

USO DE *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) NO CONTROLE BIOLÓGICO DE LEPIDÓPTEROS PRAGAS

Data de submissão: 04/12/2023

Data de aceite: 22/12/2023

Natalia Carolina Bermúdez Buitrago

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/3110667026698726>
Orcid: 0000-0002-0975-4015

Christian Sherley Araújo da Silva Torres

Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
<https://lattes.cnpq.br/6987761145766931>
Orcid: 0000-0002-2364-5421

RESUMO: O controle biológico aumentativo é uma das táticas que fazem parte do manejo integrado de pragas (MIP). Várias espécies de parasitoides podem ser criados sob condições controladas para posterior liberação em campo visando o controle de pragas específicas. Dentre esses, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), é uma parasitoide que parasita pupas de diferentes espécies de pragas, com destaque para as brocas-da-cana-de-açúcar, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), e a traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) e outras lagartas desfolhadoras

como *Oxydia vesulia* (Cramer) (Lepidoptera: Geometridae), etc. Características biológicas, comportamentais e de produção tais como: capacidade de localizar e parasitar hospedeiros crípticos, grande número de descendentes por pupa parasitada, não ocorrência de resistência das pragas ao parasitismo, possibilidade de criação em hospedeiro alternativo, baixo custo de produção em biofábricas mantendo a qualidade do parasitoide, fazem *T. howardi* um inimigo natural em potencial para uso no MIP de diversas culturas visando reduzir a população de lepidópteros pragas. Além disso, a utilização desse parasitoide surge como uma estratégia sustentável, alternativa ao controle químico, atendendo a crescente demanda de mercado por produtos agrícolas livres (ou com baixo uso) de agrotóxicos, em especial em áreas de agricultura orgânica.

PALAVRAS-CHAVE: Parasitoides, *Plutella xylostella*, *Diatraea* spp., lagartas desfolhadoras, sustentável.

USE OF *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF LEPIDOPTERAN PESTS

ABSTRACT: The applied biological control is one of the integrated pest management (IPM) tactics. Many insect parasitoid species can be mass-reared under controlled conditions, followed by field releases aiming to control specific pests. Among them, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) is one parasitoid that attacks pupae of different pest species, for example, the sugarcane bores *Diatraea* spp., the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), and other leaf-eating caterpillars as *Oxydia vesulia* Cramer (Lepidoptera: Geometridae), etc. Biological, behavioral, and production traits such as: location and parasitism capacity of concealed hosts, high number of descendants per parasitized pupa, lack of host resistance to parasitism, large-scale rearing feasibility on alternative host, and low production costs in insectaries maintaining parasitoid quality, make *T. howardi* a potential natural enemy candidate to be used in IPM of different crops to reduce lepidopteran pest populations. Moreover, using this parasitoid is a sustainable control strategy, an alternative to chemical control, meeting the growing market demands for agriculture products free (or with low use) of pesticides, especially in areas of organic agriculture.

KEYWORDS: Parasitoids, *Plutella xylostella*, *Diatraea* spp., defoliating caterpillars, sustainable.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 Controle Biológico de Pragas

O controle biológico de pragas é um fenômeno natural que ocorre nos diferentes ecossistemas, consistindo na regulação populacional de um organismo mediante a ação dos seus inimigos naturais. Do ponto de vista do manejo integrado de pragas (MIP), o controle biológico resulta da ação dos inimigos naturais na manutenção da densidade de outro organismo (praga) a um nível mais baixo do que ocorreria na sua ausência. Os inimigos naturais dos insetos podem ser diversos, incluindo pássaros, anfíbios, répteis, aranhas, roedores, etc. Entretanto, no MIP, os inimigos naturais que tem potencial para serem utilizados no controle de insetos pragas são os entomopatógenos ou microbiológicos (fungos, bactérias, vírus e nematoides) e os entomófagos ou macrobiológicos (predadores e parasitoides) (DEBACH, 1964).

Os inimigos naturais podem ser abundantes, em especial em sistemas naturais com pouca interferência antropomórfica, o que mantém as populações em equilíbrio na maioria do tempo. Entretanto, em ecossistemas agrícolas, principalmente naqueles com prevalência de monocultura, esse equilíbrio é quebrado nas interações entre as espécies de presa-predador (hospedeiro-parasitoide). Nos ecossistemas agrícolas, geralmente ocorre escape das populações de herbívoros em algum momento, o que pode acarretar redução de produtividade. Assim, nesses ecossistemas por vezes é necessário realizar interferência para reduzir a população de pragas com aplicação de diferentes métodos de

controle, incluindo a estratégia de favorecer a ação dos inimigos naturais no controle de pragas.

O controle biológico é possível implementar de diferentes formas, a saber: i) por importação (introdução de uma espécie de inimigo natural exótica em uma nova região para controle de uma praga também exótica), ii) controle biológico conservativo (manipulação do ambiente favorecendo aos inimigos naturais já presentes, fornecendo recursos que atraiam novos inimigos naturais para manter no agroecossistema, e modificando o uso de agrotóxicos), iii) controle biológico aumentativo, o qual pode ser inoculativo (liberações em certos períodos do ciclo da praga alvo/ciclo da cultura com o objetivo de estabelecimento desses inimigos no agroecossistema) ou inundativo (liberação periódica de grandes densidades de inimigos naturais, visando a redução rápida da praga a níveis que não comprometam economicamente a cultura e sem expectativa de estabelecimento em campo) (FONTES et al., 2020).

O controle biológico aumentativo, independente da forma de liberação (inoculativa ou inundativa), precisa da criação do inimigo natural de interesse em biofábricas para posterior liberação em campo. Numa estimativa feita para o ano 2018, foram comercializadas mais de 440 espécies de agentes de controle biológico para diversas pragas de diferentes culturas ao redor do mundo (VAN LENTEREN et al., 2018). De 2018 até 2022, o uso de bioinsumos (incluindo agentes de controle biológico) no Brasil cresceu 62%, comparado a 16% a nível mundial, com previsão de aumento de 25% ao ano até 2030 (S&P GLOBAL; CROPLIFE BRASIL, 2022). Além disso, atualmente no Brasil é disponibilizado 629 produtos biológicos (bioinsumos) registrados para 200 alvos, e destes, 66% (412) são os microbiológicos, e 15% (94) são os macrobiológicos. Os 19% restante é composto pelos semioquímicos e bioquímicos (S&P GLOBAL; CROPLIFE BRASIL, 2022). Paralelamente, existe um aumento significativo no número de empresas nacionais que produzem bioinsumos visando atender a demanda do produtor, passando de menos de 10 empresas em 2018 para, aproximadamente, 30 empresas em 2023. Incluindo multinacionais como a Koppert, a Bayer e a Monsanto, entre outras.

1.2 Macrobiológicos: Insetos Parasitoides

Os parasitoides são insetos que se desenvolvem sobre ou dentro de um hospedeiro. Após parasitismo bem-sucedido, os parasitoides não matam imediatamente seu hospedeiro, mas podem permanecer como parasitos por períodos variáveis para completar seu desenvolvimento. Entretanto, no final, o hospedeiro é morto ou, pelo menos, não ocorre a transferência de genes para a próxima geração (VINSON, 1997). Dessa forma, na fase imatura o parasitoide é um parasito, alimentando-se do hospedeiro enquanto se desenvolve, mas na fase adulta é de vida livre, alimentando-se de néctar e pólen na maioria das vezes. Contudo, algumas espécies podem também alimentar da hemolinfa

do hospedeiro podendo acarretar a sua morte por dano mecânico. Além disso, durante o desenvolvimento do parasitoide até a morte do hospedeiro, esse pode se tornar mais suscetível a outros fatores de mortalidade, bem como reduzir a taxa de fertilidade se o parasitismo ocorre na fase adulta.

Parasitoides podem parasitar e desenvolver em todas as fases dos insetos (ovo, larva (ou ninfa), pupa e adulto). Além disso, algumas espécies de parasitoide podem parasitar uma fase e emergir em outra fase do hospedeiro (do tipo ovo-larva, lava-pupa). Uma única espécie de parasitoide pode parasitar diversas espécies de insetos de diferentes ordens (generalistas), ou ser específica e atacar poucas espécies de uma família (especialistas) (VAN DEN BOSCH et al., 1982). Após o parasitismo, o hospedeiro pode não morrer imediatamente, e a prole do parasitoide vai consumindo seu hospedeiro até completar seu ciclo, o que leva finalmente à morte do hospedeiro e emergência de novos parasitoides adultos (ABREU et al., 2015).

Existem diversas estratégias utilizadas pelos parasitoides para seu desenvolvimento no hospedeiro, (i) Ectoparasitismo: quando o desenvolvimento ocorre externamente ao corpo do hospedeiro, ou (ii) Endoparasitismo: o desenvolvimento ocorre dentro do hospedeiro. Enquanto nos ectoparasitoides, os ovos ou larvas do parasitoide são depositadas sob o corpo do hospedeiro ou perto deste, os endoparasitoides depositam seus ovos dentro do corpo do hospedeiro (GULLAN; CRANSTON, 2017). Os parasitoides geralmente são menores que os hospedeiros e, apenas, as fêmeas procuram pelos hospedeiros. Adicionalmente, os parasitoides podem ter habito solitário (resultando na emergência de um único parasitoide por hospedeiro) ou gregário (desenvolvimento e emergência de vários parasitoides em um único hospedeiro). Em termos de atributos fisiológicos, os parasitoides podem ser sinovigênicos (com ovogênese e maturação de ovos ao longo da vida adulta) e provigênicos (maturidade sexual e ovogênese já definida, número de ovos pré-definidos na emergência do adulto), e a alocação dos descendentes pode ser por monoembrionia (um ovo origina um descendente) que é mais comum, ou por poliembionia (um ovo se divide em vários embriões). Para obter sucesso no parasitismo, as fêmeas de algumas espécies podem injetar veneno para imobilizar o hospedeiro e suprimir suas defesas físicas e imunológicas, facilitando o ataque e oviposição como ichnovirus e bracovirus (DREZEN et al., 2021). Quanto a exploração do hospedeiro, os parasitoides idiobiontes matam ou paralizam o desenvolvimento de seus hospedeiros no momento do parasitismo (exemplos de parasitoides de ovos e pupas), enquanto os cenobiontes permitem que o desenvolvimento do hospedeiro continue e aumente de tamanho após parasitismo (parasitoides de larvas, ovo-larva, larva-pupa) (LAUMAN; SAMPAIO, 2020).

Parasitoides podem ser encontrados em seis ordens de insetos: Hymenoptera, Díptera, Coleoptera, Strepsiptera, Neuroptera e Lepidoptera, sendo que 75% das espécies encontram-se na orden Hymenoptera (BELSHAW et al., 2003; LAUMAN; SAMPAIO, 2020). O foco deste artigo é o parasitoide *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae)

e seu potencial no controle de lepidópteros praga.

2 | *Tetrastichus howardi* (HYMEPONTERA: EULOPHIDAE) E SEU POTENCIAL DE CONTROLE DE LEPIDÓPTEROS PRAGAS

Originário da Ásia, *T. howardi* é um endoparasitoide gregário, sinovigênico, cosmopolita com ampla distribuição e que poder realizar hiperparasitismo facultativo (LA SALLE; POLASZEK, 2007). Os adultos apresentam coloração escura, com brilho metálico. O dimorfismo sexual é evidenciado principalmente pelas antenas que, nas fêmeas apresentam o funículo pigmentado, com três segmentos, além de escapo sem placa sensorial na margem ventral. Nos machos, o funículo apresenta quatro segmentos e só a clava é pigmentada. Além disso, o escapo apresenta uma placa sensorial na margem ventral (GONZÁLEZ, 2003; LA SALLE; POLASZEK, 2007).

A fêmea adulta possui de 1,6 a 2,2 mm e o macho de 1,3 a 1,8 mm de tamanho. O ovipositor é do tipo himenopteriforme, de coloração branco-leitosa, com 0,28 a 0,30 mm de comprimento e 0,08 mm de largura. Os ovos são depositados no interior do hospedeiro e demoram cerca de dois dias para a eclosão das larvas que apresentam três instares com duração aproximada de seis dias até atingir o estágio de pupa. O período pupal dura entre 8 a 9 dias até a emergência dos adultos, sendo >90% fêmeas. A longevidade dos adultos varia de 15 a 25 dias. A duração de ovo a adulto dura aproximadamente 18 dias. O tamanho e o número de descendentes do parasitoide dependem da tamanho e espécie hospedeira (GONZÁLEZ et al., 2003; COSTA et al., 2014ab; RODRIGUES, 2021; MORAES et al., 2023). Segundo BERMÚDEZ et al. (2023), as fêmeas deste parasitoide atingem a maturação sexual e produção de ovos entre as 72 e 96h de idade, sendo o melhor momento para realizar o parasitismo.

O parasitismo de *T. howardi* tem sido relatado em pupas de diferentes espécies de Lepidoptera (VARGAS et al., 2011; BARBOSA et al., 2015; PIÑEYRO et al., 2016, MORAES et al., 2023; BERMÚDEZ et al., 2023). De fato, este parasitoide foi introduzido na África do Sul para o controle das brocas *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae) e *Busseola fusca* (Fuller) (Lepidoptera: Noctuidae), pragas de grande importância econômica nas culturas de milho e sorgo (SKOROSZEWSKI; VAN HAMBURG, 1987; KFIR, 2001), e também nos Estados Unidos e em Cuba, com a finalidade de controlar *Diatraea* spp (Lepidoptera: Crambidae) em diferentes culturas (BENNETT, 1965; ÁLVAREZ et al., 2008). No Brasil, este parasitoide foi encontrado em campo, parasitando pupas de *Plutella xylostella* (L.) (SILVA-TORRES et al., 2010) e pupas de *Diatraea* spp. (CRUZ et al., 2011; VARGAS et al., 2011), tornando-se uma espécie com registro para comercialização contra esta última praga (AGROFIT, 2023).

O parasitoide *T. howardi* possui características importantes para ser considerado como um potencial agente de controle biológico de pragas, pois além de ser capaz de se

desenvolver e parasitar em temperaturas entre 18 e 32 °C (FAVERO et al., 2015), pode ser criado em laboratório utilizando diversos hospedeiros alternativos como pupas de *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae) (BARBOSA et al., 2015), *Bombyx mori* (L.) (Lepidoptera: Bombycidae) (PIÑEYRO et al., 2016), *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae) (FERNANDES, 2018) e *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) (BARBOSA et al., 2019; MACHADO et al., 2023; BERMÚDEZ, 2023), sendo este último considerado de maior potencial como hospedeiro alternativo, visto que existe metodologia de criação bem estabelecida a baixo custo de produção (MACHADO et al., 2023).

2.1 *Tetrastichus howardi* no controle biológico das brocas *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae)

As brocas *Diatraea* spp. ocorrem em todo o território brasileiro (MENDOÇA, 1996; FREITAS, 2007) atacando diferentes culturas como arroz, aveia, cevada, milho, trigo, plantas ornamentais, milheto, crisântemo e cana-de-açúcar. No caso específico da cana-de-açúcar, *Diatraea* spp. são consideradas pragas-chave da cultura. Devido ao seu desenvolvimento parcialmente protegido dentro dos colmos da cana, os inseticidas não conseguem atingir as larvas após a penetração no colmo e pupas. Dessa forma métodos alternativos de controle são importantes. Fato que o principal método de controle de *Diatraea* é o biológico, mediante liberação do parasitoide de larvas *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae). Contudo, parte das larvas desta praga conseguem escapar do parasitismo e atingir o estágio de pupa e, posteriormente, iniciando uma nova geração de adultos.

Por sua vez, o parasitoide *T. howardi*, consegue localizar e parasitar pupas de *Diatraea* spp. (BARBOSA et al., 2019; BERMÚDEZ, 2023). Isso é muito favorável no manejo dessa praga, contribuindo com a ação aditiva àquela obtida pela *C. flavipes*. Teste em laboratório mostraram que o parasitismo de pupas de *Diatraea impersonatella* por *T. howardi* obteve porcentagem de emergência superior a 90% (RODRIGUES et al., 2021; BERMÚDEZ, 2023), com produção média de até 227 ± 92 descendentes por pupa parasitada (BERMÚDEZ et al., 2023). Além disso, BARBOSA et al. (2019), definiram o número de pontos de liberação, assim como o número de parasitoides por pupa da *Diatraea* spp. em canaviais comerciais, alcançando parasitismo de 46,4% de pupas em campo.

2.2 *Tetrastichus howardi* no controle biológico das traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

A *P. xylostella* é a praga de maior importância econômica nas culturas de crucíferas (couve, couve-flor, repolho, brócolis etc.), ocasionando perdas de produtividade. O controle da tração é predominantemente feito com inseticidas, porém com falhas recorrentes, devido à resistência aos diversos princípios ativos (MOTA-SANCHEZ; WISE, 2023). O

parasitoide *T. howardi* possui a capacidade de detectar sinais químicos voláteis de plantas infestadas por lagartas de *P. xylostella*, parasitar e causar mortalidade de 100% de pupas da traça-das-crucíferas em condições de laboratório (MORAES et al., 2023). A liberação inundativa ou inoculativa deste parasitoide em campo com ocorrência de *P. xylostella*, pode contribuir significativamente com o controle desta praga. Em áreas de plantio de brássicas no Agreste de Pernambuco, *T. howardi* já foi encontrado parasitando naturalmente a traça-das-crucíferas (SILVA-TORRES et al., 2010).

2.3 *Tetrastichus howardi* no controle biológico de espécies pragas florestais

No setor florestal, o ataque de lagartas desfolhadoras como *Iridopsis panopla* (Prout), *Thyrnteira arnobia* (Stoll) e *Oxydia vesulia* (Cramer) (Lepidoptera: Geometridae) têm alcançado níveis de danos consideráveis, principalmente na cultura de eucalipto (ZANUNCIO et al., 2018; PEREIRA, 2023). Surtos populacionais de lagartas desfolhadoras recentes em 2022 em plantios de eucalipto, aliado a prospecção de agentes de controle biológico, gearam resultados favoráveis ao uso de um complexo de três espécies de parasitoides, entre esses, *T. howardi* (PEREIRA et al., 2021). Estudos em laboratório mostraram parasitismo com emergência de novos parasitoides de 100% de pupas de *O. vesulia* quando expostas a parasitismo de entre 10 e 15 fêmeas de *T. howardi* por 48h (FAVORETO et al., 2021), evidenciando o potencial deste parasitoide no manejo integrado de lepidópteros desfolhadores de eucalipto. Fato que atualmente *T. howardi* vem sendo empregado em programa de controle biológico de pupas de lagartas desfolhadores (PEREIRA, 2023).

2.4 *Tetrastichus howardi* e compatibilidade com o controle químico

Dentro da filosofia do MIP, sabemos que a utilização do controle biológico deve ser mais uma tática de controle integrada. No MIP, os métodos de controle biológico não são empregados de forma isolada, visto que muitas vezes, a depender do tipo utilizado (conservação ou aumentativo), não é suficiente para suprimir todas as pragas da cultura durante toda o seu ciclo. Assim, é possível que o parasitoide *T. howardi* seja utilizado para manejo das pragas supracitadas, enquanto outros métodos sejam necessários para o controle de pragas não parasitadas. Então, o controle químico pode ser uma ferramenta necessária, e sua utilização deve ser cautelosa visando o controle da praga alvo e menor impacto possível sobre os inimigos naturais, incluindo *T. howardi*. Uma forma de reduzir esse impacto é através da utilização de inseticidas seletivos ou com baixo impacto negativo sobre esse parasitoide. Por exemplo, (MORAES, 2022) mostrou que os inseticidas ciantraniliprole (100 mL/ha) e espinetoram (100 g/ha) não foram prejudiciais a *T. howardi* exposto em diferentes substratos em laboratório. Sendo esses produtos seguros para

uso concomitante com o parasitoide no manejo integrado de pragas das crucíferas. Além disso, (BERMÚDEZ et al., 2023) mostraram que o inseticida clorantraniliprole (450 g/ha) foi compatível com *T. howardi*, permitindo sobrevivência e parasitismo com produção de descendência após a exposição prolongada ao inseticida.

3 | CONCLUSÃO

A liberação e conservação do parasitoide *T. howardi*, visando o controle de diversas pragas da ordem Lepidóptera, é uma tática que busca contribuir com o MIP de maneira mais sustentável, devido a sua ocorrência natural no Brasil e quando necessária a liberação massiva do parasitoide, não impõe impactos adversos ao meio ambiente. Além disso, dificilmente as pragas (hospedeiros) apresentam resistência ao parasitoide, diferentemente dos inseticidas, o que facilita e prolonga sua ação no manejo.

Aspectos como a facilidade para sua criação em larga escala empregando hospedeiro alternativo, como *Tenebrio molitor* L., a baixo custo (MACHADO et al., 2023), aceitação de hospedeiros alternativos sem sofrer efeitos na qualidade e nem condicionamento pre-imaginal (BERMÚDEZ et al., 2023), fazem de *T. howardi* um agente de controle biológico potencial para o controle de lepidópteros em diversas culturas agrícolas.

AGRADECIMENTOS

A CAPES/PROEX-PPGE pelo apoio financeiro e a Jorge Braz Torres (UFRPE) pelas sugestões.

REFERÊNCIAS

ABREU, J.A.S., ROVIDA, A.F.S., CONTE, H. **Controle biológico por insetos parasitoides em culturas agrícolas no Brasil: Revisão de literatura**. UNINGA, v.22, p. 22-23, 2015.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitosanitarios**. AGROFIT, 2023. Disponível: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 05 de jan. de 2023.

ÁLVAREZ, J., NARANJO, F., GRILLO, H. **Estudio de la interacción entre *Lixophaga diatraeae* Towns. (Diptera: Tachinidae) y *Tetrastichus howardi* Olliff. (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoides de *Diatraea saccharalis* Fab. en Cuba - Parte II**. Centro Agrícola, v. 35, p. 71-75, 2008.

BARBOSA, R.H., KASSAB, S.O., PEREIRA, F.F., ROSSONI, C., COSTA, D.P., BERNDT, M.A. **Parasitism and biological aspects of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) pupae**. Ciencia Rural, v. 45, p. 185-188, 2015.

BARBOSA, R.H., PEREIRA, F.F., MOTOMIYA, A.V.A., KASSAB, S.O., ROSSONI, C., TORRES, J.B., MUSSURY, R.M., PASTORI, P.L. ***Tetrastichus howardi* density and dispersal toward augmentation biological control of sugarcane borer**. Neotropical Entomology, v. 48, p. 323-331, 2019.

BELSHAW, R., GRAFEN, A., QUICKE, D.L.J. **Inferring life history from ovipositor morphology in parasitoid wasps using phylogenetic regression and discriminant analysis.** Zoological Journal of the Linnean Society, v. 139, p. 213-228, 2003.

BENNETT, F.D. **Tests with parasites of Asian graminaceous moth-borers on *Diatraea* and allied genera in Trinidad.** Tech Bull. Commonwealth Institute of Biological Control, v. 5, p. 101-116, 1965.

BERMÚDEZ, N.C. **Criação, resposta biológica e comportamental de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) a inseticidas.** Tese (Doutorado em Entomologia) –Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 104p. 2023.

BERMÚDEZ, N.C., NASCIMENTO, D.V., MORATO, R.P., SILVA-TORRES, C.S.A., TORRES, J.B. **Biological and behavioural responses of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi* to insecticides.** Journal of Applied Entomology, v. 147, p. 728-741, 2023.

COSTA, D.P., PEREIRA, F.F., KASSAB, S.O., ROSSONI, C., FAVERO, K., BARBOSA, R.H. **Reprodução de *Tetrastichus howardi* em pupas de *Diatraea saccharalis* de diferentes idades.** Revista de Ciências Agrárias, v. 57, p. 67-71, 2014a.

COSTA, D.P., PEREIRA, F.F., KASSAB, S.O., ROSSONI, C., PASTORI, P.L., ZANUNCIO, J.C. ***Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em diferentes densidades e períodos de parasitismo em lagartas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae).** Annals of the Entomological Society of America, v. 107, p. 961-966, 2014b.

CROPLIFE. **Biodefensivos, cada vez mais presentes no campo.** CROPLIFE, 08 de maio de 2023. Disponível: <<https://croplifebrasil.org/noticias/biodefensivos-cada-vez-mais-presentes-no-campo/>>. Acesso em: 08 de nov. de 2023.

CRUZ, I., REDOAN, A.C., SILVA, R.B., FIGUEIREDO, M.L.C., PENTEADO DIAS, A.M. **New Record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize.** Scientia Agricola, v. 68, p. 252-254, 2011.

DEBACH, P. **Biological control of insect pest and weeds.** London, Chapman and Hall Ltd, p. 844, 1964.

DREZEN, J.M., BÉZIER, A., BURKE, G.R., STRAND, M.R. **Bracoviruses, ichnoviruses, and virus-like particles from parasitoid wasps retain many features of their virus ancestors.** Current Opinion in Insect Science, v. 49, p. 93-100, 2022.

FAVERO, K., PEREIRA, F.F., TORRES, J.B., OLIVEIRA, H.N., KASSAB, S.O., ZANUNCIO, J.C. **Reproduction of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) pupae at different temperatures.** Florida Entomologist, v. 98, p. 865-869, 2015.

FAVORETO, A.L., PAVANI, R.F., RIBEIRO, M.F., ZANUNCIO, A.J.V., SOARES, M.A., ZANUNCIO, J.C., WILCKEN, C.F. ***Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae): first report of parasitism in *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae).** Brazilian Journal of Biology, v. 81, p. 406-410, 2021.

FERNANDES, W.C. **Desempenho biológico de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em lagartas, pupas e pré-pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae) em condições de laboratório e semi-campo.** Tese (Doutorado em entomologia e conservação da biodiversidade) - Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 143p. 2018.

FONTES, E.M.G., PIRES, C.S.S., SUJII, E.R. **Estratégias de uso e histórico**, p. 21-43. In E.M.G. Fontes & M.C. Valadares-Inglis (eds.). Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília, DF, Embrapa, 2020, 510p.

FREITAS, M.R.T., SILVA, E.L., MENDOÇA, A.L., SILVA, C.E., FONSECA, A.P.P., MENDOÇA, A.L., SANTOS, J.S., NASCIMENTO, R.R., SANTANA, A.E.G. **The biology of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) reared under laboratory conditions**. Florida Entomologist, v. 90, p. 309-313, 2007.

GONZÁLEZ, J.F.A., OCA, F.N.M., RAVELO, H.G. **Estudios bioecológicos de *Tetrastichus howardi* Olliff. (Hymenoptera: Eulophidae), parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba**. (Primera parte). Centro Agrícola, v. 30, p. 37-41, 2003.

GULLAN, P.J., CRANSTON, P.S. **Insetos: fundamentos da entomología**, 5ª ed. Rio de Janeiro, Roca, 460p. 2017.

KFIR, R. **Prospects for biological control of the stem borer *Chilo partellus* in grain crops in South Africa**. International Journal of Tropical Insect Science, v. 21, p. 275-280, 2001.

LA SALLE, J., POLASZEK, A. **Aftrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group (Hymenoptera: Eulophidae)**. African Entomology, v. 15, p. 45-56, 2007.

LAUMANN, R.A., SAMPAIO, M.V. **Controle de artrópodes-praga com parasitoides**. p. 65-112. In E.M.G. Fontes & M.C. Valadares-Inglis (eds.). Controle biológico de pragas da agricultura. Brasília, DF, Embrapa, 2020, 510p.

MACHADO, A.V.A., BERMÚDEZ, N.C., VACARI, A.M., SILVA-TORRES, C.S.A., PEREIRA, F.F., TORRES, J.B. **Use of alternative host and production costs of the sugarcane borer parasitoid *Tetrastichus howardi***. BioControl, v. 68, p. 471-481, 2023.

MENDOÇA, A.F. **Guia das principais pragas da cana-de-açúcar**, p. 3-48. In A.F. Mendonça (ed.), Pragas da cana-de-açúcar. Maceió: Insetos e Cia, 239p. 1996.

MORAES, R.J.S.S. **Prospecções de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) para o manejo de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)**. Tese (Doutorado em Entomologia) –Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 82p. 2022.

MORAES, R.J.S.S., SILVA-TORRES, S.A., BARBOSA, P.R.R., TORRES, J.B. **Olfaction Response and fertility life table parameters of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and the factitious host *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)**. Neotropical Entomology, v. 52, p. 921-931, 2023.

MOTA-SANCHEZ, D., WISE, J.C. **The Arthropod Pesticide Resistance Database**. IRAC Michigan State University. Disponível em: <<https://www.pesticideresistance.org/search.php>> Acesso em: 08 de nov. de 2023.

PEREIRA, F.F. **Controle biológico de lagartas desfolhadoras**. Revista Opiniões, v.70, p. 68-69, 2023. Disponível em: < <https://florestal.revistaopinioes.com.br/pt-br/revista/detalhes/20-controle-biologico-de-lagartas-desfolhadoras/>> Acesso em: 08 de nov. de 2023.

PEREIRA, F.F., PASTORI, P.L., KASSAB, S.O., TORRES, J.B., CARDOSO, C.R.G., Fernandes, V.C., OLIVEIRA, H.N., ZANUNCIO, J.C. **Uso de eulofídeos no controle biológico de pragas.** In: J.R.P. Parra., A.S. Pinto., D.E. Nava., R.C. Oliveira., A.J.F. Diniz (Org.). Controle Biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira. 1ed.Piracicaba: FEALQ, v. 1, p. 317-361, 2021.

PIÑEYRO, N.G., PEREIRA, F.F., BORGES, F.L.G., ROSSONI, C., SILVA, A.S., KASSAB, S.O. **Multiplicar *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) en la oruga de la seda afecta su biología?** Acta Biologica Colombiana, v. 21, p. 189-193, 2016.

RODRIGUES, A., PEREIRA, F.F., BARBOSA, P.R.R., SILVA-TORRES C.S.A., TORRES, J.B. **Parasitism behavior of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on larvae and pupae of sugarcane borers.** Journal of Insect Behavior, v. 34, p. 71–81, 2021.

S&P GLOBAL. **Sumário executivo bidefensivos. Mercado Brasileiro I Safra 2021/22.** S&P GLOBAL. Commodity insights. 30 de jun. de 2022. Disponível: <https://croplifebrasil.org/wp-content/uploads/2023/05/Mercado_de_biodefensivos_21_22_SPGlobal_CroplifeBrasil-1.pdf>. Acesso em: 09 de nov. de 2023.

SILVA-TORRES, C.S.A., PONTES, I.V.A.F., TORRES, J.B., BARROS, R. **New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil.** Neotropical Entomology, v. 39, p. 835-838, 2010.

SKOROSZEWSKI, R.W., VAN HAMBURG, H. **The release of *Apanteles flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) against stalk-borers of maize and grain sorghum in South Africa.** African Entomology, v. 50, p. 249-255, 1987.

VAN DEN BOSCH, R., MESSENGER, P.S., GUTIERREZ, A.P. **Natural enemies,** P. 37-58. In Springer (ed.), An introduction to biological control. New York, NY, p. 247, 1982.

VAN LENTEREN, J.C., BOLCKMANS, K., KÖHL, J., RAVENSBERG, W.J., URBANEJA, A. **Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities.** Biocontrol, v. 63, p. 39-59, 2018.

VARGAS, E.L., PEREIRA, F.F., TAVARES, M.T., PASTORI, P.L. **Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil.** Entomotropica, v. 26, p. 143-146, 2011.

ZANUNCIO, J.C., CRUZ, A.P., RAMALHO, F.S., SERRÃO, J.E., WILCKEN, C.F., SILVA, W.M., SANTOS-JÚNIOR, V.C., FERREIRA-FILHO, P.J. **Environmental determinants affecting the occurrence of defoliator caterpillars on eucalyptus (Myrtaceae) plantations in the Brazilian Amazonian region.** Florida Entomologist, v. 101, p. 480-485, 2018.