denlinger, D.L. & R.E. Lee, Jr. 2010.** *Low temperature biology of insects*; Cambridge University
537 Press: Cambridge, UK, 22p.
538
- 539 **Duso, C., T. Van Leeuwen & A. Pozzebon. 2020.** Improving the compatibility of pesticides and
540 predatory mites: Recent findings on physiological and ecological selectivity. *Curr. Opin. Insect*
541 *Sci.* 39: 63–68.
542
- 543 **Ferreira, S.W., R. Barros & J.B. Torres. 2003.** Exigências térmicas e estimativa do número de
544 gerações de *Oomyzus sokolowskii* (Kurdj.) (Hymenoptera: Eulophidae), para regiões
545 produtoras de crucíferas em Pernambuco. *Neot. Entomol.* 32: 407–411.
546
- 547 **Floriano, T.E., P.F. Fagundes, K.S. Oliveira, C.C.R. Garcia & Z.J. Cola. 2018.** Biological
548 quality of *Tetrastichus howardi* (Hym.: Eulophidae) reared with *Tenebrio molitor* (Col.:
549 Tenebrionidae) pupae after storage at low temperatures for different periods. *PeerJ* 6: 2686.
550

- 551 **Francesena, N. & M.I. Schneider. 2018.** Selectivity assessment of two biorational insecticides,
552 azadirachtin and pyriproxyfen, in comparison to a neonicotinoid, acetamiprid, on pupae and
553 adults of a Neotropical strain *Eretmocerus mundus* Mercet. *Chemosphere* 206: 349–358.
554
- 555 **Furlong, M.J., D.J. Wright & L.M. Dosdall. 2013.** Diamondback moth ecology and management:
556 problems, progress, and prospects. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 517–541.
557
- 558 **Gao, Y., K. Kim, D.H. Kwon, I.H. Jeong, J.M. Clark & S.H. Lee. 2018.** Transcriptome-based
559 identification and characterization of genes commonly responding to five different insecticides
560 in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 144: 1–9.
561
- 562 **Gautam, M.P., H. Singh, S. Kumar, V. Kumar, G. Singh & S.N. Singh. 2018.** Diamondback
563 moth, *Plutella xylostella* (L.) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae) a major insect of cabbage in
564 India: A review. *J. Entomol. Zool. Stud.* 6: 1394–1399.
565
- 566 **Golizadeh, A., K. Kamali, Y. Fathipour & H. Abbasipour. 2009.** Effect of temperature on life
567 table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host
568 plants. *J. Asia-Pac. Entomol.* 12: 207–212.
569
- 570 **González, J.F.A. 2004.** Estudios bioecológicos, reproducción artificial y liberación de *Tetrastichus*
571 *howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.)
572 en Cuba. Tese (Doctor en Ciencias Agrícolas) – Universidad Central de Las Villas, Santa Clara
573 – Cuba. 176p.
574
- 575 **Goulart, R.M., H.X. Volpe, A.M. Vacari, RT. Thuler & S.A. De Bortoli. 2012.** Insecticide
576 selectivity to two species of *Trichogramma* in three different hosts, as determined by
577 IOBC/WPRS methodology. *Pest. Manag. Sci.* 68: 240–244.
578
- 579 **Harcourt, D.G. 1957.** Biology of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.)
580 (Lepidoptera: Plutellidae), in Eastern Ontario. II. Life-history, behaviour, and host relationship.
581 *Can. Entomol.* 12: 554–564.
582
- 583 **Hokkanen, H.M. 1991.** Trap cropping in pest management. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 119–138.
584
- 585 **Huang, X., X. Quan, X. Wang, Y. Yun & Y. Peng. 2018.** Is the spider a good biological control
586 agent for *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)? *Inter. J. Zool.* 35p.
587
- 588 **Ishaaya, I., A. Barazani, S. Kontsedalov & A.R. Horowitz. 2007.** Insecticides with novel modes
589 of action: mechanism, selectivity and cross-resistance. *Entomol. Res.* 37: 148–152.
590
- 591 **Juric, I., W. Salzburger & O. Balmer. 2017.** Spread and global population structure of the
592 diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoids
593 *Diadegma semiclausum* and *Diadegma fenestrale* (Hymenoptera: Ichneumonidae) based on
594 mtDNA. *Bull. Entomol. Res.* 107: 155–164.
595

- 596 **Justus, K.A., L.M. Dossall & B.K. Mitchell. 2000.** Oviposition by *Plutella xylostella*
597 (Lepidoptera: Plutellidae) and effect of phylloplane waxiness. *J. Econ. Entomol.* 93: 1152–
598 1159.
599
- 600 **Kfir, R. 1997.** Natural control of the cereal stemborers *Busseola fusca* and *Chilo partellus* in South
601 Africa. In: *J. Trop. Insect Sci.* 17: 61-67.
602
- 603 **Kfir, R., J. Gouws & S.D. Moore. 1993.** Biology of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera:
604 Eulophidae): a facultative hyperparasitoid of stem borers. *Biocontrol Sci. Techn.* 3: 149–159.
605
- 606 **La Salle, J & A. Polaszek. 2007.** Afrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group
607 (Hymenoptera: Eulophidae). *African Entomol.* 15: 45–56.
608
- 609 **Li Z., X. Feng, S.S. Liu, M. You & M.J. Furlong. 2016.** Biology, ecology, and management of
610 the diamondback moth in China. *Annu. Rev. Entomol.* 61: 277–296.
611
- 612 **Li, X., B. Li & L. Meng. 2019.** Oviposition strategy for superparasitism in the gregarious parasitoid
613 *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). *Bull. Entomol. Res.* 109: 221-228.
614
- 615 **Li, Z.Y., M.P. Zalucki, H.L. Bao, H.Y. Chen, Z.D. Hu, D.Y. Zhang, Q.S. Lin, F. Yin, M. Wang**
616 **& X. Feng. 2012.** Population dynamics and ‘outbreaks’ of diamondback moth, *Plutella*
617 *xylostella*, in Guangdong province, China: climate or the failure of management? *J. Econ.*
618 *Entomol.* 105: 739–752.
619
- 620 **Lira, R., D.V. Nascimento, J.B. Torres & H.A.A. Siqueira. 2019.** Predation on diamondback
621 moth larvae and aphid by resistant and susceptible lady beetle, *Eriopis connexa*. *Neot.*
622 *Entomol.* 48: 909–918.
623
- 624 **Liu, S., F.Z. Chen & M.P Zalucki. 2002.** Development and survival of the diamondback moth
625 (Lepidoptera: Plutellidae) at constant and alternating temperatures. *Environ. Entomol.* 31: 221–
626 231.
627
- 628 **Liu, X., G.H. Abro, F. Han, J. Tian, M. Chen, D. Onstad & A.M. Shelton. 2015.** Effect of Bt
629 broccoli and resistant genotype of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on life history
630 and prey acceptance of the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera:
631 Coccinellidae). *Biocontrol.* 91: 55–61.
632
- 633 **Ma, J., D. Li, M. Keller, O. Schmidt & X. Feng. 2005.** A DNA marker to identify predation of
634 *Plutella xylostella* (Lep., Plutellidae) by *Nabis kinbergii* (Hem., Nabidae) and *Lycosa* sp.
635 (Aranea, Lycosidae). *J. App. Entomol.* 129: 330–335.
636
- 637 **Mansour, R., L.P. Belzunces, P. Suma, L. Zappalà, G. Mazzeo, K. Grissa-Lebdi & A. Biondi.**
638 **2018.** Vine scale and scale insect pest control based on synthetic chemicals. *Agron. Sustain.*
639 *Dev.* 38: 1–20.
640

- 641 **Marchioro, C.A. & L.A. Foerster. 2016.** Biotic factors are more important than abiotic factors in
642 regulating the abundance of *Plutella xylostella* L., in Southern Brazil. *Rev. Bras. Entomol.* 60:
643 328–333.
644
- 645 **Marchioro, C.A., & L.A. Foerster. 2011.** Development and survival of the diamondback moth,
646 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) as a function of temperature: effect on
647 the number of generations in tropical and subtropical regions. *Neot. Entomol.* 40: 533–541.
648
- 649 **Massarolli, A., B. da Silva Santos, R.A. de Souza, A. Regina, M.J.B.P. Butnariu, M.O. Moura**
650 **& L.A. Foerster. 2021.** Oviposition preference of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)
651 and parasitism by *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in collard
652 green. *Braz. J. Agr. Vet.*, 96: 408–424.
653
- 654 **McEwen, P.K., T.R. New & A.E. Whittington. 2001.** Lacewings in the Crop Environment.
655 Cambridge University Press, New York, 45p.
656
- 657 **Melo, R.L., D. Pratisoli, R.A. Polanczyk, M. Tavares, A.M. Milanez & D.F. Melo. 2011.**
658 Ocorrência de *Trichospilus diatraeae* (Hym.: Eulophidae) em broca-das-cucurbitáceas, no
659 Brasil. *Hortic. Bras.* 29: 228–230.
660
- 661 **Moreno, A., & A. Vilorio. 2020.** Variation in hindwing size and shape of *Plutella xylostella* (L.)
662 (Lepidoptera: Plutellidae). *Shill. Rev. Lepidop.* 48: 709–714.
663
- 664 **Mosiane, S.M., R. Kfir & M.H. Villet. 2003.** Seasonal phenology of the diamondback moth,
665 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), and its parasitoids on canola, *Brassica napus*
666 (L.), in Gauteng province, South Africa. *African Entomol.y.* 11: 277–285.
667
- 668 **Nascimento, D.V., R. Lira, E.K. Ferreira & J.B. Torres. 2021.** Performance of the
669 aphidophagous coccinellid *Eriopsis connexa* fed on single species and mixed-species
670 prey. *Biocontrol Sci. Technol.* 31: 951–963.
671
- 672 **Nunes, G.D.S., T.A.V. Dantas, M.D.S. de Souza, I.N. do Nascimento, J. de Luna Batista & J.B.**
673 **Malaquias. 2019.** Life stage and population density of *Plutella xylostella* affect the predation
674 behavior of *Euborellia annulipes*. *Entomol. Exp. Appl.* 167: 544–552.
675
- 676 **Oliveira, H.N., J. Simonato, D.F. Glaeser & F. Fagundes Pereira. 2016.** Parasitism of
677 *Helicoverpa armigera* pupae (Lepidoptera: Noctuidae) by *Tetrastichus howardi* and
678 *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ciê. Agr.* 37:1
679
- 680 **Passos, D.A., C.S.A. Silva-Torres & H.A.A. Siqueira. 2020.** Behavioral response and adaptive
681 cost in resistant and susceptible *Plutella xylostella* to Chlorantraniliprole. *Bull. Entomol.*
682 *Res.* 110: 96–105.
683
- 684 **Pedigo, L.P. 1999.** *Entomologia e manejo de pragas.* 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall,
685 691p.
686

- 687 **Pereira, F.F., J.C. Zanuncio, J.E. Serrão, T.V. Zanuncio, D. Pratissoli, & P.L. Pastori. 2010.**
688 The density of females of the *Palmistichus elaeisis* (Delv.) (Hymenoptera: Eulophidae) affects
689 their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). An.
690 Acad. Bras. Cienc. 82: 1–9.
691
- 692 **Pereira, F.F., S.O. Kassab, V.R.F. Calado, E.L. Vargas, H.N.D. Oliveira & J.C. Zanuncio.**
693 **2015.** Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on
694 *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. Fla. Entomol. 98:
695 377–380.
696
- 697 **Prütz, G., A. Brink & K. Dettner. 2004.** Transgenic insect-resistant corn affects the fourth trophic
698 level: effects of *Bacillus thuringiensis*-corn on the facultative hyperparasitoid *Tetrastichus*
699 *howardi*. Naturwissenschaften 91: 451–454.
700
- 701 **Quesada, C.R. & C.S. Sadof. 2019.** Field evaluation of insecticides and application timing on
702 natural enemies of selected armored and soft scales. Biocontrol. 133: 81–90.
703
- 704 **Rakes, M., R.A. Pasini, M.C. Morais, M.B. Araújo, J. de Bastos Pazini, E.J. Seidel & A.D.**
705 **Grützmaker. 2021.** Pesticide selectivity to the parasitoid *Trichogramma pretiosum*: A pattern
706 10-year database and its implications for Integrated Pest. Manag.. Ecot.. Environ. Saf. 208:
707 111504.
708
- 709 **Ramos, R.S., V.C. de Araújo, R.R. Pereira, J.C. Martins, O.S. Queiroz, R.S. Silva & M.C.**
710 **Picanço. 2018.** Investigation of the lethal and behavioral effects of commercial insecticides on
711 the parasitoid wasp *Copidosoma truncatellum*. Chemosphere 191: 770–778.
712
- 713 **Reddy, G.V.P., E. Tabone & M.T. Smith. 2004.** Mediation of host selection and oviposition
714 behavior in the diamondback moth *Plutella xylostella* and its predator *Chrysoperla carnea* by
715 chemical cues from cole crops. Biocontrol. 29: 270–277.
716
- 717 **Roger, C., D. Coderre & G. Boivin. 2000.** Differential prey utilization by the generalist predator
718 *Coleomegilla maculate* lengi according to prey size and species. Entomol. Exp. Appl. 94: 3–
719 13.
720
- 721 **Sarfraz, M., A.B. Keddie & L.M. Dossall. 2005.** Biological control of the diamondback moth,
722 *Plutella xylostella*: a review. Bio. Sci.Tech. 15: 763–789.
723
- 724 **Seixas, P.T.L., A.J. Demuner, E.S. Alvarenga, L.C.A. Barbosa, A. Marques, E.D.S. Farias &**
725 **M.C. Picanço. 2018.** Bioactivity of essential oils from *Artemisia* against *Diaphania hyalinata*
726 and its selectivity to beneficial insects. Sci. Agrar. 75: 519–525.
727
- 728 **Silva-Torres, C.S.A., I.V.A.F. Pontes, J.B. Torres & R. Barros. 2010.** New records of natural
729 enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. Neot.
730 Entomol. 5: 835–838.
731

- 732 **Sithole, R., B. Löhr & P. Tagwireyi. 2017.** The influence of temperature on life history traits of
733 *Diadegma mollipla* (Hymenoptera: Ichneumonidae), an African parasitoid of the diamondback
734 moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Biocontrol*. 62: 603–612.
735
- 736 **Soufbaf, M., Y. Fathipour, M.P. Zalucki & C. Hui. 2012.** Importance of Primary Metabolites in
737 Canola Mediating Interactions between a Specialist Leaf-feeding Insect and its Specialist
738 Solitary Endoparasitoid. *Arthropod-Pl. Inte.* 6: 241–250.
739
- 740 **Stecca, C.D.S., D.M. da Silva, A.D.F. Bueno, A. Pasini, M.D. Denez & K. Andrade. 2017.**
741 Selectivity of insecticides used in soybean crop to the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera:
742 Pentatomidae). *Ciê. Agrár.* 38: 3469–3480.
743
- 744 **Steinbach, D., G. Moritz & R. Nauen. 2017.** Fitness costs and life table parameters of highly
745 insecticide-resistant strains of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) at different
746 temperatures. *Pest. Manag. Sci.* 73: 1789–1797.
747
- 748 **Stemele, M.A. 2017.** Comparative effects of a selective insecticide, *Bacillus thuringiensis* var.
749 kurstaki and the broad-spectrum insecticide cypermethrin on diamondback moth and its
750 parasitoid *Cotesia vestalis* (Hymenoptera; Braconidae). *Crop. Prot.*, 101: 35–42.
751
- 752 **Suenaga, H. & T. Hamamura. 2015.** Effects of manipulated density of the wolf spider, *Pardosa*
753 *astrigera* (Araneae: Lycosidae), on pest populations and cabbage yield: a field enclosure
754 experiment. *Appl. Entomol. Zool.* 50: 89–97.
755
- 756 **Sullivan, D.J & W. Vlkl. 1999.** Hyperparasitism: multitrophic ecology and behavior. *Annu. Rev.*
757 *Entomol.* 44: 291–315.
758
- 759 **Sun, B.T., K.S. Akutse, X.F. Xia, J.H. Chen, X. Ai, Y. Tang & M.S. You. 2018.** Endophytic
760 effects of *Aspergillus oryzae* on radish (*Raphanus sativus*) and its herbivore, *Plutella*
761 *xylostella*. *Planta.* 32: 1–10.
762
- 763 **Syed, T.S., G.H. Abro, M.A. Shaikh, B. Mal & A.M. Shelton. 2018.** Parasitism of *Plutella*
764 *xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in Southern Pakistan. *Fla. Entomol.* 101: 172–177.
765
- 766 **Tajmiri, P., S.A.A. Fathi, A. Golizadeh & G. Nouri-Ganbalani. 2017.** Strip-intercropping canola
767 with annual alfalfa improves biological control of *Plutella xylostella* (L.) and crop yield. *Int*
768 *J. Trop. Insect Sci.* 37: 208–216.
769
- 770 **Talekar, N.S. & A.M. Shelton. 1993.** Biology, ecology and management of the diamondback
771 moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 275–301.
772
- 773 **Torres, J.B. & A.D.F. Bueno. 2018.** Conservation biological control using selective insecticides—
774 a valuable tool for IPM. *Biocontrol* 126: 53–64.
775
- 776 **Truong, D.H., H.C. Nguyen, J. Bauwens, G. Mazzucchelli, G. Lognay & F. Francis. 2018.** Plant
777 defense in response to chewing insects: proteome analysis of *Arabidopsis thaliana* damaged by
778 *Plutella xylostella*. *J. Pl. Inter.* 13: 30–36.

779
780 **Uefune, M., K. Shiojiri & J. Takabayashi. 2017.** Oviposition of diamondback moth *Plutella*
781 *xylostella* females is affected by herbivore-induced plant volatiles that attract the larval
782 parasitoid *Cotesia vestalis*. *Arthr. Pl. Interac.* 11: 235–239.
783
784 **Ulmer, B., C. Gillott, D. Woods & M. Erlandson. 2002.** Diamondback moth, *Plutella xylostella*
785 (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. *Crop.*
786 *Prot.* 21: 327–331.
787
788 **Van Lenteren, J.C., K. Bolckmans, J. Köhl, W.J. Ravensberg & A. Urbaneja. 2018.** Biological
789 control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *Biocontrol.* 63:
790 39–59.
791
792 **Vargas, E.L., F.F Pereira, M.T. Tavares & P.L. Pastori. 2011.** Record of *Tetrastichus howardi*
793 (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane
794 crop in Brazil. *Entomotropical* 26: 135–138.
795
796 **Verkerk, R.H.J. & D.J. Wright. 1996.** Multitrophic interactions and management of the
797 diamondback moth: a review. *Bull. Entomol. Res.* 86: 205–216.
798
799 **Wang, X., Y. Ma, F. Wang, Y. Yang, S. Wu & Y. Wu. 2020.** Disruption of nicotinic acetylcholine
800 receptor $\alpha 6$ mediated by CRISPR/Cas9 confers resistance to spinosyns in *Plutella*
801 *xylostella*. *Pest. Manag. Sci.* 76: 1618–1625.
802
803 **Wang, X.G. & S.S. Liu. 2002.** Effects of host age on the performance of *Diadromus collaris*, a
804 pupal parasitoid of *Plutella xylostella*. *Biocontrol* 47: 293–307.
805
806 **Wang, Z., P. Dai, X. Yang, C.C. Ruan, A. Biondi, N. Desneux & L.S. Zang. 2019.** Selectivity
807 of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid
808 *Encarsia formosa* *Pest. Manag. Sci.* 75: 2716–2724.
809
810 **Waterhouse D.F. 1992.** Biological control of diamondback moth in the Pacific, 10-14pp. In
811 Talekar NS [ed.] *Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*. Proceedings of the Second
812 International Workshop. AVegetable Research and Development Center, Shanhua,
813 Taiwan. 234p
814
815 **Xia, X., B. Sun, G.M. Gurr, L. Vasseur, M. Xue & M. You. 2018.** Gut microbiota mediate
816 insecticide resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Front Biosci.* 9: 25.
817
818 **You, M., F. Ke, S. You, Z. Wu, Q. Liu, W. He & M. Zhuang. 2020.** Variation among 532
819 genomes unveils the origin and evolutionary history of a global insect herbivore. *Nat.*
820 *Commun.* 11: 1–8.
821
822 **Zafar, J., R.F. Shoukat, Y. Zhang, S. Freed, X. Xu & F. Jin. 2020.** *Metarhizium anisopliae*
823 challenges immunity and demography of *Plutella xylostella*. *Insects* 11: 694.
824

825 **Zago, H.B., D. Pratissoli, R. Barros, M.G. Gondim Jr & H.D. Santos Jr. 2007.** Capacidade de
826 parasitismo de *Trichogramma pratissolii* Querino and Zucchi (Hymenoptera:
827 Trichogrammatidae) em hospedeiros alternativos, sob diferentes temperaturas. Neot.
828 Entomol. 36: 84–89.
829

830 **Zago, H.B., R. Barros, J.B. Torres & D. Pratissoli. 2010.** Distribuição de ovos de *Plutella*
831 *xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e o parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley
832 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Neot. Entomol. 39: 241–247.
833

834 **Zalucki, M.P., A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, S.S. Liu & M.J. Furlong. 2012.** Estimating
835 the economic cost of one of the world’s major insect pests, *Plutella xylostella*: Just how long
836 is a piece of string? J. Econ. Entomol. 105: 1115–1129.
837

838 **Zhang, P.J., Y.B. Lü, M.P. Zalucki & S.S. Liu. 2012.** Relationship between adult ovi-position
839 preference and larval performance of the diamondback moth, *Plutella xylostella*. J. Pest. Sci.
840 85: 247–252.
841

842 **Zheng, Y., L. Zheng, Y. Liao & W. Wu. 2016.** Sexual dimorphism in antennal morphology and
843 sensilla ultrastructure of a pupal endoparasitoid *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera:
844 Eulophidae). Microsc. Res. Tech. 79: 374–384.
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859

860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879

CAPÍTULO 2

DESEMPENHO E RESPOSTA OLFATIVA DE *Tetrastichus howardi* (OLLIFF)
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARASITANDO *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA:
PLUTELLIDAE) ¹

RIAN J. S. S. MORAES¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois
Irmãos, Recife - PE, 52171-900.

880
881
882
883

¹Moraes, R.J.S.S. Resposta olfativa e desempenho de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). A ser submetido.

884 RESUMO – *Tetrastichus howardi* (Olliff) parasita a traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.),
885 mas pouco se sabe sobre o potencial de controle. Este parasitoide tem metodologia de criação
886 massal estabelecida sobre pupas do hospedeiro alternativo, *Tenebrio molitor* (L.), visando liberação
887 em campo para manejo de algumas espécies de Lepidopteras. O potencial de crescimento
888 populacional de parasitoides pode ser medido através de tabelas de vida de fertilidade que fornecem
889 informações que darão suporte ao uso de *T. howardi* para manejo de *P. xylostella*. Além disso,
890 desempenho e comportamento de *T. howardi* criado em hospedeiro alternativo podem ser
891 indicativos do potencial de controle de *P. xylostella*. Assim, este estudo determinou parâmetros de
892 tabela de vida de fertilidade de *T. howardi* parasitando *P. xylostella*, bem como efeito do hospedeiro
893 natal sobre o comportamento de *T. howardi* frente voláteis dos hospedeiros e taxa de parasitismo.
894 Resultados mostraram que taxa líquida de reprodução (R_o) e taxa intrínseca de crescimento
895 populacional (r_m) de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* foram 13,6 ($\text{♀}/\text{♀}$) e 0,124 ($\text{♀}/\text{♀}*\text{dia}$),
896 respectivamente, enquanto o tempo médio de geração foi 20,9 dias. Além disso, o hospedeiro natal
897 (*T. molitor* ou *P. xylostella*) não influenciou o desempenho reprodutivo, taxa de parasitismo e
898 resposta olfativa de *T. howardi*. No geral, independente do hospedeiro natal fêmeas do parasitoide
899 responderam aos voláteis de ambos hospedeiros não afetando parasitismo de *P. xylostella*. Portanto,
900 resultados demonstram que *T. howardi* criado no hospedeiro alternativo mantém atração e potencial
901 de parasitismo sobre *P. xylostella* e poderá contribuir no controle biológico dessa praga.

902

903 PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, parasitoide larva-pupa, parasitismo.

904

905

906 OLFACTION RESPONSE AND FITNESS OF *Tetrastichus howardi* (OLLIFF)

907 (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) PARASITIZING *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA:
908 PLUTELLIDAE)¹

909
910 ABSTRACT – *Tetrastichus howardi* (Olliff) parasitizes the diamond back moth *Plutella xylostella*
911 (L.), but not much is known about its control potential. This parasitoid has an established rearing
912 protocol on pupae of the alternative host *Tenebrio molitor* (L.), aiming field release to manage some
913 lepidopteran species. The potential population growth of a parasitoid can be measured through
914 fertility life-tables and provide support information to use *T. howardi* in the management of *P.*
915 *xylostella* (L.). Also, the fitness and behavior of *T. howardi* reared on a factitious host can be
916 indicators of its potential to control *P. xylostella*. Thus, in this study the fertility life-table
917 parameters of *T. howardi* parasitising *P. xylostella* were determined, as well as the effects of the
918 natal host on the behavior of *T. howardi* towards host volatiles and parasitism rate. The results
919 showed that net reproduction rate (R_0) and the intrinsic rate of population growth (r_m) of *T. howardi*
920 parasitizing *P. xylostella* were 13.6 ($\text{♀}/\text{♀}$) and 0.124 ($\text{♀}/\text{♀} \cdot \text{day}$), respectively, whereas the mean
921 generation time was 20.9 days. Moreover, the natal host (*T. molitor* or *P. xylostella*) did not affect
922 the fitness, parasitism rate and olfactory response of *T. howardi*. In general, regardless of the natal
923 host, parasitoid females responded to volatiles of either hosts and did not affect parasitism rate on
924 *P. xylostella*. Therefore, the results show that *T. howardi* reared on the alternative host maintains
925 its attraction and potential to parasitize *P. xylostella*, and can contribute to the biological control of
926 this pest.

927
928 KEY WORDS: Biological control, larva-pupa parasitoid, parasitism.

929

930

Introdução

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

Várias espécies de insetos predadores e parasitoides contribuem para manejo de pragas (Stenberg *et al.* 2021). Dentre elas, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) um endoparasitoide gregário de diferentes espécies de Lepidoptera. (Prasad *et al.* 2007, Floriano *et al.* 2018, Pereira *et al.* 2021) que possui metodologia estabelecida para criação massal em laboratório sobre hospedeiro alternativo, *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) (Ferreira *et al.* 2016, Floriano *et al.* 2018). Ademais, resultados sobre aspectos biológicos de *T. howardi* sob diferentes condições de temperatura, disponibilidade de alimento e tipos de hospedeiro, tem sido disponibilizado (Kfir *et al.* 1993, González 2004, Favero *et al.* 2015, Ferreira *et al.* 2016, Lucchetta 2016, Floriano *et al.* 2018, Favoreto *et al.* 2020). Outrossim *T. howardi* é parasitoide natural de lagartas e pupas da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), em cultivos de brássicas no Agreste de Pernambuco (Silva-Torres *et al.* 2010). Contudo, não tem informações sobre aspectos biológicos, comportamentais e potencial de controle dessa praga por *T. howardi*. Nesse contexto, devido ao bom desempenho do parasitoide sobre larvas e pupas de outras espécies de Lepidoptera e possibilidade de criá-lo em grande quantidade em hospedeiros alternativos, *T. howardi* pode ser adicional para controle biológico de pragas chave como *P. xylostella* (Silva-Torres *et al.* 2010) e *Diatraea* spp. (Rodrigues *et al.* 2021).

A determinação dos parâmetros de crescimento populacional é importante na seleção e avaliação de inimigos naturais. Estes, auxiliam na compreensão da dinâmica populacional do inimigo natural frente ao inseto-praga e são usados para estimar o real potencial de agente de controle biológico de controlar determinada praga (Lins *et al.* 2011, Pedro *et al.* 2018). Nesse contexto, tabela de vida de fertilidade é utilizada para reunir dados da biologia da espécie, que permite inferir sobre o crescimento populacional e fornece informações básicas relativo com a

953 história de vida da espécie (Soufbaf *et al.* 2018). Estudos de tabela de vida de fertilidade avaliam a
954 natalidade, sobrevivência, mortalidade, reprodução e capacidade de crescimento populacional do
955 organismo (Southwood & Henderson 2000). Em determinadas condições ambientais como
956 temperatura, qualidade do alimento, tipos de hospedeiros, dentre outros (Golizadeh *et al.* 2009).
957 Resultados podem ser usados na gestão da criação massal de insetos em laboratório,
958 preferencialmente com baixo custo e alto desempenho biológico (Carey 1993, Hondo *et al.* 2006,
959 Qu *et al.* 2017, Hoffmann Schlesener *et al.* 2018).

960 A *P. xylostella* é considerada principal praga das brássicas, por ser amplamente distribuída
961 no globo, apresentar alto potencial reprodutivo, migração (Sun *et al.* 2018, Zalucki *et al.* 2012,
962 Etebari *et al.* 2018) e apresenta populações resistentes a todas classes de inseticidas sintéticos
963 disponíveis para manejo (<https://www.pesticideresistance.org/>) e pode causar até 100% de perda de
964 rendimento (Li *et al.* 2016). Portanto, múltiplas táticas de controle são fundamentais para manejo
965 de *P. xylostella*, sendo controle biológico com parasitoides uma possibilidade viável e sustentável.
966 Pela ocorrência natural de *T. howardi* sobre *P. xylostella* (Silva-Torres *et al.* 2010), estudos
967 preliminares mostraram que fêmeas emergidas de pupas de *T. molitor*, exerceram alta taxa de
968 parasitismo de lagartas e pupas de *P. xylostella*, acarretando 100% de mortalidade. Contudo, o
969 parasitismo não resultou em produção de descendentes (dados não publicados). É possível que
970 alguns fatores fisiológicos (ex. defesas) e/ou morfológicos (ex. tamanho) possam ter afetado o
971 desempenho de *T. howardi* em *P. xylostella*, se o hospedeiro natal de criação for *T. molitor*. Em
972 campo, a viabilidade do parasitismo pode ser decorrente do uso de lagartas e pupas maiores ou
973 apenas algumas lagartas ou pupas de maior tamanho oferecem condições para desenvolvimento e
974 produção de descendentes, enquanto lagartas e pupas menores são mortas, o que merece estudos de
975 relação parasitoide- hospedeiro, apesar que o resultado final será a morte da praga.

976 O comportamento do parasitoide também pode afetar o potencial de controle biológico
977 (Heimpel 2019), pistas químicas olfativas são importantes para auxiliar no processo de busca,
978 localização, reconhecimento e aceitação do hospedeiro, além de induzir o comportamento de
979 parasitismo mesmo na ausência do hospedeiro (Vinson 1976). Desta maneira, propomos nesse
980 estudo as hipóteses de que a escolha do hospedeiro pelo parasitoide adulto, como local de
981 desenvolvimento da larva (hospedeiro natal) e pistas químicas detectadas pela larva durante
982 desenvolvimento e pelo adulto no momento da emergência a partir de hospedeiro parasitado
983 (Jaenike 1983, Corbet 1985, Silva-Torres *et al.* 2005). Contudo, nenhum desses aspectos foi
984 investigado em relação ao comportamento de *T. howardi* frente a *P. xylostella*. Diante do exposto,
985 fazem necessárias informações sobre os fatores de crescimento populacional do parasitoide *T.*
986 *howardi* sobre larvas e pupas de *P. xylostella*, bem como determinar se o hospedeiro natal pode
987 interferir no comportamento de busca e parasitismo, a fim de verificar real potencial de utilização
988 no manejo dessa praga. Assim, os objetivos desse estudo foram: i) avaliar os fatores da tabela de
989 vida de fertilidade de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* em condições de laboratório, ii) estimar
990 o número de gerações de *T. howardi* por ano levando-se em consideração as condições ambientais
991 do Agreste de Pernambuco onde esse parasitoide foi encontrado parasitando *P. xylostella* e iii)
992 avaliar se o hospedeiro natal de *T. howardi* afeta o seu comportamento e taxa de parasitismo de *P.*
993 *xylostella*.

994

995

Material e métodos

996 **Insetos.** Larvas e pupas de *P. xylostella* foram coletados no município de Chã Grande – PE (latitude
997 08° 14'18" e longitude 35° 27'42") e estabelecida a criação no Laboratório de Comportamento de
998 Insetos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Por outro lado, a população de *T.*
999 *howardi* foi estabelecida a partir de insetos fornecidos pelo Laboratório de Ecologia e Controle

1000 Biológico de Insetos da mesma instituição, proveniente de criação cedida pelo LECOBIO
1001 (Laboratório de Controle Biológico de Insetos, UFGD, Dourados, MS). Ambas criações foram
1002 mantidas em sala climatizada regulada a 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de
1003 12 horas.

1004 A criação de *P. xylostella* seguiu recomendações descritas por Barros & Vendramim (1999),
1005 sendo larvas mantidas em gaiolas plásticas, alimentadas até a fase de pupa com folhas de couve
1006 orgânica (*B. oleracea* var. manteiga) ofertadas diariamente. Pupas foram transferidas para tubos de
1007 vidro e mantidas até emergência dos adultos, os quais foram transferidos para gaiolas de criação.
1008 As gaiolas são recipientes plástico circular (1000 ml de volume) contendo abertura lateral para
1009 ventilação interna. Adultos de *P. xylostella* foram alimentados com solução aquosa de mel ofertado
1010 em esponja umedecida no topo da gaiola. Como substrato para oviposição foi disponibilizado folha
1011 de couve, sendo esta substituída diariamente para coleta das posturas do dia anterior.

1012 A criação de *T. molitor* foi mantida em bandejas plásticas de (45 × 30 × 12 cm), sendo
1013 insetos alimentados com farelo de trigo (95%), levedo de cerveja (5%) e pedaços de cenoura e cana-
1014 de-açúcar fornecidos como fontes de umidade para larvas até pupação. Em seguida, pupas foram
1015 usadas para criação do parasitoide (Zamperline *et al.* 1992, Rodrigues *et al.* 2021).

1016 Na criação dos parasitoides, foram utilizados dois hospedeiros diferentes: a) hospedeiro
1017 natural: larvas de *P. xylostella* no último instar e b) hospedeiro alternativo: pupas de *T. molitor* (\leq
1018 48 h). A criação sobre *T. molitor* foi mantida de acordo com metodologia proposta por Floriano *et*
1019 *al.* (2018). Pupas de *T. molitor* foram individualizadas em tubos de vidro (22 × 15 cm), contendo
1020 gotículas de mel na parede interna do tubo como alimento, o qual foi fechado com fechados com
1021 algodão. O parasitismo foi realizado com cinco fêmeas de *T. howardi* por pupa durante 24 horas de
1022 exposição. Pupas parasitadas foram mantidas nas condições previamente especificadas até
1023 emergência dos parasitoides (Pereira *et al.* 2015).

1024 Para criação de *T. howardi* sobre *P. xylostella*, foi adaptada metodologia proposta por Silva-
1025 Torres *et al.* (2009). Assim, adultos do parasitoide (≤ 48 h de idade) foram mantidos em frascos de
1026 vidro transparentes fechados com tecido fino preso com fita elástica. Diariamente 30 larvas de
1027 terceiro instar de *P. xylostella* foram oferecidas ao parasitoide e permaneceram expostas ao
1028 parasitismo sobre disco de folha de couve orgânica até atingirem a fase de pupa. Na parede dos
1029 frascos também foi ofertado filete de solução de mel a 10%. Após formação das pupas foram
1030 transferidas para tubos de vidro de fundo arredondado ($1,6 \times 10$ cm), fechados com chumaço de
1031 algodão e mantidas até emergência dos adultos do parasitoide.

1032 **Teste 1. - Tabela de Vida de Fertilidade de *Tetrastichus howardi* sobre *Plutella xylostella*.** Pupas
1033 de *P. xylostella* foram ofertadas diariamente às fêmeas do parasitoide provenientes do hospedeiro
1034 alternativo *P. xylostella* ou *T. molitor*. Assim, dois tratamentos foram estabelecidos correspondente
1035 aos parasitoides provenientes de cada hospedeiro natal e recebendo pupas recém-formadas de *P.*
1036 *xylostella*, com 30 repetições cada. Fêmeas do parasitoide com 24 h de idade e acasaladas, foram
1037 isoladas em tubos de vidro ($1,6 \times 10$ cm) e receberam diariamente uma pupa de *P. xylostella*, além
1038 de filete de mel como alimento, até sua morte. A cada 24 h de exposição ao parasitismo, pupas de
1039 *P. xylostella* foram substituídas até a morte da fêmea do parasitoide. O período de desenvolvimento
1040 (da exposição ao parasitismo até emergência do adulto do parasitoide), número de descendentes
1041 produzidos por hospedeiro parasitado, razão sexual dos descendentes e mortalidade diária dos
1042 adultos foram registrados. A partir desses dados, parâmetros da tabela de vida de fertilidade: tempo
1043 médio de geração (T, dias), taxa líquida de reprodução (R_0) e taxa intrínseca de crescimento
1044 populacional (r_m) foram calculados através do Proc Lifetest do SAS (SAS Institute 2001),
1045 empregando o protocolo escrito por Maia *et al.* (2000). Além disso, curvas de sobrevivência das
1046 fêmeas do parasitoide foram calculadas através de análises de sobrevivência empregando o método
1047 de Kaplan-Meier sendo as curvas comparadas pelo teste de Log-Rank ($\alpha = 0,05$).

1048 **Número de Gerações** - O número de gerações por ano para o parasitoide *T. howardi* e o hospedeiro
1049 *P. xylostella* foi estimado usando a seguinte equação: $NG = [T (T_m - T_b)/K]$, onde NG é o número
1050 de gerações, T (dias) é o tempo considerado em um ano, T_m (°C) é a temperatura média mensal,
1051 T_b (°C) é a temperatura limite inferior e K (graus dias) é a constante térmica para desenvolvimento.
1052 Assim, os requisitos térmicos para *T. howardi* foram $T_b = 12,8^{\circ}\text{C}$; $K = 273,6$ graus-dia (Yan *et al.*
1053 2021), enquanto para *P. xylostella* foram $T_b = 8,9^{\circ}\text{C}$; $K = 299,6$ graus-dias (Ferreira *et al.* 2003).
1054 Portanto, esses valores previamente determinados foram usados aqui para estimar o número de
1055 gerações anuais tanto para o inimigo natural, como para a praga, com base no tempo anual e na
1056 temperatura média (T_m) para o município de Chã-Grande, PE, Brasil, local de relato do parasitoide
1057 (Silva-Torres *et al.* 2010), bem como da população de *P. xylostella* para este estudo. Os valores de
1058 temperatura média foram obtidos do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo,
1059 2020) para o período entre 2011 a 2021.

1060 **Teste 2. - Comportamento de Busca e Taxa de Parasitismo de *Tetrastichus howardi* sobre**
1061 ***Plutella xylostella*.** Fêmeas de *T. howardi* acasaladas e alimentadas, com 48 h de idade, criadas em
1062 pupa de *T. molitor* ou *P. xylostella*, foram utilizadas para averiguar a experiência do hospedeiro
1063 natal, onde houve o desenvolvimento do parasitoide, influenciaria na escolha da fêmea adulta do
1064 parasitoide. Foram estabelecidos dois bioensaios para medir (i) resposta olfativa de *T. howardi* aos
1065 odores oferecidos e (ii) taxa de parasitismo sobre *P. xylostella*.

1066 A resposta olfativa (i) foi medida utilizando-se olfatômetro em Y, que consiste de uma placa
1067 manufaturada em acrílico (26 × 23 cm) apresentando na linha mediana uma cavidade em formato
1068 de “Y” como descrito por Magalhães *et al.* (2012). Os bioensaios foram conduzidos entre 05:30 e
1069 11:30 h da manhã visto que o parasitoide mostrou mais ativo nesse intervalo de tempo em testes
1070 preliminares. A resposta olfativa de *T. howardi* foi avaliada para os tratamentos: i) ar limpo (AR),
1071 ii) duas pupas de *T. molitor* (PTM), iii) 12 pré-pupas de *P. xylostella* (PPPX), iv) disco de folha de

1072 couve infestada por 12 lagartas de terceiro instar de *P. xylostella* (FIPX), v) disco de couve sadia
1073 (FS). Os tratamentos foram ofertados em câmaras de vidro (50 mL) conectadas a um dos braços
1074 pares do tubo em Y através de mangueiras de teflon. Fontes de odores foram ofertadas em cada
1075 ‘braço par’ do olfatômetro de forma pareada, contrastando dois tratamentos de cada vez. Bomba de
1076 aquário (Resun[®], modelo AC-1500) foi usada para impulsionar o ar no sistema, que primeiramente
1077 passou pelo carvão ativado e pelo umidificador antes de entrar no olfatômetro. O fluxo de ar em
1078 cada braço do olfatômetro foi regulado por fluxômetro (0,5 L/min, KI[®]). A saída de ar do
1079 olfatômetro foi impulsionada por bomba de sucção, com vazão (1,0 L/min), também regulada por
1080 fluxômetro.

1081 Uma fêmea do parasitoide foi liberada no ‘braço ímpar’ do tubo em Y, sendo esta área oposta
1082 à entrada de ar. Período de 1 minuto foi permitido para aclimatação do inseto dentro do tubo em Y,
1083 sendo o primeiro minuto com fluxo de ar desligado e o segundo com fluxo ligado. A resposta do
1084 parasitoide foi registrada como positiva quando caminhou pelo menos 3 cm em um dos braços pares
1085 do olfatômetro e permaneceu por pelo menos 20 segundos. Cada fêmea foi observada por 10
1086 minutos, registrando-se a primeira escolha e tempo de permanência em cada braço, com 20
1087 repetições por tratamento contrastado. Fêmeas que não responderam em 10 minutos foram
1088 substituídas. Os tratamentos ofertados foram alternados a cada cinco repetições e o sistema foi
1089 desmontado e lavado após 30 repetições.

1090 Os dados de primeira escolha foram submetidos ao teste não-paramétrico de frequência
1091 usando PROC FREQ do SAS seguido por teste de qui-quadrado (χ^2 , $\alpha = 0,05$), com hipótese nula
1092 de não existir diferença entre os dois odores ofertados simultaneamente no olfatômetro (razão 1:1).
1093 Para tempo médio de residência do parasitoide em cada braço do olfatômetro, esse foi avaliado pelo
1094 teste de t pareado, usando PROC TTEST do SAS (SAS Institute 2001).

1095 O teste para taxa de parasitismo (ii) foi conduzido com fêmeas de *T. howardi* emergidas de
1096 *P. xylostella* ou *T. molitor* sobre lagartas, pré-pupas e pupas de *P. xylostella*. Fêmeas do parasitoide
1097 foram confinadas com 10 lagartas de terceiro instar, 10 pré-pupas ou 10 pupas de *P. xylostella*,
1098 ofertadas simultaneamente, em plantas de couve com aproximadamente 30 dias de idade (4-6 folhas
1099 desenvolvidas). Plantas foram infestadas 24 h antes da liberação dos parasitoides e mantidas
1100 isoladas em gaiolas de voil (40 × 40 × 50 cm). Em cada gaiola foram liberadas 10 fêmeas do
1101 parasitoide, de acordo com respectivo hospedeiro natal. Após 24 h de exposição, fêmeas do
1102 parasitoide foram removidas e lagartas e pupas, individualizadas em tubos de vidro para posterior
1103 avaliação do parasitismo. Pupas das quais não emergiram parasitoides ou adultos de *P. xylostella*
1104 foram dissecadas sob estereomicroscópio para confirmação do parasitismo. Foram conduzidas 30
1105 repetições por hospedeiro natal. Os dados do bioensaio foram verificados quanto à normalidade
1106 através do teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade através dos testes de Levene (PROC
1107 UNIVARIATE). Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância em esquema
1108 fatorial considerando a idade do hospedeiro e hospedeiro natal como fatores principais utilizando-
1109 se PROC GLM pelo SAS (SAS Institute 2001).

1110
1111

Resultados

1112 **Tabela de vida de fertilidade de *Tetrastichus howardi* Parasitando *Plutella xylostella*.**
1113 Parasitoide criados em pupas de *T. molitor* apresentaram maior taxa líquida de reprodução (R_0) (P
1114 $< 0,013$) e taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) ($P < 0,003$), em comparação aqueles
1115 criados sobre *P. xylostella* (Tabela 1). O tempo médio de geração (T) ($P = 0,277$) variou de 20,9 a
1116 21,0 dias, não havendo diferença significativa entre tratamentos. A sobrevivência das fêmeas de *T.*
1117 *howardi* foi influenciada pelo hospedeiro natal (Fig 1), onde a longevidade dos parasitoides

1118 emergidos de *T. molitor* viveram mais do que daqueles emergidos de *P. xylostella* ($\chi^2 = 9,11$; P
1119 $<0,05$).

1120 **Número de Gerações.** Com base nas temperaturas médias entre 2011 à 2021 para o município de
1121 Chã Grande, PE e exigências térmicas de *T. howardi* e *P. xylostella*, estimou-se que *T. howardi* tem
1122 condições de desenvolver em média 1,29 gerações/mês e a *P. xylostella* tem condições de
1123 desenvolver em média 1,56 gerações/mês. (Fig 2). Com isso estima-se o número de 19 gerações
1124 por ano para *P. xylostellas* e 16 gerações para *T. howardi*.

1125 **Comportamento de Busca e Taxa de Parasitismo de *Tetrastichus howardi* sobre *Plutella***
1126 ***xylostella*.** Fêmeas emergidas de *P. xylostella* apresentaram resposta positiva e significativamente
1127 maior para odores dos hospedeiros contrastados aos controles FS ou AR (Fig. 3). Não houve
1128 diferença significativa na primeira escolha das fêmeas quando expostas às combinações de AR vs
1129 FS ($\chi^2 = 0,10$; P = 0,75), PPPX vs FLPX ($\chi^2 = 0,10$; P = 0,75), PTM versus FLPX ($\chi^2 = 0,10$; P =
1130 0,75), PTMvs PPPX ($\chi^2 = 0,00$; P = 1).

1131 Similarmente, a primeira escolha de fêmeas de *T. howardi* emergidas de *T. molitor* foi
1132 significativamente maior para odores dos hospedeiros em comparação aos controles FS ou AR (Fig.
1133 4). Contudo, não houve diferença entre tratamentos em relação à primeira escolha nos tratamentos
1134 AR vs FS ($\chi^2 = 0,40$; P = 0,52), PPPX vs FLPX ($\chi^2 = 0,10$; P = 0,75), PTM vs PPPX ($\chi^2 = 0,10$; P
1135 = 0,75), e PTM vs FLPX ($\chi^2 = 0,00$; P = 1).

1136 Em relação ao tempo de permanência das fêmeas de *T. howardi*, fêmeas emergidas de *P.*
1137 *xylostella* permaneceram significativamente mais tempo no odor ofertado do hospedeiro em relação
1138 aos controles (FS) ou (AR) (Fig. 5), exceto nas combinações AR vs FS ($\chi^2 = 0,87$; P = 0,39), PPPX
1139 vs FLPX ($\chi^2 = 0,78$; P = 0,44), PTM vs FLPX ($\chi^2 = 0,76$; P = 0,45) e PTM vs PPPX ($\chi^2 = 0,50$; P =
1140 0,96).

1141 O tempo de permanência das fêmeas de *T. howardi* emergidas de *T. molitor*, foi
1142 significativamente maior para odores dos hospedeiros em comparação às plantas saudáveis ou ar limpo
1143 (Fig. 6). Contudo, não houve diferença entre os tratamentos AR vs FS ($\chi^2 = 0,90$; P = 0,38), PPPX
1144 vs FLPX ($\chi^2 = 0,23$; P = 0,81), PTM vs FLPX ($\chi^2 = 0,28$; P = 0,21) e PTM vs PPPX ($\chi^2 = 0,70$; P
1145 = 0,49).

1146 Independente do hospedeiro natal, pupas de *T. molitor* ou *P. xylostella* no parasitismo de *T.*
1147 *howardi* não foi afetada ($F_{1,58} = 0,76$; P = 0,468) Também não se observou efeito do hospedeiro
1148 natal quanto ao parasitismo de larvas, pré-pupas e pupas de *P. xylostella* por *T. howardi* ($F_{2,58} =$
1149 $0,55$; P = 0,460), visto que fêmeas do parasitoide oriundas de ambos tratamentos demonstraram
1150 maior preferência por pupas comparadas a pré-pupas e larvas de terceiro instar de *P. xylostella*.
1151 ($F_{4,69} = 69,68$; P < 0,001) (Fig. 7).

1152 **Discussão**

1153 Diante dos resultados obtidos neste estudo são os primeiros a demonstrar que *T. howardi* não
1154 altera seu potencial de parasitismo de *P. xylostella* nem comportamento de atração para esse
1155 hospedeiro quando criado sobre pupas de *T. molitor*. Outros estudos demonstraram que além de
1156 pupas de *T. molitor*, pupas de *A. gemmatilis* e *S. frugiperda* (Alvarenga 2020), também têm
1157 potencial como hospedeiros alternativos para criação desse parasitoide em laboratório.

1158 Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade desse parasitoide demonstram que a taxa
1159 líquida de reprodução (R_0) de *T. howardi* criado em *T. molitor* foi maior em comparação àqueles
1160 criados em *P. xylostella*. Essa diferença provavelmente está relacionada ao tamanho do hospedeiro,
1161 visto que a pupa de *T. molitor* é em média 185 mg mais pesada que pupas de *P. xylostella*,
1162 consequentemente a qualidade e disponibilidade dos recursos nutricionais que são ofertados por
1163 cada hospedeiro podem interferir nos parâmetros de crescimento populacional do agente de controle
1164 biológico. Com relação à taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), esta é componente

1165 importante na determinação de parâmetros, pois indica se a espécie será bem sucedida em
1166 determinado ambiente ou hospedeiro. (Pedigo & Zeiss 1996, Fernandes *et al.* 2021). Nesse estudo,
1167 o hospedeiro natal *T. molitor* permitiu melhor quando comparado a *P. xylostella* para produção de
1168 *T. howardi* em laboratório, visto que o parasitoide apresentou nele maior potencial biótico.
1169 Provavelmente essa diferença também está relacionada ao tamanho do hospedeiro e dessa forma,
1170 parasitoides gregários que se desenvolvem em hospedeiros maiores tem maior quantidade de
1171 recurso disponível para deposição de mais ovos e o desenvolvimento de maior número de
1172 descendentes. Isso indica que o crescimento populacional do parasitoide sobre hospedeiro
1173 alternativo seria maior devido ao maior número de fêmeas produzidas, portanto ideal para criação
1174 massal em laboratório. Apesar dessas diferenças, as quais são muito importantes do ponto de vista
1175 de produção massal de inimigo natural para liberações, *T. howardi* foi capaz de parasitar e completar
1176 o ciclo sobre *P. xylostella* em tempo de geração semelhante ao desenvolvimento no hospedeiro
1177 alternativo. Assim espera-se que quando liberado em campo, *T. howardi* possa parasitar *P.*
1178 *xylostella* e o tempo de geração não seja afetado por esse hospedeiro. Além disso, a ocorrência em
1179 campo de brássicas parasitando pupas de *P. xylostella* demonstra que *T. howardi* pode contribuir
1180 para controle da traça-das-crucíferas também de forma natural.

1181 Espera-se que os parasitoides sejam capazes de localizar, reconhecer e distinguir potenciais
1182 hospedeiros que sejam ideais para desenvolvimento da progênie. Outros estudos apontam que para
1183 várias espécies de parasitoides os compostos químicos (voláteis ou não) do hospedeiro, são muito
1184 importantes no processo de localização e seleção (reconhecimento e aceite) dos mesmos (Cobert
1185 1985, Vinson 1976). Além disso, métodos de criação do parasitoide, podem influenciar diretamente
1186 no desempenho, reprodução e capacidade de forrageamento, uma vez que parasitoides evoluíram
1187 para respostas ajustadas a voláteis emitidos tanto pelos hospedeiros, como por plantas atacadas por
1188 hospedeiros (Kessler 2011, Poelman *et al.* 2012). Portanto, características químicas dos hospedeiros

1189 usados em criações massais (hospedeiro natal) podem condicionar a resposta comportamental dos
1190 parasitoides e alterar a capacidade de parasitismo após liberação em campo. Por exemplo, Bodino
1191 *et al.* (2016) verificaram a seleção de hospedeiros influenciada pela experiência natal no parasitoide
1192 *Necremnus tutae* (Reuter) (Hymenoptera: Eulophidae) e sugeriram que a experiência afetou a
1193 preferência desse parasitoide, que preferiu mistura de voláteis da planta hospedeira e do hospedeiro
1194 em comparação aos voláteis de plantas não hospedeiras. Similarmente, Kher *et al.* (2017) estudou
1195 o comportamento de *Tetrastichus julis* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) e relataram que pistas
1196 olfativas associadas ao hospedeiro provocam mudança comportamental no parasitoide e são
1197 importantes componentes no comportamento de busca, ocorrendo plasticidade em resposta às pistas
1198 do hospedeiro. Além disso, outros estudos também demonstraram que condicionamento pré-
1199 imaginal do parasitoide pode ocorrer quando adultos recém emergidos são expostos a estímulos
1200 químicos do hospedeiro natal e isso produz efeitos na resposta quimiosensora do parasitoide adulto
1201 (Thorpe 1939, Morris & Fellowes 2002, Gutiérrez-Ibáñez *et al.* 2007, Giunti *et al.* 2016, Pires *et*
1202 *al.* 2022). Dessa forma, é importante que hospedeiros alternativos usados em criações massais não
1203 alterem negativamente a busca e parasitismo de parasitoides. No presente estudo foi observado que
1204 pistas voláteis dos hospedeiros mediam o comportamento de *T. howardi* porque as fêmeas
1205 responderam preferencialmente aos odores liberados pelos hospedeiros em contraste aos controles
1206 (folha sadia e ar limpo). Entretanto, independentemente do hospedeiro natal, *T. howardi* respondeu
1207 de forma semelhante para odores de ambos os hospedeiros, não demonstrando condicionamento
1208 pré-imaginal a ponto de alterar a resposta comportamental do parasitoide.

1209 De forma complementar, a capacidade de parasitismo de *T. howardi* também não foi
1210 influenciada pelo hospedeiro natal havendo elevada taxa de parasitismo sobre pupas *P. xylostella*,
1211 mesmo com insetos oriundos do hospedeiro alternativo *T. molitor*. Entretanto, nos casos onde o
1212 hospedeiro natal foi *T. molitor* houve elevada mortalidade das pupas de *P. xylostella*, mas com baixa

1213 emergência de adultos do parasitoide. É provável que isso tenha ocorrido devido às fêmeas de *T.*
1214 *howardi* criadas em *T. molitor* serem maiores que aquelas emergidas de *P. xylostella*. Essa diferença
1215 de tamanho pode ter afetado tanto o número de ovos depositados por pupa como, a quantidade de
1216 veneno depositado no hospedeiro, levando-o à morte ou até mesmo dano mecânico no processo de
1217 oviposição. Outras espécies de eulofídeos, a exemplo de *Melittobia digitata* (Dahms)
1218 (Hymenoptera: Eulophidae) são conhecidas pela deposição de veneno no hospedeiro, causando
1219 parasilia, (Deyrup *et al.* 2006). Estudos subsequentes podem investigar efeitos do tamanho de *T.*
1220 *howardi* na taxa de mortalidade do hospedeiro devido a danos mecânicos e injeção de veneno, bem
1221 como implicações fisiológicas que podem ocorrer após parasitismo.

1222 Em relação ao parasitismo nas diferentes fases (larva de terceiro instar, pré-pupa e pupas),
1223 *T. howardi* teve o mesmo parasitismo quando oriundo de *T. molitor* ou de *P. xylostella*, parasitando
1224 todas fases da traça-das-crucíferas ofertadas nos tratamentos. No entanto, a preferência do
1225 parasitoide *T. howardi* oriundos tanto de *P. xylostella*, como de *T. molitor* por pupas da traça-das-
1226 crucíferas em relação as larvas de terceiro instar e pré-pupa, é evidenciado no estudo, sugerindo que
1227 essa fase é mais adequada para parasitismo e desenvolvimento da espécie. Pereira *et al.* (2015),
1228 avaliou a capacidade de parasitismo e emergência de *T. howardi* em larvas e pupas de *D.*
1229 *saccharalis* e observou a capacidade de parasitismo em larvas e pupas com parasitismo preferencial
1230 pela fase de pupa, sugerindo que a pupa de *D. saccharalis* é a fase hospedeira mais adequada para
1231 parasitismo e desenvolvimento por essa espécie. Além disso, Simonato *et al.* (2020) avaliaram a
1232 capacidade de parasitismo de *T. howardi* sobre pupas de *H. armigera* e observaram 100% de
1233 parasitismo, indicando que pupas são adequadas para desenvolvimento de *T. howardi*. Por fim,
1234 Favoreto *et al.* (2020) relataram 100% de mortalidade de pupas de *O. vesulia* sendo 80% de
1235 parasitismo e 20% de mortalidade devido a má formação das mesmas e alterações na cor e
1236 consistência do corpo da lagarta.

1237 Por fim, considerando as condições climáticas da região do Agreste de Pernambuco, onde
1238 existe produção de brássicas ao longo do ano devido as condições climáticas favoráveis de clima e
1239 também por ser local de ocorrência natural de *T. howardi* (Silva-Torres *et al.* 2010) foram estimados
1240 número de gerações desse inimigo natural frente ao hospedeiro *P. xylostella*. Assim, com base nas
1241 exigências térmicas de *T. howardi* e *P. xylostella*, foi determinado que o parasitoide poderá
1242 completar até 16 gerações/ano, sendo três gerações a menos que a praga. Isso significa que o número
1243 de gerações de *T. howardi* é sempre inferior ao de *P. xylostella*, havendo disponibilidade de
1244 alimentos para se manter na região. Assim, uma alternativa interessante seria liberações inundativas
1245 desse parasitoide obtido através de criações laboratoriais sobre *T. molitor* visando o controle
1246 biológico aplicado. Além do controle biológico exercido por *T. howardi*, outras espécies de
1247 inimigos naturais de ocorrência natural, tais como *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov)
1248 (Hymenoptera: Eulophidae), *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae), *Podisus*
1249 *nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae), vespas, formigas, etc (Silva-Torres *et al.* 2010b, Lira *et al.*
1250 2019) podem contribuir para manejo dessa praga e devem ser conservadas dentro do MIP (manejo
1251 integrado de pragas).

1252 Portanto, podemos concluir que através dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade, o
1253 parasitoide *T. howardi* tem potencial de parasitismo sobre pupas de *P. xylostella*. Entretanto, a
1254 produção em larga escala em laboratório visando liberações inundativas para controle da traça-das-
1255 crucíferas deve ocorrer preferencialmente sobre hospedeiro alternativo *T. molitor* devido maior
1256 produção de fêmeas e rápido crescimento populacional, além do menor custo e metodologia de
1257 criação já estabelecida. Adicionalmente, observamos que a resposta olfativa do parasitoide aos
1258 voláteis da praga alvo (*P. xylostella*), bem como a taxa de parasitismo não são alteradas devido à
1259 ausência de condicionamento pré-imaginal pelo hospedeiro alternativo. Dessa forma, o parasitoide

1260 *T. howardi* é mais um aliado no manejo de brássicas que poderá contribuir de forma significativa
1261 para redução populacional de *P. xylostella*.

1262

1263

Agradecimentos

1264

1265 A pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
1266 (CAPES), código de financiamento 001 com bolsa de estudo para RJSSM através do
1267 CAPES/PROEX.

1268

1269

Literatura citada

1270

1271 **Agritempo. 2020.** Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. [https://www.agritempo.gov.](https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=PE)
1272 [br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=PE](https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/PesquisaClima/index.jsp?siglaUF=PE)

1273

1274 **Alvarenga, T.M. 2020.** Hospedeiros alternativos para a criação em massa do parasitoide
1275 *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae). Dissertação de mestrado 23p.

1276

1277 **Barratt, B.I.P., V.C. Moran, F. Bigler & J.C. Van Lenteren. 2018.** The status of biological
1278 control and recommendations for improving uptake for the future. *Biocontrol* 63: 155-167.

1279

1280 **Barros, R. & J.D. Vendramim. 1999.** Efeito de cultivares de repolho, utilizadas para criação de
1281 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), no desenvolvimento de *Trichogramma*
1282 *pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* 28: 3.

1283

1284 **Bodino, N., C. Ferracini & L. Tavella. 2016.** Is host selection influenced by natal and adult
1285 experience in the parasitoid *Necremnus tutae* (Hymenoptera: Eulophidae)? *An. Behav.* 112:
1286 221–228.

1287

1288 **Bueno, V.H.P. 2009.** Controle biológico de Pragas. Produção massal e controle de qualidade.
1289 Lavras, Editora UFLA, 430p.

1290

1291 **Carey, J.R. 1993.** Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford
1292 University Press, New York, 33p.

1293

1294 **Corbet, S.A. 1985.** Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. *Ecol.*
1295 *Entomol.*10: 143–153.

1296

1297 **De Bach, P. 1965.** Book review by fdb-biological control of insect pests and weeds. *Trop.*
1298 *Agric.* 42: 2.

1299
1300 **Deyrup, L.D., D.B. Rivers & R.W. Matthews. 2006.** Venom from the ectoparasitic wasp
1301 *Melittobia digitata* (Hymenoptera: Eulophidae) induces paralysis and developmental delay in
1302 natural and factitious hosts. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99: 1199–1205
1303
1304 **Etebari, K., M.H. Afrad, B. Tang, R. Silva, M.J. Furlong & S. Asgari. 2018.** Involvement of
1305 microRNA miR-2b-3p in regulation of metabolic resistance to insecticides in *Plutella*
1306 *xylostella*. *Insect Mol. Biol.* 24: 478–491.
1307
1308 **Favero, K., F.F. Pereira, J.B. Torres, H.N. Oliveira, S.O. Kassab & J.C. Zanuncio.**
1309 **2015.** Reproduction of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) in *Diatraea*
1310 *saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) pupae at different temperatures. *Entomol. Fla.* 865–869.
1311
1312 **Favoreto, A.L., R.F. Pavani, M.F. Ribeiro, A.J.V. Zanuncio, M.A. Soares, J.C. Zanuncio, J &**
1313 **C.F. Wilcken. 2020.** *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae): first report of
1314 parasitism in *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). *Bras. J. Biol.* 81: 406–410.
1315
1316 **Fernandes, E.C., M.M. Souza, D.E. Nava, J.G. Silva & E.L. Araujo. 2021.** Fertility life table
1317 and biology of *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) in the larvae of *Ceratitis*
1318 *capitata* (Diptera: Tephritidae). *Bull. Entomol. Res.* 111: 182–189.
1319
1320 **Ferreira, N.G.P., F.F. Pereira, F.L.G. Borges, C. Rossoni, A.S. Silva & S.O. Kassab. 2016.**
1321 Multiplicar *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) en la oruga de la seda afecta su
1322 biología? *Acta Biol. Colombiana* 21: 189–193.
1323
1324 **Floriano, E.T., F.P. Fagundes, S.K. Oliveira, B.R. Hidalgo, C.R.C. Garcia & J. . Zanuncio.**
1325 **2018.** Biological quality of *Tetrastichus howardi* (Hym.: Eulophidae) reared with *Tenebrio*
1326 *molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae after storage at low temperatures for different
1327 periods. *Peer J* 6: 2686.
1328
1329 **Giunti, G., G. Benelli, R.H. Messing & A. Canale. 2016.** Early adult learning affects host
1330 preferences in the tephritid parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Pest.*
1331 *Sci.* 89: 529–537.
1332
1333 **Golizadeh, A., K. Kamali, Y. Fathipour & H. Abbasipour. 2009.** Effect of temperature on life
1334 table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host
1335 plants. *J. Asia-Pacific Entomol.* 12: 207–212.
1336
1337 **González, J.F.A. 2004.** Estudios Bioecológicos, Reproducción Artificial y Liberación de
1338 *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), Parasitoide Pupal de *Diatraea*
1339 *saccharalis* (Fab.) en Cuba. Tese (Doutorado em Ciências Agrícolas). Universidad Central de
1340 Las Villas. Santa Clara, Cuba, 179 pp.
1341
1342 **Gutiérrez-Ibáñez, C., C.A. Villagra & H.M. Niemeyer. 2007.** Pre-pupation behaviour of the
1343 aphid parasitoid *Aphidius ervi* (Haliday) and its consequences for pre-imaginal
1344 learning. *Naturwissenschaften* 94: 595–600.
1345

- 1346 **Heimpel, G E. 2019.** Linking parasitoid nectar feeding and dispersal in conservation biological
1347 control. *Biocontrol*. 132: 36–41.
1348
- 1349 **Hoffmann Schlesener, D.C., J. Wollmann, A.P. Krüger, A.M. Nunes, D. Bernardi & F.R.M.**
1350 **Garcia. 2018.** Biology and fertility life table of *Drosophila suzukii* on artificial diets. *Entomol.*
1351 *Exp. Appl.* 166: 932–936.
1352
- 1353 **Hondo, T., A. Koike & T. Sugimoto. 2006.** Comparison of thermal tolerance of seven native
1354 species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against
1355 *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Appl. Entomol. Zool.* 41: 73–82.
1356
- 1357 **Hopkins, A.D. 1917.** Contribution to discussion. *J. Econ. Entomol.* 10: 92–93.
1358
- 1359 **Jaenike, J. 1983.** Induction of host preference in *Drosophila melanogaster*. *Oecologia* 58: 320–
1360 325.
1361
- 1362 **Jalalipour, R., A. Sahragard, K.H. Madahi & A. Karimi-Malati. 2017.** Comparative life table
1363 of *Aphis craccivora* (Hem.: Aphididae) on host plant, *Robinia pseudoacacia* under natural and
1364 laboratory conditions. *J. Entomol.* 36: 249–257.
1365
- 1366 **Jiménez, L.A.L., M. Giraldo-Jaramillo & P. Benavides-Machado. 2020.** Life cycle and fertility
1367 life table of *Zelus vespiformis* (Hemiptera: Reduviidae). *J. Entomol.* 4: 10–16.
1368
- 1369 **Kessler A. & M. Heil. 2011.** The multiple faces of indirect defences and their agents of natural
1370 selection. *Funct. Ecol.* 25: 348–357.
1371
- 1372 **Kfir, R., J. Gouws & S.D. Moore. 1993.** Biology of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera:
1373 Eulophidae): a facultative hyperparasitoid of stem borers. *Biocontrol Sci. Tech.* 3: 149–159.
1374
- 1375 **Kher, S.V., H.A. Cárcamo, M.L. Evenden & L.M. Dossdall. 2017.** Olfactory host-finding
1376 behaviour of *Oulema melanopus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and its parasitoid, *Tetrastichus*
1377 *julis* (Hymenoptera: Eulophidae). *J. Appl. Entomol.* 141: 740–750.
1378
- 1379 **Lenteren, J.C.V. & M.G. Tommasini. 1999.** Mass production, storage, shipment and quality
1380 control of natural enemies. In *Integrated pest and disease management in greenhouse crops.*
1381 Springer 276-294 pp.
1382
- 1383 **Li, Z., X. Feng, S.S. Liu, M. You & M.J. Furlong. 2016.** Biology, ecology, and management of
1384 the diamondback moth in China. *Annu. Rev. Entomol.* 61: 277–296.
1385
- 1386 **Lins, J., J. Caldeira, V.H.P. Bueno, D.B. Silva, M.V. Sampaio & J.C. Van Lenteren. 2011.**
1387 *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), a natural enemy of *Macrosiphum*
1388 *euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae): Life table and intrinsic rate of population increase. *Eur. J.*
1389 *Entomol.* 108: 4.
1390

- 1391 **Lira, R., D.V. Nascimento, J.B. Torres & H.A.A. Siqueira. 2019.** Predation on diamondback
1392 moth larvae and aphid by resistant and susceptible lady beetle, *Eriopis connexa*. Neot.
1393 Entomol. 48: 909-918.
1394
- 1395 **Lucchetta, J.T. 2016.** Parasitismo e desenvolvimento de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera:
1396 Eulophidae) em lagartas e pupas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).
1397 Dissertação de mestrado. 16-17pp.
1398
- 1399 **Magalhães, D.M., M. Borges, M. R.A. Laumann, E.R. Sujii, P. Mayon, J.C. Caulfield, C.A.**
1400 **Midega, Z.R. Khan, J.A. Pickett, M.A. Birkett, M.C. Blassioli-Moraes. 2012.**
1401 Semiochemicals from herbivory induced cotton plants enhance the foraging behavior of the
1402 cotton boll weevil, *Anthonomus grandis*. J. Chem. Ecol. 38: 1528–1538.
1403
- 1404 **Maia, A.D.H., A.J. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life
1405 table parameters using jackknife technique: computational aspects. J. Econ. Entomol. 93: 511–
1406 518.
1407
- 1408 **Morris, R.J., M.D.E. Fellowes. 2002.** Learning and natal host influence host preference, handling
1409 time and sex allocation behaviour in a pupal parasitoid. Behav. Ecol. Sociobiol. 51: 386–393.
1410
- 1411 **Pedigo, L.P. & R.M. Zeiss. 1996.** Constructing life table for insect populations, Analyses in insect
1412 ecology and management. Iowa, Iowa State University Press.75–105p.
1413
- 1414 **Pedro, L., J. Tormos, J.D. Asís, B. Sabater-Muñoz & F. Beitia. 2018.** Biology of *Aganaspis daci*
1415 (Hymenoptera: Figitidae), parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): Mode of
1416 reproduction, biological parameters and superparasitism. Crop Prot. 108: 54–61.
1417
- 1418 **Pereira F.F., S.O. Kassab, E.L. Vargas, V.R.F. Calado, H.N. Oliveira & J.C. Zanuncio. 2015.**
1419 Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on the
1420 caterpillars pupae and adults of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). Fla. Entomol.
1421 95: 384–387.
1422
- 1423 **Pereira, F.F., P.L. Pastori, S.O. Kassab, J.B. Torres, C.R.G. Cardoso, V.C. Fernandes, N.H.**
1424 **Oliveira, J.C. & Zanuncio. 2021.** Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas. In: Parra,
1425 J.R.P.; Pinto, A.S.; Nava, D.E.; Oliveira, R.C.; Diniz, A.J.F. (Org.). Controle Biológico com
1426 parasitoides e predadores na agricultura brasileira. 1ed.Piracicaba: FEALQ, v. 1, p. 317-361.
1427
- 1428 **Pires, P.D.D.S., J. Sant'Ana, L.R. Redaelli & N.A. Leite. 2022.** Chemotaxis and parasitism of
1429 the Neotropical fruit fly parasitoid *Ganaspis pelleranoi* can be altered by pre-imaginal and
1430 imaginal conditioning to fruit volatiles. Entomol. Exp. Appl. 170: 419–426.
1431
- 1432 **Poelman, E.H., M. ruinsma, F. Zhu, B.T. Weldegergis, A.E. Boursault., Y. Jongema & M.**
1433 **Dicke. 2012.** Hyperparasitoids use herbivore-induced plant volatiles to locate their parasitoid
1434 host. PLoS biology 10: e1001435.
1435

- 1436 **Prasad, K.S., A.S. Aruna, V. Kumar & B.K. Kariappa. 2007.** Feasibility of mass production of
 1437 *Tetrastichus howardi* (Olliff) a parasitoid of leaf roller (*Diaphania pulverulentalis*) on *Musca*
 1438 *domestica* (L.). Indian. J. Seric. 46: 404 89–91.
 1439
- 1440 **Qu, Y., D. Xiao, J. Liu, Z. Chen, L. Song, N. Desneux & D. Song. 2017.** Sublethal and hormesis
 1441 effects of beta-cypermethrin on the biology, life table parameters and reproductive potential of
 1442 soybean aphid *Aphis glycines*. Ecotoxicology 26: 1002–1009.
 1443
- 1444 **Rodrigues, A., F.F Pereira, P.R. Barbosa, C.S.Silva-Torres & J.B. Torres. 2021.** Parasitism
 1445 behavior of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on larvae and pupae of
 1446 sugarcane borers. J. Insect Behav. 34: 71–81.
 1447
- 1448 **SAS Institute. 2001.** SAS users guide, Version 8 for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
 1449
- 1450 **Silva-Torres, C.S., I.V. Pontes, J.B. Torres & R. Barros. 2010.** New records of natural enemies
 1451 of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. Neot. Entomol. 39:
 1452 835–838 (b).
 1453
- 1454 **Silva-Torres, C.S., R. Barros & J.B. Torres. 2009.** Efeito da idade, fotoperíodo e disponibilidade
 1455 de hospedeiro no comportamento de parasitismo de *Oomyzus sokolowskii* Kurdjumov
 1456 (Hymenoptera: Eulophidae). Neot. Entomol. 38: 512–519.
 1457
- 1458 **Silva-Torres, C.S., R.M. Matthews, J.R. Ruberson & W.J. Lewis. 2005.** Role of chemical cues
 1459 and natal rearing effect on host recognition by the parasitic wasp *Melittobia digitata*. Entomol.
 1460 Sci. 8: 355–362.
 1461
- 1462 **Silva-Torres, C.S.A., J.B. Torres, R. Barros & A. Pallini. 2010b.** Parasitism of diamondback
 1463 moth by *Oomyzus sokolowskii*. Pesq. Agropecu. Bras. 45: 638–645.
 1464
- 1465 **Simonato, J., H.N. Oliveira, J.F. Grigolli, M.M.K. Grigolli & I.F. Silva. 2020.** Potential of the
 1466 parasitoid *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) on the control of
 1467 *Helicoverpa armigera* (Hüb.) (Lepidoptera: Noctuidae). J. Agri. Sci. 12: 7.
 1468
- 1469 **Soufbaf, M., A.A. Talebi, Z. Tazerouni & Y. Fathipour. 2018.** Bottom-up effect of two host
 1470 plants on life table parameters of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). J. Agric. Sci. Tech.
 1471 18: 179–190.
 1472
- 1473 **Southwood, T.R.E. & P.A. Henderson. 2000.** Ecological methods. Blackwell, Oxford, United
 1474 Kingdom, 592p.
 1475
- 1476 **Stenberg, J.A., I. Sundh, P.G. Becher, C. Björkman, M. Dube, P.A. Egan & M. Viketoft. 2021.**
 1477 When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. J.
 1478 Pest Sci. 94: 665–676.
 1479
- 1480 **Sun, B.T., K.S. Akutse, X.F. Xia, J.H. Chen, X. Ai, Y. Tang & M.S. You. 2018.** Endophytic
 1481 effects of *Aspergillus oryzae* on radish (*Raphanus sativus*) and its herbivore, *Plutella*
 1482 *xylostella*. Planta 248: 705–714.

1483
1484 **Thorpe, W.H. 1939.** Further studies on pre-imaginal olfactory conditioning in insects. Proc. R.
1485 Soc. Lond. 127: 424–433.
1486
1487 **Tiago, E.F., F.F. Pereira, S.O. Kassab, R.H. Barbosa, C.R.G. Cardoso, W.Y. Sanomia & J.C.**
1488 **Zanuncio. 2019.** Biological quality of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae)
1489 reared with *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae after cold storage. Fla.
1490 Entomol. 102: 571–576.
1491
1492 **Van Lenteren, J.C. & V.H. Bueno. 2003.** Controle biológico aumentativo de artrópodes na
1493 América Latina. Biocontrol 48: 123-139.
1494
1495 **Vinson, S.B. 1976.** Host selection by insect parasitoids. Ann. Rev. Entomol. 21: 109–133.
1496
1497 **Zalucki, M.P., A. Shabbir, R. Silva, D. Adamson, L. Shu-Sheng & M.J. Furlong. 2012.**
1498 Estimating the economic cost of one of the world’s major insect pests, *Plutella xylostella*
1499 (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? J. Econ. Entomol. 105: 1115–
1500 1129.
1501
1502 **Zamperline, B., J.C. Zanuncio, J.E.M. Leite, & M.A.L. Bragança. 1992.** Influence of *Tenebrio*
1503 *molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) feeding on nymphal development of *Podisus*
1504 *connexivus* Bergroth, 1891 (Hemiptera: Pentatomidae). Tree Magazine, 16: 224–230.
1505
1506 **Zhang, J.J., X. Zhang, L.S. Zang, W.M. Du, Y.Y. Hou, C.C. Ruan & N. Desneux. 2018.**
1507 Advantages of diapause in *Trichogramma dendrolimi* mass production on eggs of the Chinese
1508 silkworm, *Antheraea pernyi*. Pest Manag. Sci. 74: 959-965.
1509

1510 Tabela 1. Médias e intervalo de confiança (IC a 95% de probabilidade) para a taxa líquida
 1511 de reprodução (R_o), tempo médio de geração (T) e taxa intrínseca de crescimento (r_m) e de
 1512 *Tetrastichus howardi* criados em *Tenebrio molitor* ou *Plutella xylostella*.

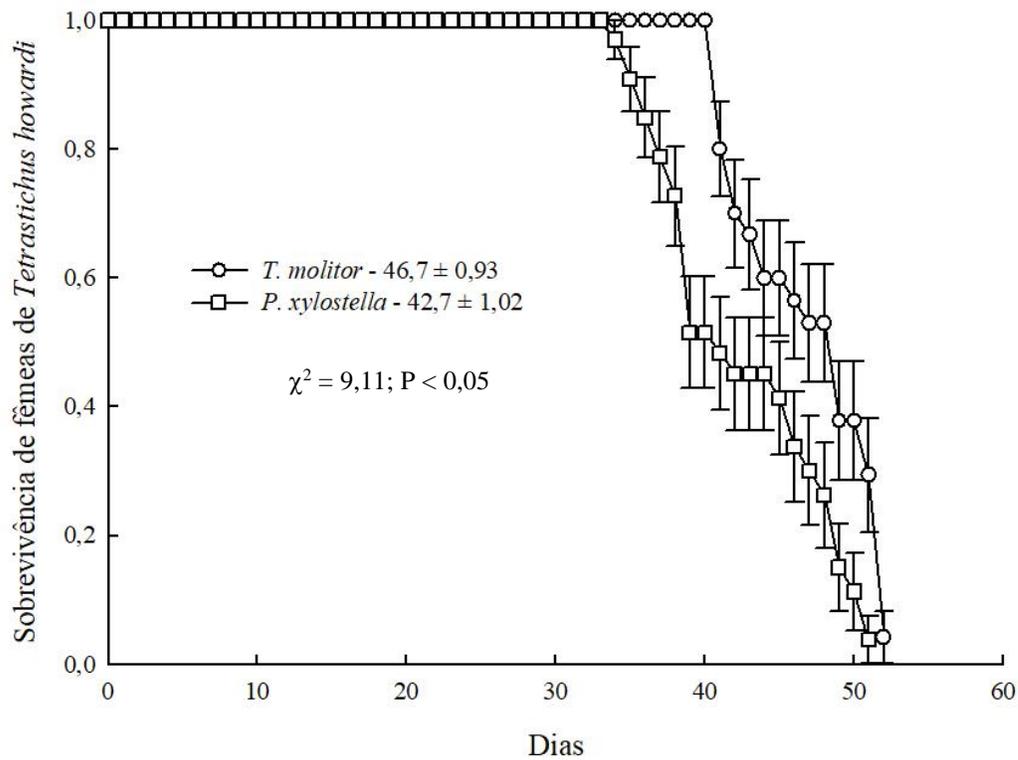
Parâmetros	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Plutella xylostella</i>	Estatística
R_o (♀/♀)	28,7 a (23,3 - 34,1)	13,6 b (11,2 - 15,9)	P = 0,013
T (dias)	21,0 a (20,4 - 21,6)	20,9 a (20,4 - 21,4)	P = 0,277
r_m (♀/♀*dia)	0,159 a (0,152 - 0,167)	0,124 b (0,117 - 0,132)	P = 0,035

1513 ¹Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre tratamentos pela sobreposição do IC
 1514 a 95% de probabilidade, calculados pelo método de Jackknife (Maia *et al.* 2000).

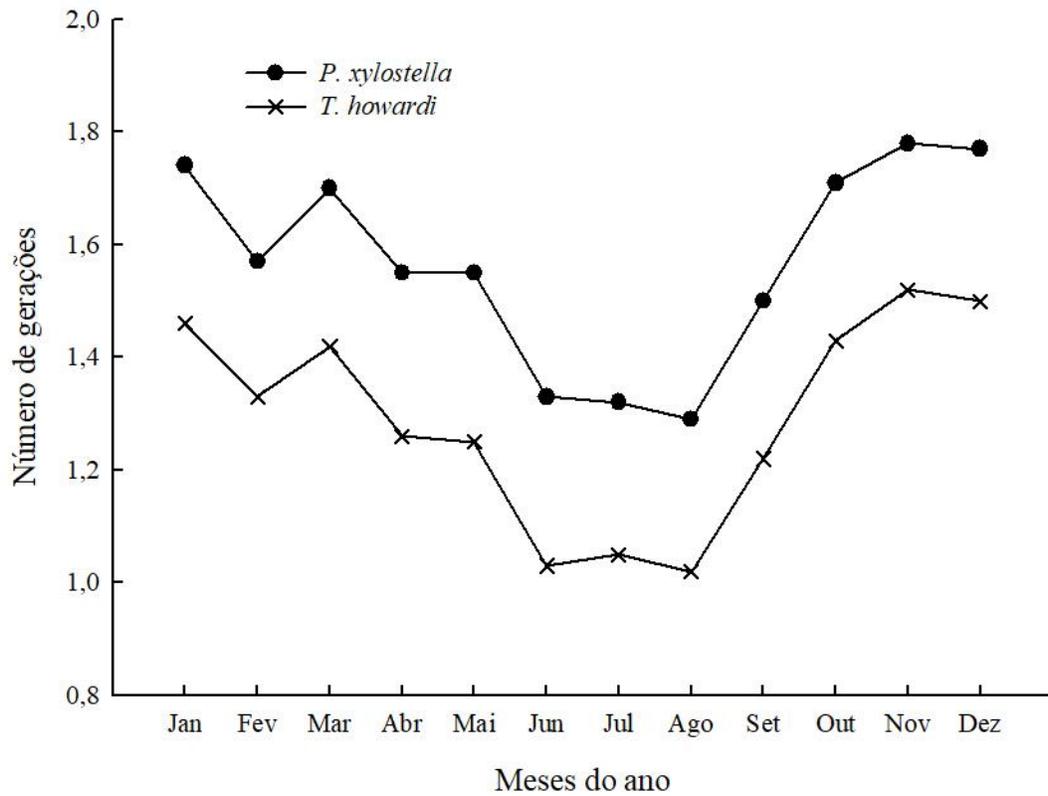
1515

1516

1517



1518
 1519 Figura 1. Sobrevivência de fêmeas adultas de *Tetrastichus howardi* emergidas de pupas de *Tenebrio*
 1520 *molitor* e *Plutella xylostella* criadas em condições de laboratório. ($25^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$) e foto período de
 1521 14 horas de luz. Curvas de sobrevivência estimadas pelo método de Kaplan-Meier e comparadas
 1522 pelo teste de Log-Rank ($\alpha = 0,05$).



1523

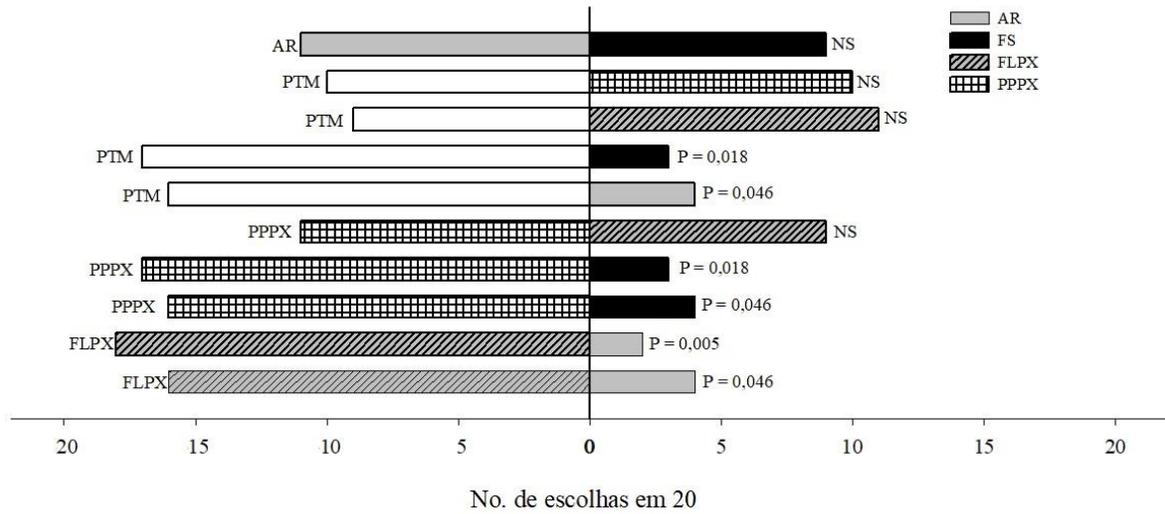
1524

1525 Figura 2. Estimativa do número médio de gerações de *Tetrastichus howardi* e *Plutella xylostella*

1526 para o município de Chã Grande - PE, principal região produtora de brássicas no Agreste do Estado

1527 de Pernambuco e de ocorrência natural de ambas as espécies.

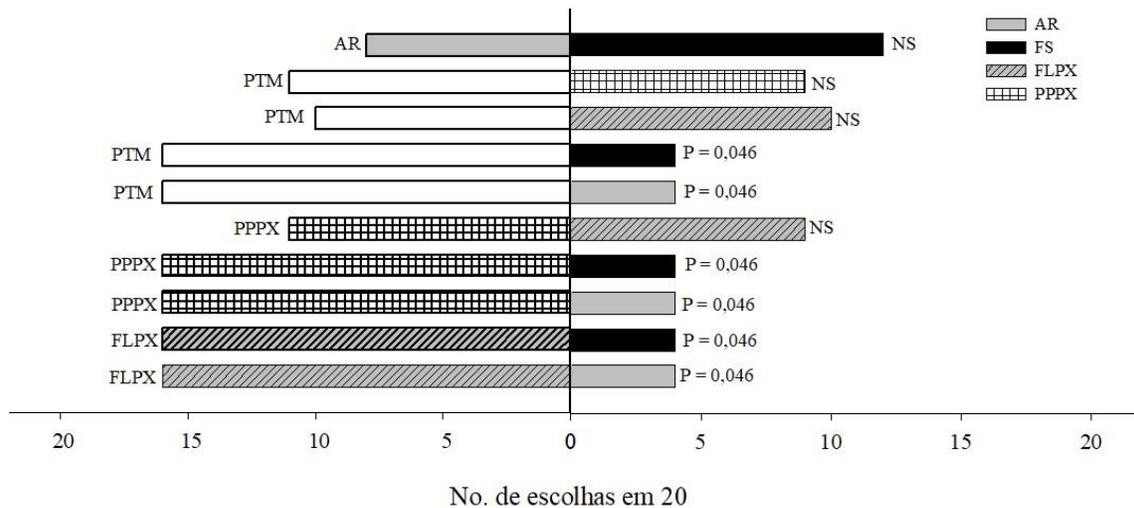
1528



1530
1531

1532 Figura 3. Primeira escolha de *Tetrastichus howardi* em olfatômetro Y, emergidos de *Plutella*
 1533 *xylostella* exposto a odores de pupas de *Tenebrio molitor*, larvas e pré-pupas de *Plutella xylostella*.
 1534 AR: ar limpo; FS: folha sadias; FLPX: folhas com larvas de 3^o instar de *P. xylostella*; PPPX: pré-
 1535 pupas de *P. xylostella*; PTM: pupas de *T. molitor*.

1536



1537

1538 Figura 4. Primeira escolha de *Tetrastichus howardi* em olfatômetro Y, emergidos de *Tenebrio*
 1539 *molitor* expostos a odores de pupas de *Tenebrio molitor*, larvas e pré-pupas de *Plutella xylostella*.

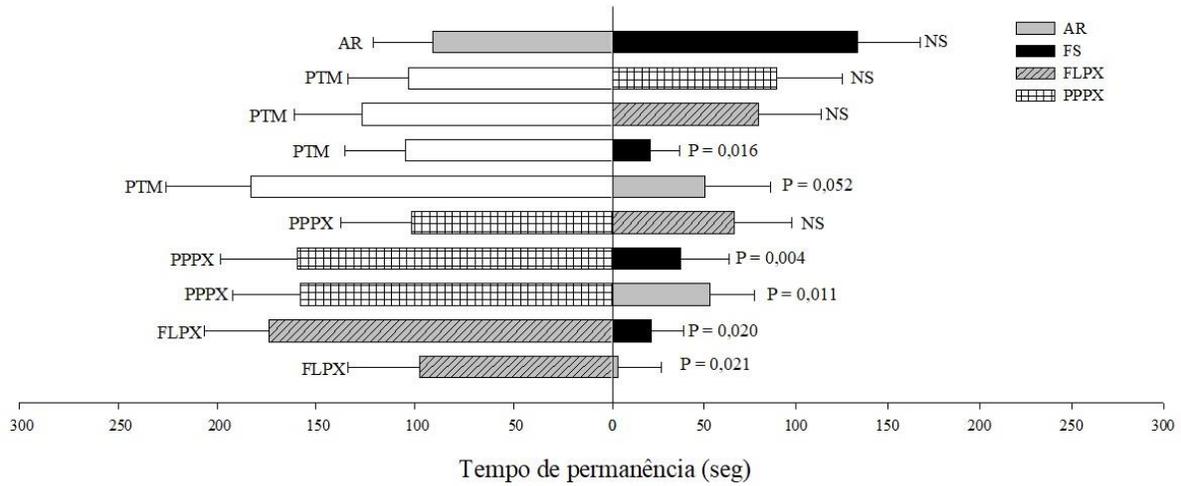
1540 AR: ar limpo; FS: folha sadias; FLPX: folhas com larvas de 3° instar de *P. xylostella*; PPPX: pré-
 1541 pupas de *P. xylostella*; PTM: pupas de *T. molitor*.

1542

1543

1544

1545



1546

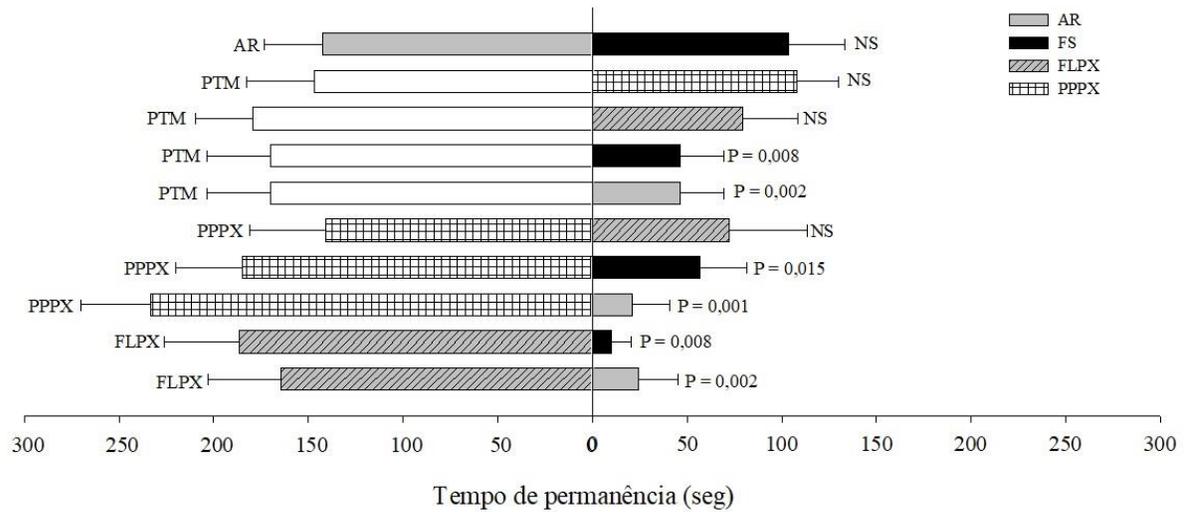
1547 Figura 5. Média (\pm EP) do tempo de permanência de *Tetrastichus howardi* em olfatômetro Y,
1548 emergidos de *Plutella xylostella* exposto a odores de pupas de *Tenebrio molitor*, larvas e pré-pupas
1549 de *Plutella xylostella*. AR: ar limpo; FS: folha sadias; FLPX: folhas com larvas de 3° instar de *P.*
1550 *xylostella*; PPPX: pré-pupas de *P. xylostella*; PTM: pupas de *T. molitor*.

1551

1552

1553

1554



1555

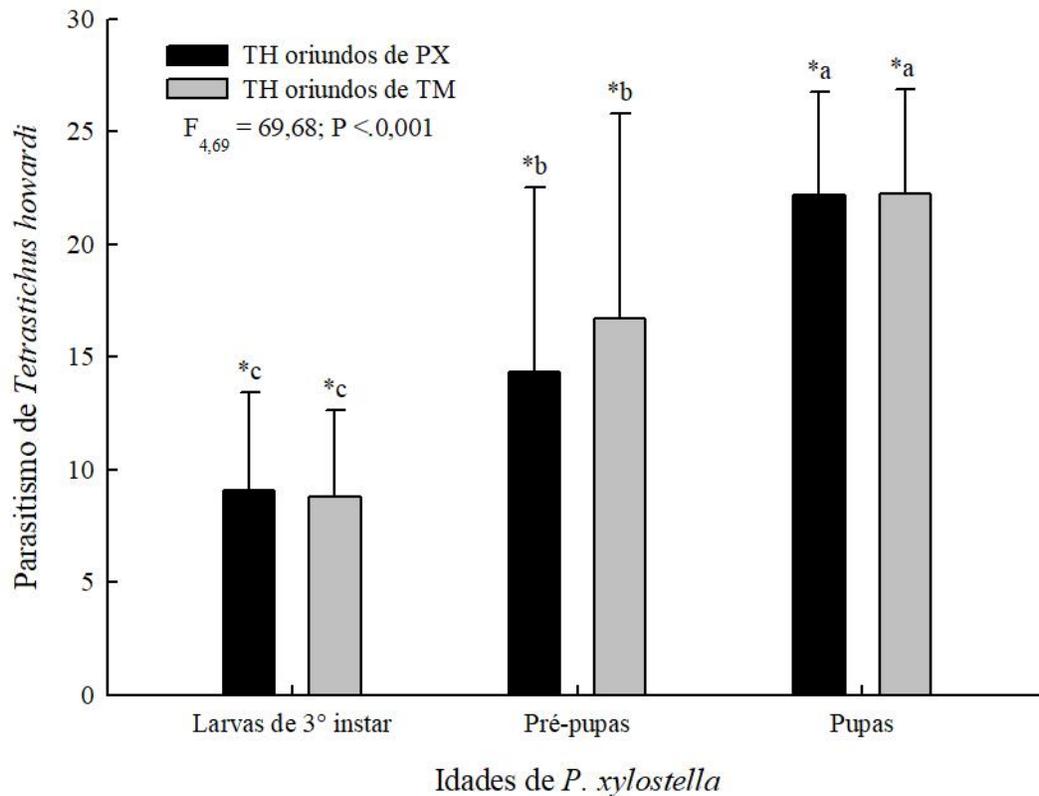
1556 Figura 6. Média (\pm EP) do tempo de permanência de *Tetrastichus howardi* em olfatômetro Y,

1557 emergidos de *Tenebrio molitor* exposto a odores de pupas de *Tenebrio molitor*, larvas e pré-pupas

1558 de *Plutella xylostella*. AR: ar limpo; FS: folha sadias; FLPX: folhas com larvas de 3° instar de *P.*

1559 *xylostella*; PPPX: pré-pupas de *P. xylostella*; PTM: pupas de *T. molitor*.

1560



1561

1562 Figura 7. Média (\pm EP) de parasitismo de *P. xylostella* pelo parasitoide *Tetrastichus howardi*

1563 previamente criado em *Tenebrio molitor* e em *Plutella xylostella*. Asterísco (*), significa que não

1564 houve diferença entre o parasitismo de *T. howardi* independente do hospedeiro e as médias seguidas

1565 de mesma letra não diferem significativamente entre si ($\alpha = 0,05$). TH: *Tetrastichus howardi*; PX:

1566 *Plutella xylostella*; TM: *Tenebrio molitor*.

1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587

1588
1589
1590
1591
1592

CAPÍTULO 3

SUSCETIBILIDADE DE *Tetrastichus howardi* (OLLIFF) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)
AOS INSETICIDAS CIANTRANILIPROLE E ESPINETORAM ¹

RIAN J. S. S. MORAES¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois
Irmãos, Recife - PE, 52171-900.

¹Moraes, R.J.S.S. Suscetibilidade de *Tetrastichus howardi* (Olliff (Hymenoptera: Eulophidae) aos inseticidas ciantraniliprole e espinetoram. A ser submetido.

1593
1594 RESUMO - O manejo integrado de pragas (MIP) baseia-se na utilização de várias táticas de controle
1595 para redução de populações de pragas. Assim, a utilização conjunta de inseticidas sintéticos e
1596 agentes de controle biológico é desejável, mas dificultada por possíveis efeitos negativos dos
1597 inseticidas sobre organismos não-alvo. Nos cultivos de brássicas, *Plutella xylostella* (L.) é alvo de
1598 aplicações de diferentes inseticidas, mas pode também ser parasitada por *Tetrastichus howardi*
1599 (Olliff). Nesse estudo foi avaliada a suscetibilidade de *T. howardi* ao resíduo seco dos inseticidas
1600 ciantranilprole e espinetoram em superfície inerte e discos de folhas tratados, nas dosagens de
1601 campo (10 g de i.a./ha e 25 g de i.a./ha, respectivamente) e 50% dessas dosagens e ao longo do
1602 tempo (2 a 192 horas após pulverização). Independente do tempo desde aplicação do inseticida ou
1603 concentração do resíduo, os inseticidas avaliados não afetaram a sobrevivência de *T. howardi*. Além
1604 disso, o resíduo seco de ciantranilprole e espinetoram nas CL₂₅ e CL₅₀ estimadas para lagartas de
1605 segundo instar de *P. xylostella* em folhas de couve ao longo do tempo não afetou a sobrevivência
1606 do parasitoide. Por fim, a exposição de *T. howardi* a larvas de *P. xylostella* contaminadas com
1607 resíduo dos inseticidas não afetou o parasitismo e emergência do parasitoide. Considerando o baixo
1608 impacto do ciantranilprole e espinetoram sobre *T. howardi*, estes agentes de controle podem ser
1609 adotados em conjunto no controle integrado de *P. xylostella* em cultivos de brássicas.

1610
1611 PALAVRAS-CHAVE: Traça-das-crucíferas, controle químico, controle biológico, seletividade de
1612 inseticidas.

1613

1614 SUSCEPTIBILITY OF *Tetrastichus howardi* (OLLIFF) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) TO
1615 CYANTRANILIPROLE AND SPINETORAM

1616
1617 ABSTRACT – Integrated pest management (IPM) is based on the use of various control tactics to
1618 reduce pest populations. Thus, the combined use of synthetic insecticides and biological control
1619 agents is aimed, but it is a challenge due to possible impact of insecticides on non-target organisms.
1620 In brassica crop fields, *Plutella xylostella* (L.) is a frequent target of different insecticide sprays, but
1621 it can also be parasitized by *Tetrastichus howardi* (Olliff). Nonetheless, not much is known about
1622 the response of this parasitoid to the insecticides applied against brassica pests. In this study, the
1623 susceptibility of *T. howardi* to the dry residue of the insecticides cyantranilprole and spinetoram
1624 was evaluated on inert surface and treated leaf discs, in the lethal dosages (10 g de i.a./ha and 25 g
1625 de i.a./ha, respectively) and 50% of theses dosagens, and along time (2 to 192 hours after spray),.
1626 Regardless since application of the insecticide or concentration of the residue, the tested insecticides
1627 did not affect *T. howardi* survival. In addition, dired residues of cyantranilprole and spinetoram at
1628 CL₂₅ and CL₅₀ estimated for second instar larvae of *P. xylostella* on kale along time did not affect
1629 *T. howard* isurvival. Finally, the exposure of *T. howardi* to contaminated larvae of *P. xylostella*
1630 either affected its parasitism capacity nor the emergency of parasitoid descendants. Considering the
1631 low impact of cyantranilprole and spinetoram to *T. howardi*, these control agents can be
1632 harmoniously combined in the integrated control of *P. xylostella* in brassica crops.

1633
1634 KEY WORDS: Diamondback moth, chemical control, biological control, insecticide selectivity.
1635

Introdução

1636
1637 Embora inimigos naturais (predadores, parasitoides e entomopatógenos) presentes nos
1638 agroecossistemas contribuam para manutenção da população de espécies fitófagas em níveis
1639 agronomicamente desejáveis (Klapwijk *et al.* 2016), em certos casos, medidas de controle curativas
1640 se fazem necessárias (Taggar & Gil 2016). Assim, a utilização de inimigos naturais e compostos
1641 químicos de origem sintética ou biológica podem ser implementados de forma integrada visando a
1642 redução populacional das espécies fitófagas (Torres & Bueno 2018, Baker *et al.* 2020). Para tanto,
1643 deve-se dar preferência aos inseticidas seletivos, caracterizados como aqueles capazes de reduzir a
1644 população da praga sem nenhum ou o mínimo impacto possível sobre espécies não alvo naquele
1645 agroecossistema (Fernandes *et al.* 2010, Silva *et al.* 2016, Bueno *et al.* 2017).

1646 A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), é especializada na
1647 família Brassicaceae (Truong *et al.* 2018). As larvas se alimentam do tecido foliar fazendo
1648 perfurações nas folhas (Sarfraz *et al.* 2005, Gao *et al.* 2018) e é hospedeira do endoparasitoide
1649 gregário *Tetastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), uma espécie generalista de
1650 ocorrência natural no agreste de Pernambuco, Brasil (Silva-Torres *et al.* 2010). Além de parasitar
1651 *P. xylostella*, com preferência nos últimos instares larvais, *T. howardi* também parasita pupas de
1652 *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) (Cruz *et al.* 2011, Rodrigues *et al.* 2021),
1653 *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Oliveira *et al.* 2016) e *Chilo partellus*
1654 (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) (La Salle & Polaszek 2007). Além de contribuir para o controle
1655 biológico natural, esse parasitoide pode ser liberado de forma inundativa em áreas de cultivo para
1656 complementar o controle de lepidópteros pragas (Rodrigues *et al.* 2021). Como o manejo integrado
1657 de pragas (MIP) prevê a utilização de diferentes táticas de controle de forma integrada e
1658 harmoniosa, é importante avaliar como agentes de controle biológico respondem à exposição aos
1659 inseticidas sintéticos mais frequentemente aplicados em cada agroecossistema (Baker *et al.* 2020).

1660 Visando a utilização harmoniosa dos controles químico e biológico no manejo de *P.*
1661 *xylostella*, esse trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho reprodutivo e sobrevivência de
1662 *T. howardi* exposto ao resíduo seco dos inseticidas ciantraniliprole e espinetoram em superfície
1663 inerte e disco de folhas de couve tratadas. Baseado na seletividade confirmada para algumas
1664 espécies de inimigos naturais, espera-se que estes inseticidas tenham baixo impacto sobre *T.*
1665 *howardi*.

1666

1667

Material e Métodos

1668 **Insetos.** A população de *P. xylostella* foi coletada no município de Chã Grande – PE (Latitude 08°
1669 14'18" e Longitude 35° 27'42"), sendo mantida no Laboratório de Comportamento de Insetos da
1670 UFRPE desde 2018, além das populações resistentes a ciantraniliprole e espinetoram, selecionadas
1671 por 20 gerações em laboratório. A população de *T. howardi* foi estabelecida a partir de insetos
1672 fornecidos pelo Laboratório de Ecologia e Controle Biológico de Insetos da mesma instituição.
1673 Ambas as criações foram mantidas em sala climatizada a 25 ± 1 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$
1674 e fotoperíodo de 12 horas. A criação de *P. xylostella* seguiu recomendações descritas por Barros &
1675 Vendramim (1999), sendo larvas mantidas em gaiolas plásticas transparentes, com abertura na
1676 tampa, recoberta por tecido fino e permeável, alimentadas até a fase de pupa com folhas de couve
1677 orgânica (*Brassica oleracea* var. manteiga) ofertadas diariamente. As pupas foram transferidas para
1678 tubos de vidro de fundo arredondado (16x100mm) até a emergência dos adultos. Cerca de 50 casais
1679 de *P. xylostella* foram transferidos para gaiolas plásticas transparentes (2 L) com formato
1680 arredondado e aberturas nas laterais recobertos com tecido fino e permeável que favorece a
1681 ventilação interna. Adultos foram alimentados com solução aquosa de mel a 10% ofertada em
1682 chumaços de algodão hidrófilo contido em recipiente plástico. Como substrato para oviposição foi
1683 disponibilizado recorte de folhas de couve, sendo este substituído diariamente para coleta das

1684 posturas do dia anterior. Folhas com posturas foram transferidas para placas de Petri de vidro (15
1685 cm diâmetro) até a eclosão das larvas, as quais foram transferidas para gaiolas semelhantes às
1686 anteriormente descritas.

1687 A população do parasitoide foi obtida através da criação em pupas de *Tenebrio molitor* (≤ 48 h),
1688 que foi mantida de acordo com metodologia proposta por Floriano *et al.* (2018). Para população
1689 originada de *T. molitor*, pupas foram individualmente expostas por 24 horas ao parasitismo por sete
1690 fêmeas de *T. howardi* em tubos de vidro (2 × 15 cm) fechados com algodão e contendo gotículas
1691 de mel como alimento. As pupas parasitadas foram mantidas nas condições previamente
1692 especificadas até emergência dos descendentes (Pereira *et al.* 2015). Todos os experimentos foram
1693 realizados com adultos de *T. howardi*, com até 48h de idade.

1694 **Soluções de Inseticidas.** Os inseticidas foram avaliados nas respectivas dosagens de bula
1695 recomendadas (= DR) contra *P. xylostella*, sendo para ciantraniliprole 100 mL p.c./ha e para
1696 espinetoram 100 g p.c./ha, e 50% dessas dosagens (= 0,5*DR). As soluções de inseticidas foram
1697 obtidas através da adição de 50 µL de ciantraniliprole (Benevia[®], 100g i.a/L, FMC Química do
1698 Brazil LTDA, Campinas, SP, Brasil) e 0,08 g de espinetoram (Delegate[®], 250g i.a/kg, Dow
1699 AgroSciences Industrial Ltda, Barueri, SP, Brasil) em 100 mL de solução aquosa do espalhante
1700 adesivo Agrex'Oil Vegetal[®] (930ml a.i./L, Microquímica Indústrias Químicas LTDA, Campinas,
1701 SP, Brasil) a 0,3%. Como tratamento controle utilizou-se apenas solução aquosa de espalhante
1702 adesivo.

1703 **Teste 1. Exposição ao Resíduo Seco.** Adultos de *T. howardi* foram expostos ao resíduo seco dos
1704 inseticidas ciantraniliprole e espinetoram em discos de folhas tratadas e superfície inerte. Para tanto,
1705 discos foliares (4,5 cm de diâmetro) foram cortados de couve manteiga proveniente de cultivo
1706 orgânico e imersos por 60 segundos nas soluções inseticidas ou controle. Em seguida, os discos
1707 foram distribuídos sobre papel toalha para secarem sob temperatura ambiente por 20 minutos,

1708 quando foram transferidos para placas de Petri de vidro (60 × 15 mm) forradas com papel filtro
1709 umedecido. Sobre esses discos foliares, adicionou-se ao centro um disco de papel alumínio (5 × 5
1710 mm) contendo uma gota de mel puro que serviu como alimento para os parasitoides. Após período
1711 de 48 horas, os discos foliares foram trocados por discos foliares tratados. Este bioensaio foi
1712 estabelecido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (Controle,
1713 DR-Ciantraniliprole, 0,5*DR-Ciantraniliprole, DR-Espinetoram, 0,5*DR-Espinetoram) sendo cada
1714 tratamento composto por 80 repetições, cada uma representada por um parasitoide sem distinção de
1715 sexo (fêmea ou macho) de *T. howardi* que possui razão sexual de aproximadamente 90% de fêmeas
1716 (Oliveira *et al.* 2016).

1717 Para exposição dos parasitoides em superfície inerte, as paredes internas (fundo e tampa) de placas
1718 de Petri de vidro (60 × 15 mm) foram pulverizadas com 3 mL das soluções de inseticidas ou
1719 espalhante adesivo e distribuídas em bancada para secarem sob temperatura ambiente por 40
1720 minutos. Como alimento para os parasitoides, adicionou-se ao centro do fundo da placa uma gota
1721 de mel puro sobre disco de papel alumínio (5 × 5 mm) para evitar contaminação. Em seguida,
1722 liberou-se uma fêmea ou um macho de *T. howardi* em cada placa, vedando-as lateralmente com
1723 filme plástico e foram acondicionadas em câmara do tipo BOD regulada a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade
1724 relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas. Este bioensaio foi estabelecido em delineamento
1725 DIC com cinco tratamentos (Controle, DR-Ciantraniliprole, 0,5*DR-Ciantraniliprole, DR-
1726 Espinetoram, 0,5*DR-Espinetoram), sendo cada tratamento composto por 80 repetições, cada uma
1727 representada por placa de Petri contendo um exemplar de *T. howardi*. A mortalidade dos
1728 parasitoides confinados com discos de folha tratados ou placas de Petri contaminadas foi avaliada
1729 diariamente por 21 dias. Dados do bioensaio foram corrigidos pela mortalidade do controle (Abbott
1730 1925) e analisados pela estimativa não paramétrica da função de distribuição de sobrevivência
1731 (PROC LIFETEST) utilizando-se o software SAS (SAS Institute 2001).

1732 **Teste 2. Toxicidade Residual De Ciantraniliprole e Espinetoram Após Diferentes Intervalos**
1733 **de Aplicação.** Plantas de couve foram cultivadas em vasos plásticos (3 L) contendo mistura de solo
1734 e húmus (2:1) acrescida de 10 g de adubo N:P:K (Heringer®, concentração de 0,5%) aplicado aos
1735 20 e 35 dias após sementeira. Quando atingiram cinco a sete folhas desenvolvidas
1736 (aproximadamente 20 cm de altura), foram pulverizadas em diferentes intervalos com auxílio de
1737 pulverizador costal (PJH, Jacto, Pompeia, SP) com soluções de inseticidas DR-Ciantraniliprole,
1738 0,5*DR-Ciantraniliprole, DR-Espinetoram, 0,5*DR-Espinetoram e Controle até o ponto de
1739 escorrimento. Assim, foi possível obter plantas com resíduos de inseticidas ou espalhante adesivo
1740 aplicados há 0 (cerca de 2 h), 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8 dias, quando as folhas foram coletadas. No
1741 laboratório, discos foliares (4,5 cm de diâmetro) foram cortados e transferidos para placas de Petri
1742 de vidro (5 cm de diâmetro), forradas com papel filtro umedecido. Cada disco foliar recebeu uma
1743 gota de mel puro no centro para alimentação dos parasitoides, os quais foram liberados
1744 individualmente em cada placa. Este bioensaio foi estabelecido em delineamento inteiramente
1745 casualizado (DIC) num fatorial $2 \times 3 \times 9$ (inseticidas x concentrações x intervalos de aplicação)
1746 sendo cada tratamento composto por 20 repetições, cada uma representada por uma placa de Petri
1747 contendo um exemplar de *T. howardi*. A mortalidade dos parasitoides foi avaliada após 48 horas.
1748 Dados do bioensaio foram verificados quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e
1749 homoscedasticidade através do teste de Levene e avaliados através da interação entre os fatores
1750 (inseticidas x concentrações x intervalo de aplicação) (PROC ANOVA, SAS Institute 2002).

1751 **Teste 3. Concentração-mortalidade de Ciantraniliprole e Espinetoram para *Plutella***
1752 ***xylostella*.** Este bioensaio teve como objetivo estimar curvas de concentração-resposta dos
1753 inseticidas ciantraniliprole e espinetoram para lagartas de *P. xylostella* provenientes das populações
1754 resistentes selecionadas em laboratório. Com base em testes preliminares foram determinadas
1755 concentrações de inseticidas que causam mortalidade próxima de zero e 100% das populações, a

1756 saber: 0,1953, 0,3906, 0,7812, 1,5625, 3,125, 6,25, 12,5, 25,0 e 50,0 mg de i.a. de ciantraniliprole/L;
1757 e 0,7812, 1,5625, 3,125, 6,25, 12,5, 25,0; 50,0, 100,0 e 200 mg de i.a de espinetoram/L. Como
1758 testemunha sem inseticida foi utilizada solução de espalhante adesivo. Discos de folhas de couve
1759 (4,5 cm de diâmetro) foram tratados como descrito anteriormente e, após secarem da calda
1760 inseticida, foram transferidos para placas de Petri de vidro (5 cm de diâmetro) forradas com papel
1761 filtro umedecido antes de receberem 15 larvas de segundo instar de *P. xylostella* com menos de 72
1762 h de idade. As placas de Petri foram fechadas com filme plástico e acondicionadas em câmara do
1763 tipo B.O.D. a 26 ° C ± 70% de UR. Após 96h de exposição se determinou a mortalidade das larvas.
1764 Foram consideradas mortas, larvas que ao serem tocadas com pincel fino e flexível não conseguiram
1765 deslocar o equivalente ao comprimento do corpo. Este bioensaio seguiu delineamento inteiramente
1766 casualizado com dez tratamentos (= concentrações) para cada inseticida e duas repetições em cada
1767 tratamento, cada uma representada por uma placa de Petri contendo 15 larvas de *P. xylostella*.
1768 Dados foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971), utilizando o programa POLO – Plus após
1769 correção dos dados pela mortalidade natural (Abbott 1925).

1770 **Teste 4. Efeito do Ciantraniliprole e Espinetoram no Parasitismo de *P. xylostella* por *T.***
1771 ***howardi*.** Duas populações de *P. xylostella* foram mantidas sob pressão de seleção pela exposição
1772 à CL₅₀ do ciantraniliprole (= 5,70 mg de i.a./L) e espinetoram (= 3,74 mg de i.a./L) estimadas no
1773 teste anterior. Em seguida, estimou-se uma nova curva de concentração-mortalidade para
1774 determinar o nível de resistência que se encontrava a 20ª geração das populações selecionadas em
1775 laboratório. Após determinação das curvas de concentração-mortalidade do ciantraniliprole e
1776 espinetoram para *P. xylostella*, selecionaram-se as concentrações letais (= CLs) CL₂₅ e CL₅₀. Assim,
1777 discos foliares (14 cm de diâmetro) foram imersos nas soluções das respectivas CLs ou espalhante
1778 adesivo, totalizando cinco tratamentos: i) CL₂₅ do ciantraniliprole; ii) CL₅₀ do ciantraniliprole; iii)
1779 CL₂₅ do espinetoram; iv) CL₅₀ do espinetoram; e v) tratamento controle. Em seguida, discos tratados

1780 foram acondicionados em placas de Petri de vidro (5 cm de diâmetro), forradas com papel filtro
1781 umedecido, totalizando vinte placas (= repetições) por tratamento. Sobre cada disco de folha tratado
1782 foram liberadas dez larvas de terceiro ao quarto instar de *P. xylostella* privadas de alimentação por
1783 24 h para forçar o consumo das folhas contaminadas. Após esse período, duas fêmeas do parasitoide
1784 (≤ 48 h de idade) previamente acasaladas foram introduzidas em cada placa, tendo como alimento
1785 um filete de mel puro ofertado nas laterais da placa. Após 72 h de confinamento, as pupas formadas
1786 foram transferidas para tubos de vidro de fundo chato (38 mm diâmetro) até emergência do
1787 parasitoide ou traça. Neste bioensaio foi quantificado o número de larvas mortas, pupas formadas,
1788 pupas mortas (sem emergência de parasitoides), pupas parasitadas (com emergência de
1789 parasitoides) e mariposas emergidas. Parasitoides emergidos deste experimento (F1) foram
1790 expostos a resíduos dos inseticidas testados nas CL₂₅ e CL₅₀ para avaliar o efeito subletal desses
1791 inseticidas sobre *T. howardi*. Após 72 h de confinamento, pupas formadas foram transferidas para
1792 tubos de vidro de fundo chato (38 mm diâmetro) até emergência dos adultos do parasitoide ou traça.
1793 Os dados foram verificados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade
1794 pelo teste de Levene e foram submetidos a ANOVA (SAS Institute 2001), sendo as médias
1795 comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Todas as análises foram realizadas usando estatística
1796 software SAS 9.0 (SAS Institute, 2002).

1797

1798

Resultados

1799 **Exposição ao Resíduo Seco.** A sobrevivência média de *T. howardi* exposto ao resíduo seco os
1800 inseticidas testados na dosagem recomendada ou 50% desta em discos de folhas de couve tratados
1801 variou de 84,5% a 83,4% e não diferiu significativamente do tratamento controle, que atingiu 84,5%
1802 ($\chi^2 = 5,42$; $P = 0,24$) Semelhantemente, parasitoides expostos ao resíduo seco dos mesmos
1803 inseticidas, nas mesmas concentrações, porém em superfície inerte, apresentaram sobrevivência

1804 variando de 86,3% a 85,3%, não diferindo significativamente do tratamento controle, que atingiu
1805 84,5% ($\chi^2 = 0,59$; $P = 0,96$).

1806 **Toxicidade Residual de Ciantraniliprole e Espinetoram após Diferentes Intervalos de**
1807 **Aplicação.** A sobrevivência média de *T. howardi* exposto ao resíduo seco de ciantraniliprole e
1808 espinetoram aplicados em plantas de couve em diferentes intervalos foi de 90%, não sendo afetada
1809 pelo inseticida ($F_{1,84} = 1,83$; $P = 0,67$), pelas concentrações aplicadas ($F_{2,37} = 1,95$; $P = 0,27$), nem
1810 pelo intervalo desde a aplicação ($F_{8,08} = 0,59$; $P = 0,97$).

1811 **Concentração-mortalidade de Ciantraniliprole e Espinetoram para *Plutela xylostella*.** Larvas
1812 de *P. xylostella* submetidas a sucessivas seleções (geração SF1 de indivíduos criados em
1813 laboratório coletadas no município de Chã Grande e RF20 geração de seleção), resultaram em
1814 valores de CL_{25} e CL_{50} entre 1,91 e 38,4 mg de ciantraniliprole/mL enquanto as CL_{25} e CL_{50} para
1815 espinetoram variaram de 1,31 a 66,37 mg de espinetoram/mL, respectivamente (Tabela 1). Essas
1816 CLs foram utilizadas para calcular a razão de resitência das populações utilizadas nos experimentos.

1817 **Efeito do Ciantraniliprole e Espinetoram no Parasitismo de *P. xylostella* por *T. howardi*.** Em
1818 geral não houve efeito significativo na mortalidade de pupas de *P. xylostella* provenientes de larvas
1819 alimentadas com discos de folhas de couve tratadas com a CL_{25} e CL_{50} dos inseticidas
1820 ciantraniliprole e espinetoram (Tabela 1) e confinadas com fêmeas de *T. howardi* durante 72 horas
1821 (Tabela 2), mas a exposição das larvas de *P. xylostella* ao parasitismo e folhas tratadas ou não com
1822 inseticida em subdoses resultou em diferença significativa na sobrevivência (Tabela 2) . Também
1823 não houve efeito significativo para emergência de descendentes de *P. xylostella*, nem *T. howardi*
1824 (Tabela 2). Contudo, foi possível obter pupas em todos os tratamentos (Tabela 2), com maior
1825 quantidade na testemunha que nos tratamentos ciantraniliprole e espinetoram na CL_{25} e CL_{50} .
1826 Dentre os parasitoides emergidos foram separados casais para acompanhamento dos descendentes
1827 e também não apresentaram efeito significativo na quantidade de larvas mortas, pupas mortas,

1828 emergência de *P. xylostella* e emergência de *T. howardi* (Tabela 3). A quantidade de pupas
1829 formadas foi baixa em todos os tratamentos (Tabela 3) mesmo diferindo do controle.

1830

1831

Discussão

1832 O manejo de *P. xylostella* apresenta-se como grande desafio para produtores, técnicos e
1833 pesquisadores que lidam com o cultivo de brássicas, especialmente pelo grande número de casos
1834 registrados de resistência a inseticidas sintéticos (Jouraku *et al.* 2020, Mota-Sanchez & Wise, 2022).
1835 Nesse contexto, o controle biológico aumentativo com parasitoides pode favorecer o manejo dessa
1836 praga, principalmente se não competirem com outros agentes de controle biológico e que ofereçam
1837 controle para fase de desenvolvimento da praga que escapou de todos os demais fatores naturais de
1838 mortalidade que atuaram nas fases de ovo e larva. Dentre estes, o parasitoide *T. howardi* destaca-
1839 se pela ocorrência natural parasitando larvas de último instar e pupas de *P. xylostella* (Silva-Torres
1840 *et al.* 2010). Além disso, *T. howardi* pode ser criado massalmente em hospedeiro alternativo (*T.*
1841 *molitor*) de fácil produção e baixo custo em laboratório, o que pode viabilizar liberações inundativas
1842 em áreas-alvo (Oliveira 2013). Assim, estudos que avaliam a compatibilidade da utilização conjunta
1843 do controle químico e controle biológico vêm contribuir para melhor entendimento e delineamento
1844 de estratégias para programas de manejo de *P. xylostella*. É importante salientar que na escolha do
1845 inseticida para utilização no controle de *P. xylostella*, deve-se levar em consideração o impacto que
1846 este xenobiótico terá sobre organismos não-alvo, no caso, *T. howardi*.

1847 Ao avaliar os efeitos do resíduo seco dos inseticidas ciantraniliprole e espinetoram em folhas
1848 tratadas e em superfície inerte na dosagem recomendada de campo ou 50% desta na sobrevivência
1849 de *T. howardi*, observamos baixa mortalidade. Independente do produto ou concentração usada, a
1850 sobrevivência de *T. howardi* foi superior a 80%. Resultados semelhantes foram obtidos por Liu *et*
1851 *al.* (2012), que avaliaram a toxicidade do ciantraniliprole a *Tamarixia trizae* (Burks) (Hymenoptera:

1852 Eulophidae), através de contato residual durante 120 horas. Schlesener *et al.* (2019), investigaram
1853 a toxicidade aguda do espinetoram ao parasitoide *Trichopria anastrephae* (Lima) (Hymenoptera:
1854 Diapriidae) e relataram que não houve efeitos adversos na sobrevivência do parasitoide. Além
1855 disso, quando parasitoide foram expostos ao resíduo do inseticida após diferentes intervalos de
1856 aplicação, não houve efeito significativo na sobrevivência dos mesmos. Resultados semelhantes
1857 foram obtidos por Wang *et al.* (2019), que avaliaram os efeitos de resíduos de ciantraniliprole em
1858 diferentes intervalos ao parasitoide *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae).
1859 Schlesener *et al.* (2019) avaliaram o efeito de espinetoram em diferentes intervalos sobre o
1860 parasitoide *T. anastrephae* (Lima) (Hymenoptera: Diapriidae) e observaram efeitos inofensivos.

1861 Como esperado, a mortalidade de larvas de *P. xylostella* alimentadas com discos foliares de
1862 couve tratados com as CL₂₅ e CL₅₀ de ciantraniliprole e espinetoram foi baixa. Após exposição ao
1863 parasitoide, a quantidade de pupas mortas, emergência de *P. xylostella* e emergência de *T. howardi*,
1864 de maneira geral, não foi afetada significativamente pelos inseticidas. *T. howardi* no momento do
1865 parasitismo pode ocasionar a morte de algumas larvas ou pupas de *P. xylostella*. Resultados
1866 semelhantes foram obtidos por Amarasekare *et al.* (2016), que quantificaram o efeito da exposição
1867 do pulgão *Chromaphis juglandicola* (Kaltenbach) (Hemiptera: Aphididae) tratados com
1868 ciantraniliprole ao parasitoide *Trioxys pallidus* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) e Asa *et al.*
1869 (2012) que avaliaram a eficácia do parasitoide *Trichogramma evenecens* (West.) (Hymenoptera:
1870 Trichogrammatidae) sobre *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (PBW) (Lepidoptera: Gelechiidae)
1871 tratados com espinetoram, a emergência de adultos do parasitoide foi por volta de 80%. Nossos
1872 resultados corroboram outros estudos que categorizaram ciantraniliprole e espinetoram como não
1873 nocivos a insetos benéficos (Silva *et al.* 2016, Machado *et al.* 2019, Costa *et al.* 2020, Bojan, 2021).

1874 Os inseticidas sintéticos constituem uma das principais táticas de controle da traça-das-
1875 crucíferas, despertando o interesse em identificar moléculas que causem o mínimo impacto sobre

1876 espécies de inimigos naturais. Nossos resultados indicam que o ciantraniliprole e espinetoram
1877 podem ser usados de forma harmonioza com *T. howardi* e outros inimigos naturais no manejo de
1878 *P. xylostella*.

1879 **Agradecimentos**

1880 A pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
1881 (CAPES), código de financiamento 001 com bolsa de estudo para RJSSM através do
1882 CAPES/PROEX.

1883

1884 **Literatura Citada**

1885

1886 **Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ.
1887 Entomol., 18: 265-267.

1888

1889 **Amarasekare, K.G., P.H. Brown & P.W. Shearer. 2019.** Field-aged insecticide residues on
1890 *Chrysoperla johnsoni* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 112: 2109–2115.

1891

1892 **Asa, S., E.H.M. Tayeb, H.A. Awad & H.M. El-Bassiuony. 2012.** The release of the parasitoid
1893 *Trichogramma evancens* to control the pink bollworm *Pectinophora gossypiella* (Saunders)
1894 and the side-effect of certain insecticides on it. Alex. Sci. Exch., 33: 1–10.

1895

1896 **Baker, B.P., T.A. Green, A. Thomas & A.J. Loker. 2020.** Biological control and integrated pest
1897 management in convenient organic systems Biol. Control., 140: 104095.

1898

1899 **Barros, R. & J.D. Vendramim. 1999.** Efeito de cultivares de repolho, utilizadas para criação de
1900 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), no desenvolvimento de *Trichogramma*
1901 *pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). An. da Soc. Entomol. Bras., 28: 3.

1902

1903 **Bojan, V. 2021.** Bioefficacy, phytotoxicity, safety to natural enemies and residues of
1904 cyantraniliprole 10 OD on potato (*Solanum tuberosum* L.) under open field condition. Crop
1905 Prot., 142: 105505.

1906

1907 **Bueno, A.D.F., G.A. Carvalho, A.C.D. Santos, D.R. Sosa-Gómez & D.M.D. Silva. 2017.**
1908 Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field
1909 recommendation Ciên. Rural, 47: 777–787.

1910

1911 **Costa, P.M.G., R.L. dos Santos, D.V. do Nascimento & J.B. Torres. 2020.** Does spinetoram
1912 pose low risk to the neotropical lady beetle *Eriopis connexa* (Coleoptera:
1913 Coccinellidae)? Phytoparasitica, 48: 491-499.

1914

- 1915 **Cruz, I., A.C. Redoan, R.B. Silva, M.L.C. Figueiredo & A.M. Penteado-Dias. 2011.** New record
 1916 of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) Sci. Agric., 68:
 1917 252–254.
 1918
- 1919 **Fernandes, F.L., L. Bacci & M.S. Fernandes. 2010.** Impact and selectivity of insecticides to
 1920 predators and parasitoids. EntomoBrasilis, 3: 1–10.
 1921
- 1922 **Floriano, E.T., F.P. Fagundes, S.K. Oliveira, B.R. Hidalgo, C.R.C. Garcia & Z.J. Cola. 2018.**
 1923 Biological quality of *Tetrastichus howardi* (Hym.: Eulophidae) reared with *Tenebrio molitor*
 1924 (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae after storage at low temperatures for different
 1925 periods. PeerJ., 6: 2686.
 1926
- 1927 **Gao, Y., K. Kim, D.H. Kwon, I.H. Jeong, J.M. Clark & S.H. Lee. 2018.** Transcriptome-based
 1928 identification and characterization of genes commonly responding to five different insecticides
 1929 in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. Pestic. Biochem. Phys., 144: 1–9.
 1930
- 1931 **Jouraku, A., S. Kuwazaki, K. Miyamoto, M. Uchiyama, T. Kurokawa, E. Mori & S. Sonoda.**
 1932 **2020.** Ryanodine receptor mutations (G4946E and I4790K) differentially responsible for
 1933 diamide insecticide resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. Insect Biochem.
 1934 Mol. Biol. 118: 103308.
 1935
- 1936 **Klapwijk, M.J., H. Bylund, M. Schroeder & C. Björkman. 2016.** Forest management and natural
 1937 biocontrol of insect pests. Forestry. 89: 253–62. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpw019>.
 1938
- 1939 **Liu, T.X., Y.M. Zhang, L.N. Peng, P. Rojas & J.T. Trumble. 2012.** Risk assessment of selected
 1940 insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera*
 1941 *cockerelli* (Hemiptera: Trizoidae). J. Econ. Entomol. 105: 490–496.
 1942
- 1943 **Machado, A.V., D.M. Potin, J.B. Torres & C.S.S. Torres. 2019.** Selective insecticides secure
 1944 natural enemies' action in cotton pest management. Ecotoxicol. Environ. Saf., 184: 109669.
 1945
- 1946 **Mota-Sanchez, D. & J.C. Wise. 2022.** The Arthropod Pesticide Resistance Database.
 1947 Michigan State University. On-line at: <http://www.pesticideresistance.org>
 1948
- 1949 **Oliveira, F.G D. 2013.** Multiplicação de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em
 1950 pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera:
 1951 crambidae). Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) –
 1952 Faculdades de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. 33p.
 1953
- 1954 **Oliveira, H.N., J. Simonato, D.F. Glaeser & F. Fagundes Pereira. 2016.** Parasitism of
 1955 *Helicoverpa armigera* pupae (Lepidoptera: Noctuidae) by *Tetrastichus howardi* and
 1956 *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). Ciên. Agrárias, 37:111-115.
 1957
- 1958 **Pereira, F.F., S.O. Kassab, V.R.F. Calado, E.L. Vargas, H.N. de Oliveira & J.C. Zanoncio.**
 1959 **2015.** Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on
 1960 *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. Fla. Entomol., 98:
 1961 377–380.

- 1962
 1963 **Rodrigues, A., F.F. Pereira, P.R. Barbosa, C.S. Silva-Torres & J.B. Torres. 2021.** Parasitism
 1964 Behavior of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on Larvae and Pupae of
 1965 *Sugarcane Borers*. J. Insect Behav. 1: 11.
 1966
 1967 **Sarfraz, M., A.B. Keddie & L.M. Dossall. 2005.** Biological control of the diamondback moth,
 1968 *Plutella xylostella*: a review. Bio. Sci.Tech. 15: 763–789. Bio. Sci.Tech. 15: 763–789.
 1969
 1970 **SAS Institute, 2002.** SAS/STAT User’s Guide, Release 9.0 SAS Institute, Cary, NC.
 1971
 1972 **Schlesener, D.C.H., J. Wollmann, J.D.B. Pazini, A.C. Padilha, A.D. Grützmacher & F.R.M.**
 1973 **Garcia. 2019.** Insecticidal toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids:
 1974 *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae*
 1975 (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Econ. Entomol. 112: 1197–1206.
 1976
 1977 **Silva, R.S., A.C. Tomaz, M.C. Lopez, J.C. Martins, V.M. Xavier, M.C. Picanço. 2016.** Toxicity
 1978 455 of botanical insecticides on *Diaphania hyalinata*, their selectivity for the predatory ant 456
 1979 *Paratrechina* sp., and their potential phytotoxicity on pumpkin. Int. J. Pest Manag. 62: 95–104.
 1980 <https://doi.org/10.1080/09670874.2015.1111466>.
 1981
 1982 **Silva-Torres, C.S.A., I.V.A.F. Pontes, J.B. Torres & R. Barros. 2010.** New records of natural
 1983 enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. Neot.
 1984 Entomol., 5: 835–838.
 1985
 1986 **Taggar, G.K. & R.S. Gill. 2016.** Host plant resistance in *Vigna* sp. towards whitefly, *Bemisia*
 1987 *tabaci* (Gennadius): a review. Entomol. Gen. 36: 1–24.
 1988
 1989 **Torres, J.B. & A.D.F. Bueno. 2018.** Biological conservation control using selective insecticides -
 1990 a valuable tool for IPM. Bicontrol, 126: 53–64.
 1991
 1992 **Truong, D.H., H.C. Nguyen, J. Bauwens, G. Mazzucchelli, G. Lognay & F. Francis. 2018.** Plant
 1993 defense in response to chewing insects: proteome analysis of *Arabidopsis thaliana* damaged by
 1994 *Plutella xylostella*. J. Pl. Interact., 13: 30–36.
 1995
 1996 **Wang, Z., P. Dai, X. Yang, C.C. Ruan, A. Biondi, N. Desneux & L.S. Zang. 2019.** Selectivity
 1997 of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid
 1998 *Encarsia formosa*. Pest Manag. Sci. 75: 2716–2724.

1999 Tabela 1. Concentrações letais de ciantraniliprole (CIAN) e espinetoram (ESP) a 25% e 50% (CL₂₅ e CL₅₀, respectivamente) de larvas
 2000 de *Plutella xylostella* mantidas em laboratório sem (SF1) e com pressão de seleção há 20 gerações (RF20). Temperatura: 25 ± 1 °C; U.R.:
 2001 65 ± 5% e fotoperíodo de 12:12 h (L:E).

Pop. ¹	<i>n</i>	GL ³	Inclinação ± EP ⁴	CL ₂₅ (LC95%) ⁵	CL ₅₀ (LC95%) ⁵	RR ₅₀ (IC95%) ⁶	χ^2 ⁽⁷⁾
SF1 (CIAN)	270	7	0,75 ± 0,7	1,91 (0,77-2,62)	5,70 (4,24-6,84)		3,26
RF20 (CIAN)	270	7	1,58 ± 0,1	24,59 (12,51-36,79)	38,40 (21,85-51,35)	6,73 (2,53-8,91)	4,49
SF1 (ESP)	270	7	1,37 ± 0,5	1,31 (0,2-1,92)	3,74 (2,66-5,04)		2,83
RF20 (ESP)	270	7	2,02 ± 0,3	31,58 (11,77-45,59)	66,37 (46,86-76,88)	17,74 (13,68-26,03)	2,76

2002 ¹Populações de *Plutella xylostella*,

2003 ²Número total de insetos utilizados,

2004 ³Graus de liberdade,

2005 ⁴Erro padrão,

2006 ⁵Concentrações letais a 25% e a 50% dos indivíduos,

2007 ⁶Razão de resistência,

2008 ⁷Qui-quadrado.

2009 Tabela 2. Efeito do ciantraniliprole e espinetoram no parasitismo de larvas de *Plutella xylostella* por *Tetrastichus howardi* no intervalo
 2010 de 72 horas. Temperatura: 25 ± 1 °C; U.R.: $65 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12:12 h (L:E).

Parâmetros	n	Controle	Ciantraniliprole		Espinetoram		Estatística		
			CL ₂₅ ⁽¹⁾	CL ₅₀ ⁽¹⁾	CL ₂₅ ⁽¹⁾	CL ₅₀ ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾	GL ³	P
Larvas mortas	160	1,99 ± 0,40	1,67 ± 0,58	1,89 ± 0,69	1,43 ± 0,86	2,01 ± 0,60	10,46	4	0,3381
Pupas mortas	100	1,39 ± 0,55	1,40 ± 0,54	1,25 ± 0,57	1,68 ± 0,56	1,51 ± 0,45	1,29	4	0,8618
Pupas formadas	740	3,13 ± 0,16	2,99 ± 0,30	2,55 ± 0,67	2,80 ± 0,61	2,52 ± 0,48	37,38	4	<0,001
<i>P. xylostella</i> emergidas	131	1,14 ± 0,43	1,07 ± 0,51	1,00 ± 0,43	1,31 ± 0,40	1,06 ± 0,35	2,65	4	0,6172
<i>T. howardi</i> emergidos	471	2,44 ± 0,63	2,29 ± 0,65	2,06 ± 0,53	2,25 ± 0,54	1,99 ± 0,42	4,04	4	0,3994

2011 ¹Concentrações letais a 25% e a 50% das 200 larvas de *Plutella xylostella* inicialmente expostas aos inseticidas.

2012 ²Qui-quadrado,

2013 ³Graus de liberdade.

2014

2015 Tabela 3. Efeito do ciantraniliprole e espinetoram no parasitismo de larvas de *Plutella xylostella* pela geração F1 de *Tetrastichus howardi*
 2016 no intervalo de 72 horas. Temperatura: 25 ± 1 °C; U.R.: $65 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12:12 h (L:E).

Parâmetros	n	Controle	Ciantraniliprole		Espinetoram		Estatística		
			CL ₂₅ ⁽¹⁾	CL ₅₀ ⁽¹⁾	CL ₂₅ ⁽¹⁾	CL ₅₀ ⁽¹⁾	χ^2 ⁽²⁾	GL ³	P
Larvas mortas	136	1,04 0,42	1,33 ± 0,58	2,01 ± 0,68	1,51 ± 0,82	2,11 ± 0,58	8,61	4	0,0714
Pupas mortas	100	1,49 ± 0,57	1,40 ± 0,69	1,09 ± 0,50	1,34 ± 0,64	1,15 ± 0,53	2,53	4	0,6388
Pupas formadas	764	3,11 ± 0,16	2,96 ± 0,30	2,47 ± 0,64	2,79 ± 0,61	2,44 ± 0,50	35,13	4	<0,001
<i>P. xylostella</i> emergidas	95	1,29 ± 0,57	1,33 ± 0,61	1,11 ± 0,52	1,22 ± 0,56	1,18 ± 0,46	1,74	4	0,7825
<i>T. howardi</i> emergidos	478	2,44 ± 0,63	2,29 ± 0,65	2,06 ± 0,53	2,20 ± 0,55	1,99 ± 0,42	3,99	4	0,4070

2017 ¹Concentrações letais a 25% e a 50% dos indivíduos de 200 larvas,

2018 ² Qui-quadrado,

2019 ³Graus de liberdade.

2020

CAPÍTULO 4

Considerações finais

Devido a grande dificuldade de manejo da traça-das-crucíferas em todo mundo com o uso exclusivo do controle químico, existe uma busca contínua por métodos alternativos e menos danosos ao meio ambiente para o controle dessa praga. Nesse contexto, um grande número de espécies de inimigos naturais (predadores e parasitoides) são relatados como candidatos ao controle de *P. xylostella*. Entretanto, algumas características são importantes de serem avaliadas quanto ao potencial de um inimigo natural, tais como seu desempenho reprodutivo e crescimento populacional, entre outras.

Uma das metodologias empregadas para avaliar o potencial de um inimigo natural, a tabela de vida de fertilidade e os parâmetros avaliados podem nos ajudar compreender a dinâmica de populações de um organismo, no caso o inimigo natural, dentro de um agroecossistema. Nesse estudo podemos verificar que o parasitoide *T. howardi* parasita preferencialmente pupas de *P. xylostella*, similarmente a outros hospedeiros estudados em outros trabalhos. Também constatamos a maior viabilidade e crescimento populacional desse parasitoide sobre o hospedeiro alternativo *T. molitor*, uma espécie que já se utiliza em criações massais de vários outros inimigos naturais, com metodologia de criação estabelecida a baixo custo. Dessa forma, a produção de *T. howardi* em maior escala deverá ser preconizada no hospedeiro alternativo, mas a resposta de atração e parasitismo sobre a praga alvo, *P. xylostella* não são afetados visto que não sofreu condicionamento pré-imaginal e manteve a taxa de parasitismo sobre *P. xylostella*. Outro ponto importante a se relatar é que *T. howardi* originado de *T. molitor* tem um alto índice de mortalidade do hospedeiro (*P. xylostella*), que pode chegar a quase 100% após o parasitismo em laboratório. Estudos futuros poderão definir padrões que ocasionariam essa alta taxa de mortalidade em condições de campo para indivíduos provenientes de criações massais em hospedeiro alternativo.

2045 Outro fator importante a ser considerado no manejo de *P. xylostella* é que o controle
2046 biológico na maioria das vezes não é suficiente de manter as populações da praga abaixo do nível
2047 de dano, sendo necessário a implementação de outras táticas de controle. Em geral, o controle
2048 químico é a estratégia escolhida na tentativa de redução rápida da população da praga para previnir
2049 prejuízos econômicos. Entretanto, a incompatibilidade entre os controles químico e biológico no
2050 Manejo Integrado de Pragas (MIP) é um dos maiores desafios da agricultura. Isso se dá pelo fato
2051 que grande parte dos inseticidas usados no controle de pragas podem também atingir agentes de
2052 controle biológico. O modelo ideal com a utilização de inseticidas seletivos, almeja a preservação
2053 de organismos não alvos e inimigos naturais, além de, ocasionar uma redução da pressão de seleção
2054 no agroecossistema, pois, com o controle biológico efetivo, cada vez menos aplicações de inseticidas
2055 serão necessárias. Os resultados obtidos nesse estudo mostram a possível integração do parasitoide
2056 *T. howardi* com os inseticidas ciantraniliprole e espinetoram para o controle de *P. xylostella*, visto
2057 que esses produtos causaram baixo impacto sobre o inimigo natural. Assim, espera-se que após
2058 pulverizações com esses produtos para o controle da praga, ainda haja a preservação de *T. howardi*
2059 em campo, sem prejuízos na sua sobrevivência e capacidade de parasitismo.

2060 Por fim, podemos concluir que *T. howardi*, criado em hospedeiro alternativo *T. molitor*,
2061 pode ser implementado no manejo de *P. xylostella*. O desenvolvimento nesse hospedeiro alternativo
2062 garante a capacidade de parasitismo desse parasitoide sobre a traça-das-crucíferas. Os inseticidas
2063 ciantraniliprole e espinetoram podem ser recomendados, caso necessário, para integrar ao manejo
2064 dessa praga, pois ocasionam baixo impacto à esse inimigo natural.