**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Potencial do ectoparasitoide *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) para controle biológico de treze espécies de lepidópteros-praga

Lucas Vinicius Cantori

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2019**

Lucas Vinicius Cantori
Engenheiro Agrônomo

**Potencial do ectoparasitoide *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera:
Braconidae) para controle biológico de treze espécies de lepidópteros-praga**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Cantori, Lucas Vinicius

Potencial do ectoparasitoide *Habrobracon* hebetor, Say 1857 (Hymenoptera: Braconidae) para controle biológico de treze espécies de lepidópteros-praga / Lucas Vinicius Cantori. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

49 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Controle biológico 2. Ectoparasitoide 3. Parasitoide larval 4. Parasitismo I.
Título

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Roberto Postali Parra pela orientação, ensinamentos, paciência e confiança e por estar sempre disponível.

Ao meu parceiro de jornada Alexandre de Sene Pinto, por sempre me apoiar no meu aprimoramento profissional, pela confiança, e amizade.

À minha querida família, meus pais, Gilberto e Denir, minha irmã Daniela e meu sobrinho Olavo, pelo carinho e amor.

Aos meus avós, Judite e Salvador.

À minha namorada Maria Lígia, por estar sempre ao meu lado.

Aos meus grandes amigos, Marcos, Rafa, Henrique e Felipe.

À Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz e ao Departamento de Entomologia e Acarologia pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Aos professores que compõem o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Entomologia.

Ao Coordenador do programa do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Prof. Dr. Fernando Luis Cónsoli.

À técnica do Laboratório de Biologia de Insetos, Neide Zério, pela colaboração na criação das espécies utilizadas nos experimentos e pela amizade.

A todos os amigos integrantes do Laboratório de Biologia de Insetos, pelo bom tempo que passamos juntos.

Aos estagiários Rodolfo e Rodrigo, que colaboraram na realização dos experimentos.

À empresa Koppert Brasil – Produtos Biológicos, pelo fornecimento de material para os experimentos e pela confiança e apoio.

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Hospedeiros estudados	15
3.2. Criação dos insetos hospedeiros	17
3.3. Criação estoque do parasitoide	17
3.4. Paralisação das espécies hospedeiras	17
3.5. Preferência hospedeira de <i>H. hebetor</i> em laboratório com testes de livre escolha ..	19
3.6. Efeito da densidade de hospedeiros na paralisação por <i>H. hebetor</i>	20
3.7. Biologia de <i>H. hebetor</i> sobre os hospedeiros selecionados	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1. Paralisação das espécies hospedeiras	23
4.1.1. Um (1) parasitoide sobre lagartas de 2º ínstar	23
4.1.2. Um (1) parasitoide sobre lagartas de 4º ínstar	25
4.1.3. Dois (2) parasitoides sobre lagartas de 2º ínstar	26
4.1.4. Dois (2) parasitoides sobre lagartas de 4º ínstar	28
4.1.5. Quatro (4) parasitoides sobre lagartas de 2º ínstar	30
4.1.6. Quatro (4) parasitoides sobre lagartas de 4º ínstar	31
4.2. Preferência hospedeira de <i>H. hebetor</i> em laboratório com testes de livre escolha	36
4.3. Efeito da densidade de hospedeiros na paralisação por <i>H. hebetor</i>	38
4.4. Biologia de <i>H. hebetor</i> sobre hospedeiros selecionados	40
5. CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	45

RESUMO

Potencial do ectoparasitoide *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) para controle biológico de treze espécies de lepidópteros-praga

Dentre os parasitoides utilizados no controle biológico de pragas está *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae), um ectoparasitoide frequentemente encontrado em armazéns de grãos e que parasita espécies de lepidópteros que atacam produtos armazenados. Dada a sua agressividade e pela sua ação em laboratório é um potencial agente de controle biológico de diversas espécies de lagartas que causam prejuízos econômicos. Portanto, no presente trabalho buscou-se avaliar o potencial de parasitismo de *H. hebetor*, parasitoide já existente no Brasil, sobre diferentes pragas agrícolas pertencentes às famílias Noctuidae (9 espécies), Erebidae e Crambidae, em relação à duas espécies de Pyralidae (controles), com base na paralisação e no tempo de tal paralisação em lagartas de diferentes tamanhos, com diferentes densidades do parasitoide, bem como seu desenvolvimento nas espécies escolhidas pelo potencial observado. Foram estudadas as espécies *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) (controle 1), *Corcyra cephalonica* (Staiton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) (controle 2), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chloridea virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera albula* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae). Foram avaliados o tempo e a porcentagem de paralisação das lagartas, assim como a correlação dessas variáveis com o tamanho do hospedeiro (2º ou 4º ínstar) e o número de parasitoides (1, 2 e 4), sendo as espécies mais paralisadas e no menor tempo, selecionadas como melhores por meio de uma análise de componentes principais. Estudou-se a preferência do parasitoide sobre as melhores espécies de lagartas por meio de um teste de livre escolha, observando-se a paralisação e o tempo gasto para tal paralisação. Avaliou-se o efeito da densidade de lagartas na paralisação por *H. hebetor* durante 4 dias. Posteriormente foi realizada a biologia das espécies selecionadas avaliando-se a duração dos estágios evolutivos assim como a viabilidade das melhores espécies e o número de ovos colocados em 3 dias. Não houve relação entre a paralisação e o parasitismo por *H. hebetor*. Quanto maior a paralisação do hospedeiro, menor foi o tempo para tal paralisação. O número de parasitoides e os instares mais avançados reduziram significativamente o tempo de paralisação. Houve grande variação na paralisação entre as espécies das 3 famílias estudadas (Noctuidae, Erebidae, Crambidae) e dentro de uma mesma espécie. Das três espécies selecionadas com base na paralisação, *S. cosmioides*, *A. ipsilon* e *D. saccharalis*, apenas esta última se apresentou como potencial hospedeiro para parasitismo de *H. hebetor*. Existe um potencial de utilização de *H. hebetor* no controle de *D. saccharalis*, com base nos resultados obtidos, exigindo uma validação em condições de campo.

ABSTRACT

Potential of the ectoparasitoid *Habrobracon hebetor*, Say 1857 (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of thirteen species of Lepidoptera pests

Among the parasitoids used in biological pest control is *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae), an ectoparasitoid often found in grain stores and parasitizing lepidopteran species that attack stored products. Given its aggressiveness and its action in the laboratory is a potential agent of biological control of several species of caterpillars that cause economic losses. Therefore, the present work aimed to evaluate the parasitism potential of *H. hebetor*, a parasitoid already present in Brazil, on different agricultural pests belonging to the families Noctuidae (9 species), Erebidae and Crambidae, in relation to 2 Pyralidae species as control, based on the paralyzation and the time of such paralysis in caterpillars of different sizes, with different parasitoid densities, as well as their development in the species with potential. The species studied were: *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) (control 1), *Corcyra cephalonica* (Staiton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) (control 2), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chloridea virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera albula* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae). The time and percentage of caterpillar paralysis were evaluated, as well as the correlation of these variables with the host size (2nd or 4th instar) and the number of parasitoids (1, 2 and 4), with the species being more paralyzed and, in less time, selected as the best by means of a principal component analysis. The preference of the parasitoid on the best caterpillar species was studied by means of a free choice test, observing the paralyzation and the paralyzation time. The effect of caterpillar density on *H. hebetor* paralyzation was evaluated for 4 days. Afterwards the biology of the selected species was evaluated, evaluating the duration of the evolutionary stages as well as the viability of the best species and the number of eggs placed in 3 days. There was no relationship between paralyzation and parasitism by *H. hebetor*. The greater the host paralysis, the longer the paralyzation delay. The number of parasitoids and the more advanced instars significantly reduced the standstill time. There was a great variation of paralysis among the species of the three families studied (Noctuidae, Erebidae, Crambidae) and within the same species. The three species selected based on the paralyzation, *S. cosmioides*, *A. ipsilon* and *D. saccharalis*, only the sugarcane borer presented as a potential host for *H. hebetor* parasitism. There is a potential of using *H. hebetor* in the control of *D. saccharalis*, based on the results obtained, requiring validation under field conditions.

Keywords: Biological control; Ectoparasitoid; Larval paraitoid; Parasitism

1. INTRODUÇÃO

Cento e trinta anos após o primeiro caso de sucesso do controle biológico no mundo (PARRA, 2014a), o Brasil ainda carece de maior número agentes de biocontrole disponíveis no mercado para o controle de pragas, enquanto que na Europa se comercializam, atualmente, cerca de 440 inimigos naturais (van LENTEREN et al. 2018).

Dentre os parasitoides utilizados no controle biológico de pragas está *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae), um ectoparasitoide frequentemente encontrado em armazéns de produtos armazenados e que parasita espécies de lepidópteros-praga nestes ambientes (PARRA, 1989). A espécie em estudo dizima populações de *A. kuehniella* em criações massais para a produção de *Trichogramma* spp. (PARRA, 1997).

Apesar de Castilho et al. (1987) não terem obtido sucesso no controle de lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar, existe um grande potencial do uso desse parasitoide no controle de pragas que causam prejuízos econômicos em diversas culturas em campo. Em outros países, liberações do parasitoide *H. hebetor*, visando ao controle biológico de pragas em campo, foram realizadas com sucesso, como no Irã, para o controle de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae), e na Índia, para o controle de *Opisina arenosella* (Walker, 1864) (Lepidoptera: Xylorytidae) (MOHANTY et al. 2000; DESAI et al. 2007). Estudos mais recentes avaliaram a capacidade de *H. hebetor* em campo para o controle de *Heliocheilus albipunctella* (de Joannis, 1925) (Lepidoptera: Noctuidae) na região de Sahel, na África, com significativa diminuição da praga (BA et al. 2013; KABORE et al. 2017; BAOUA et al. 2018). No Brasil, *H. hebetor* tem sido utilizado para controle de *Ephestia elutella* (Hübner, 1796) (Lepidoptera: Pyralidae) em armazéns de fumo (PARRA, 2014a).

Para o sucesso de um programa de controle biológico de uma praga, se faz necessário o estudo de diversas etapas até que o agente de controle biológico seja levado ao campo (PARRA et al. 2002). A seleção do hospedeiro alternativo, aspectos biológicos e comportamentais, a dinâmica da praga, número de parasitoides liberados, avaliação da eficiência do parasitoide e modelo de simulação parasitoide/praga são algumas das várias etapas a serem conhecidas.

A biologia de *H. hebetor* foi estudada por diversos pesquisadores e é bem conhecida (PAYNE, 1934; JACKSON e BUTTLER, 1984; CASTILHO et al. 1987; SERRA, 1992; KHALIL et al. 2016), mas pouco se conhece sobre a preferência hospedeira (KHALIL et al. 2016), o ínstar mais adequado de cada espécie (MAGRO, 2001; GOLIZADEH, 2017), a

densidade do hospedeiro (ULLYETT, 1945) ou do parasitoide (CASTILHO et al. 1987) e o desenvolvimento do parasitoide em diferentes hospedeiros (KHALIL et al. 2016).

O parasitoide *H. hebetor* é de fácil criação, frequentemente utilizado como modelo de estudo, tendo sido uma das principais espécies a serem criadas “in vitro” no Brasil (MAGRO et al. 2006).

Portanto, no presente trabalho buscou-se avaliar o potencial de parasitismo de *H. hebetor*, parasitoide existente no Brasil, sobre diferentes pragas agrícolas pertencentes às famílias Noctuidae (especialmente), Erebidae e Crambidae, em relação às duas espécies de Pyralidae utilizadas como controle, com base na paralisação e no tempo para tal paralização em lagartas de diferentes tamanhos, com diferentes densidades do parasitoide, bem como no seu desenvolvimento nas espécies selecionadas como potenciais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como já comentado, há cento e trinta anos do primeiro caso de sucesso de controle biológico no mundo (PARRA, 2014a), ainda hoje no Brasil existem poucos agentes de controle disponíveis, diferentemente da Europa, com mais de 440 inimigos naturais comercializados (van LENTEREN, 2018). Assim, é importante aumentar o número de agentes de controle biológico disponíveis, buscando-se novos inimigos naturais que possam estar disponíveis ao agricultor.

Dentre os parasitoides conhecidos que atacam lagartas está *Habrobracon hebetor* Say, 1857, um ectoparasitoide cosmopolita que possui uma grande quantidade de hospedeiros, sendo a maioria de espécies que atacam produtos armazenados (GOLIZADEH et al. 2017; SOLA et al. 2018). Dentre as pragas para as quais *H. hebetor* tem maior potencial de controle estão as da família Pyralidae embora o parasitoide também seja estudado sobre hospedeiros da família Noctuidae (BORZOU, 2016). Na Alemanha, o parasitoide é comercializado como BraconTop® (produto comercial), visando ao controle de traças em ambientes fechados.

Apesar da maioria dos estudos estar voltada para o controle de pragas de produtos armazenados, existem trabalhos com *H. hebetor* direcionados para o controle de lepidópteros-praga em campo. No Brasil, Castilho et al. (1987) realizaram liberações de *H. hebetor* em canaviais visando ao controle da broca-da-cana, *Diatraea saccharalis*, mas não houve recaptura dos parasitoides.

Fora do Brasil, liberações do parasitoide *H. hebetor* visando ao controle biológico de pragas em campo existem, como no Irã, para o controle de *Helicoverpa armigera*, e na Índia, para o controle de *Opisina arenosella* (MOHANTY et al. 2000; DESAI et al. 2007). Estudos mais recentes avaliaram a capacidade de *H. hebetor* em campo para o controle de *Heliocheilus albipunctella* em fazendas na região de Sahel, na África. Após sucessivas liberações de *H. hebetor* em campo, os autores observaram que a população da praga diminuiu significativamente (BA et al. 2013; KABORE et al. 2017; BAOUA et al. 2018). Ba et al. (2013) constataram uma mortalidade de até 97% de *H. albipunctella* após as liberações de *H. hebetor* em campo. Os fazendeiros que participaram do programa constataram que *H. hebetor* foi eficaz e que tiveram ganhos significativos no rendimento dos grãos de milheto. Kabore et al. (2017) defenderam que liberações aumentativas de *H. hebetor* em campo, realizadas a cada dois anos, seriam suficientes para diminuir a população daquela importante praga do milheto.

Baoua et al. (2018) avaliaram a dispersão do parasitoide, sendo realizadas liberações de 900 a 1.000 parasitoides por ponto de liberação. A capacidade de dispersão foi avaliada indiretamente por meio de avaliações de parasitismo em diferentes distâncias (0, 3 e 5 Km) e nas fazendas (controle) a 15 Km. Após 5 semanas da liberação, observaram altos níveis (> 90%) de parasitismo em até 3 Km de distância do ponto de liberação, parasitismo esse semelhante ao que ocorreu no local de liberação. Assim, os autores afirmaram que o parasitoide pode ser eficiente quando liberado em raios de até 3 km.

Como enfatizado anteriormente, a utilização de um inimigo natural em campo visando ao controle biológico de uma praga, deve ser o último passo num processo de estudos do potencial do inimigo natural, pois anteriormente alguns parâmetros para o sucesso de um programa de controle biológico devem ser estudados (PARRA et al. 2002). A seleção do hospedeiro alternativo, aspectos biológicos e comportamentais, a dinâmica da praga, número de parasitoides liberados, avaliação da eficiência do parasitoide e modelo de simulação parasitoide/praga são algumas das várias etapas a serem conhecidas.

A associação de *H. hebetor* com fungos entomopatogênicos (MAHDAVI et al. 2013) visando ao controle de pragas vem sendo estudada. Segundo Mahdavi et al. (2013), *H. hebetor* pode ser utilizado em conjunto visando a um manejo integrado de pragas, sendo que os fungos *Beauveria bassiana* (Vuillemin) e *Metarhizium anisopliae* (Sorokin), não afetam, segundo os autores, a biologia do parasitoide. *M. anisopliae* e *H. hebetor* vêm sendo estudados para o manejo integrado de *H. armigera* (JARRAHI, 2016).

No processo de parasitismo, *H. hebetor* reconhece pistas químicas (caïromônios) liberadas por seus hospedeiros, que vão orientá-lo (DARWISH et al. 2003). Após encontrar seu hospedeiro, a fêmea de *H. hebetor* injeta um veneno, por meio do seu ovipositor, que o paralisa. Essa paralisação, segundo Serra (1992), ocorre em temperaturas superiores a 8°C. Segundo Kryukova et al. (2015), o efeito do veneno de *H. hebetor* sobre *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae) afeta fortemente as propriedades dos hemócitos, induzindo a liberação de cálcio dos estoques intracelulares, destruindo as células imunes do hospedeiro. É conhecida que a habilidade do veneno de *H. hebetor* causar a paralisia do hospedeiro é mediada por três proteínas parcialmente caracterizadas que bloqueiam, de forma pré-sináptica, a transmissão glutaminérgica (USHERWOOD e MACHILI, 1966; WALTHER e RATHMAYER, 1974). A espécie hospedeira e o tamanho são importantes indicativos na determinação do mecanismo de sensibilidade e desintoxicação do veneno de *H. hebetor* (ULLYETT, 1945). Lagartas maiores teoricamente precisariam de mais veneno para a paralisação e Akinkurolere et al. (2009) comprovaram esta hipótese.

Segundo Matthews (1974), a paralisação hospedeira provocada por *H. hebetor* é relativamente permanente e/ou fatal. Este fenômeno também foi observado por Richards e Thomson (1932). O sucesso da paralisação de *H. hebetor* é dependente da espécie hospedeira, sendo que Khalil et al. (2016) observaram que *G. mellonella* foi mais paralisada do que *H. armigera*, com paralisações de 97 e 75%, respectivamente. *H. hebetor* leva em média 116 minutos para paralisar seu hospedeiro (*A. kuehniella*), com intervalo de variação de 30-330 minutos (SERRA, 1992).

Akinkulore et al. (2009) observaram que *H. hebetor* prefere hospedeiro de instares mais elevados de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae). Devido à importância do tamanho do hospedeiro no desenvolvimento do parasitoide, em trabalhos de biologia envolvendo *H. hebetor* são utilizadas lagartas de 4º ou 5º instar (MAGRO, 2001; GOLIZADEH, 2017).

A fêmea do parasitoide tem o hábito de paralisar todos os hospedeiros que estiverem próximos (RICHARDS e THOMSON, 1932; ULLYETT, 1945) e paralisam muito mais hospedeiros do que seu potencial de oviposição (BEARD, 1972).

O potencial diário de paralisação é de 35 lagartas para uma fêmea, e o o parasitoide é capaz de paralisar até 30 lagartas em 24 horas (ULLYETT, 1945),

Os ovos só são colocados sob, ao lado ou sobre o hospedeiro, uma vez que o mesmo esteja paralisado, hábito que permite que os ovos não se desprendam do hospedeiro, como observado por Payne (1934), que também relatou que os ovos não são colocados no mesmo local onde a fêmea do parasitoide introduziu o ovipositor no processo de paralisação. As fêmeas do parasitoide gastam algum tempo inspecionando o hospedeiro paralisado, utilizando sensores localizados no ovipositor, buscando a melhor posição para efetivamente colocarem seus ovos. A fêmea dificilmente interrompe a oviposição quando incomodada (SOLIMAN, 1940),

A. kuehniella proporciona melhor desenvolvimento em relação a *P. interpunctella*, corroborando com os resultados obtidos por Taylor (1988). Khalil et al. (2016) observaram que *G. mellonella* apresenta melhores resultados para a fecundidade diária e a sobrevivência dos parasitoides adultos, além do tempo de desenvolvimento, em relação a *H. armigera*, *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Sitotroga cerealella* Oliver, 1789 (Lepidoptera: Gelechiidae). Existe de uma forte influência de diferentes espécies hospedeiras na sobrevivência e no tamanho dos adultos de *H. hebetor* (SAADAT et al. 2014), assim como o tamanho do hospedeiro (RASOOL et al. 2017).

Resultados obtidos por Golizadeh (2017) e Payne (1934) indicaram que o número de ovos depositados é variável de acordo com os fatores abióticos.

Segundo Castilho et al. (1987), o número máximo de ovos depositados por uma fêmea de *H. hebetor* sobre uma lagarta de *D. saccharalis* é de 40 ovos. Serra (1992), por sua vez, encontrou resultados semelhantes ao oferecer ao parasitoide, lagartas de 4º e 5º ínstar de *A. kuehniella*, com valores de 48 e 46 ovos, respectivamente, a 25°C. O autor ainda afirmou que uma fêmea de *H. hebetor*, a 25°C, coloca em média, 231 ovos.

A distância mínima crítica que os ovos de *H. hebetor* podem ser colocados em relação ao hospedeiro foi estudada por Soliman (1940). O autor observou que até um centímetro de distância as larvas conseguem se orientar até o hospedeiro, mas além dessa distância as larvas ficam sem se alimentar. Nesse estágio de desenvolvimento foram observadas viabilidades entre 55 e 85% (JACKSON e BUTTLER, 1984; CASTILHO et al. 1987).

Ao eclodir, as larvas se alimentam dos fluidos e de tecidos do hospedeiro e nesse estágio a viabilidade geralmente é alta, com a maioria das larvas alcançando a fase de pupa (SOLIMAN, 1940). Os fluidos (hemolinfa) são previamente coagulados no processo de paralisação hospedeira, ou seja, o veneno injetado pela fêmea do parasitoide coagula a hemolinfa. Portanto, ao romper a epiderme do hospedeiro, os fluidos não extravasam sobre as larvas (KRYUKOVA et al. 2015).

H. hebetor passa por quatro estádios larvais (RICHADS e THOMSON, 1932). O tamanho do hospedeiro é determinante no desenvolvimento de larvas que darão origem a adultos de tamanho normal. No estágio larval, foram observadas viabilidades entre 86-91% (JACKSON e BUTTLER, 1984; CASTILHO et al. 1987), valores consideravelmente maiores em relação às viabilidades do período de ovo-larva. No estágio final de desenvolvimento, as larvas têm o hábito de abandonar o hospedeiro e, em sequência, iniciam a confecção do casulo. A viabilidade das fases de pré-pupa (98,7%) e de pupa (97%) são ainda maiores do que aquelas de larva e ovo (JACKSON e BUTLER, 1984).

No parasitismo, o adulto se alimenta da hemolinfa, como citado por Beard (1972), e este hábito aumenta sua longevidade (GROSCH, 1950). Isso é importante, pois um dos fatores que determinam a viabilidade de se produzir e comercializar um inimigo natural é o tempo que os inimigos naturais permanecem viáveis para serem utilizados.

Seyahooei et al. (2018) concluíram que fêmeas podem viver por até três semanas a 5°C, sem comprometer seus parâmetros biológicos e Chen et al. (2013) observaram que as fêmeas do parasitoide permanecem em diapausa por oito semanas à 5°C. As fêmeas que

sofreram diapausa, produziram mais descendentes, em relação às fêmeas que não sofreram diapausa. Além do alimento, a temperatura atua de forma inversamente proporcional, ou seja, quanto mais alta a temperatura menor a longevidade do adulto (SERRA, 1992). E segundo Chen et al. (2013), induzir a diapausa através de baixas temperaturas, favorece o aumento da progênie. Apesar dessas informações, o parasitoide poderia vir a ser transportado por longas distâncias em baixas temperaturas, sem afetar sua viabilidade, podendo ser possível sua comercialização no Brasil, onde as distâncias do local de produção em relação ao de liberação, em geral, são bastante grandes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foi estudado o potencial de controle do parasitoide *Habrobracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) sobre 13 espécies de lagartas hospedeiras. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Foram utilizadas câmaras climatizadas reguladas à $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar (UR) de $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas para a manutenção dos insetos e condução das pesquisas.

3.1. Hospedeiros estudados

Foram estudadas 13 espécies de importância econômica: *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) (controle 1), *Corcyra cephalonica* (Staiton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) (controle 2), *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1809) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chloridea virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera albula* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae), *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae), *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae) e *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae) (Figura 1).

Figura 1. Espécies avaliadas como potenciais hospedeiros para controle biológico por *H. hebetor*.

3.2. Criação dos insetos hospedeiros

As espécies hospedeiras foram criadas em laboratório em dieta artificial indicada para cada espécie. *A. kuehniella* foi criada em dieta artificial proposta por Parra et al. (1989), seguindo o modelo de criação de Parra et al. (2014b), à base de farinha de trigo integral e levedura. *C. cephalonica* foi criada em germe-de-trigo em flocos seguindo o método de criação proposto por Bernardi et al. (2000). As espécies *H. armigera*, *S. cosmioides*, *S. frugiperda*, *C. includens*, *S. albula*, *S. eridania*, *H. zea*, *A. gemmatalis* e *A. ipsilon* foram criadas sobre a dieta artificial proposta por Greene et al. (1976), utilizando-se feijão branco e criadas de acordo com Parra (2015). A espécie *D. saccharalis* foi criada em dieta artificial proposta por Hensley e Hammond (1968) modificada, à base de germe-de-trigo e farelo de soja.

As dietas foram oferecidas em tubos de vidro cilíndrico (2,5 cm, de diâmetro x 8,5 cm de altura) tampados com chumaço de algodão hidrófilo, segundo a metodologia de Parra (1999).

3.3. Criação estoque do parasitoide

Os exemplares de *H. hebetor* foram obtidos da criação de *A. kuehniella* (pois os parasitoides são muito importantes por destruírem a traça) do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Esalq/USP e multiplicados sobre o mesmo hospedeiro, em condições controladas a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 14 horas de fotofase e UR de $60\pm 10\%$. Foi oferecida, diariamente, uma lagarta de 5º ínstar de *A. kuehniella* por casal do parasitoide em tubos de vidro (2,0 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), fechados com tampa de borracha, como proposto por Serra (1992). As lagartas parasitadas eram retiradas dos tubos de vidro e transferidas para placas de Petri (6,0 cm x 2,0 cm), após 24 horas.

3.4. Paralisação das espécies hospedeiras

A paralisação de espécies hospedeiras por *H. hebetor* foi estudada levando-se em consideração o ínstar e a densidade de fêmeas do parasitoide por lagarta. Em tubos de ensaio (50 mm de comprimento x 8 mm de diâmetro) contendo 2 mL de dieta utilizada para cada espécie de lagarta foi colocada uma lagarta de 2º ou 4º ínstar de cada hospedeiro junto a 1, 2 ou 4 fêmeas de *H. hebetor* e, posteriormente, tampados com algodão hidrófilo (Figura 1).

Uma gotícula de mel puro foi colocada na parede interna do tubo como fonte de alimento para o parasitoide.

Foram realizadas avaliações aos 20, 40, 60, 120, 180, 360, 540, 720 e 1.440 minutos após o oferecimento das lagartas às fêmeas do parasitoide, anotando-se se a lagarta foi ou não paralisada por *H. hebetor* e o tempo para consumir a paralisação. O experimento contou com 30 repetições para cada espécie, cada ínstar estudado e cada quantidade do parasitoide avaliada. A paralisação foi avaliada visualmente, dando pequenas batidas nos tubos para confirmar a falta de movimento da lagarta (paralisação).

Figura 2. Tubos de ensaio contendo uma lagarta de 2º ou 4º ínstar de cada espécie hospedeira estudada e com 1, 2 ou 4 fêmeas de *H. hebetor* tampados com algodão hidrófilo. Temperatura: $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, Umidade Relativa: $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

As medianas referentes ao tempo de paralisação foram avaliadas por meio do método não paramétrico de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn, utilizando-se o Software R e representadas graficamente.

Analisou-se se o tempo de paralisação foi afetado pelos ínstaes e o total de parasitoides, utilizando-se um modelo linear generalizado (GLM) (NELDER e WEDDERBURN, 1972) com uma distribuição gaussiana. A variável dependente foi o tempo de paralisação observado e o ínstar observado para o hospedeiro e total de parasitoides oferecidos, foram utilizadas como variáveis preditoras ($P < 0,05$).

Foi realizada uma seleção hospedeira dentre os 13 hospedeiros testados, avaliando-se duas variáveis: tempo e porcentagem de paralisação. De forma a ordenar os hospedeiros, foi aplicada uma ACP (Análise de Componentes Principais), reduzindo o espaço paramétrico para obter uma combinação linear que representasse as duas variáveis. Para o processamento e análise dos dados, utilizou-se o software R (R Development Core Team, 2008).

3.5. Preferência hospedeira de *H. hebetor* em laboratório com testes de livre escolha

O teste de preferência foi realizado entre os hospedeiros considerados como melhores, de acordo com os resultados do experimento 3.4., com base na paralisação de *H. hebetor* Lagartas de 4º ínstar (ínstar mais adequado, de acordo com os resultados obtidos no experimento do item 3.4 de cada uma das espécies hospedeiras) foram colocadas em placas de Petri tripartidas (100 mm de diâmetro x 15 mm de altura) com 40 ml de dieta artificial e uma fêmea de *H. hebetor* acasalada com 24 h de vida. Para a vedação das células internas da placa foi utilizada massa de modelar da marca Acrilex® (água, carboidrato de cereais, glúten, cloreto de sódio, conservantes, aroma, aditivos e pigmentos) nas bordas, onde foi fixado um pedaço de tecido “voile” e, posteriormente, o parasitoide foi colocado sobre o tecido e a placa foi fechada com a tampa acrílica (Figura 2). Com isso, a fêmea do parasitoide teve chance de escolha entre as espécies oferecidas. O experimento contou com 30 repetições.

As avaliações foram realizadas aos 10, 30, 60, 120, 180, 360, 540, 720, 1.440, 1.500, 1.560, 1.620, 1.800 e 1.980 minutos, sendo as lagartas observadas e aquelas com suspeita de paralisia foram tocadas com a ponta de uma pinça para essa confirmação e foi anotado o número de lagartas paralisadas em cada período. A preferência do parasitoide entre as espécies foi avaliada em porcentagem. As medianas referentes ao tempo de paralisação foram analisadas por meio do método não paramétrico Kruskal-Wallis, família ‘quasi-Poisson’, seguido pelo teste de Tukey, utilizando-se o Software R.

Figura 3. A) Placas de Petri tripartidas. B) Placas de Petri tripartidas preenchidas com dieta e com massa de modelar. C) Placas de Petri tripartidas com lagartas de 4º ínstar de *A. ipsilon*, *S. cosmioides* e *D. saccharalis* cobertas com tecido “voile”. D) Placas de Petri tripartidas com lagartas de 4º ínstar de *A. ipsilon*, *S. cosmioides* e *D. saccharalis* cobertas com tecido “voile” e com uma fêmea de *H. hebetor*, tampadas com tampa de acrílico. Temperatura: $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, Umidade Relativa: $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

3.6. Efeito da densidade de hospedeiros na paralisação por *H. hebetor*

Foram oferecidas 1, 2, 4, 8 e 16 lagartas das espécies *A. kuehniella* (escolhida em relação à *C. cephalonica* por ser mais frequentemente criada massalmente no Brasil e por não ter sido tão satisfatoriamente paralisaada na presente pesquisa), *A. ipsilon*, *S. cosmioides* e *D. saccharalis*, previamente selecionadas no experimento 3.4, para uma fêmea de *H. hebetor*, previamente acasalada e com 24 h de vida em placas de Petri (100 mm de diâmetro x 15 mm de altura) contendo 20 mL de dieta, fechadas com tampa acrílica (Figura 3). O experimento foi constituído de 10 repetições por tratamento (espécie hospedeira). A cada 24 h, avaliou-se o número de lagartas paralisaadas, como descrito anteriormente, num período de quatro dias. As lagartas paralisaadas eram retiradas das placas, sem reposição do número inicial. As avaliações

foram realizadas a cada 24 horas. Os resultados foram analisados pelo teste estatístico ANOVA seguido pelo teste de Tukey, utilizando o Software R.

Figura 4. Placas de Petri com 1, 2, 4, 8 e 16 lagartas das espécies *A. kuehniella* (A. k), *A. ipsilon* (A. i), *S. cosmioides* (S. c) e *D. saccharalis* (D. s), com uma fêmea de *H. hebetor*. Temperatura: $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, Umidade Relativa: $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

3.7. Biologia de *H. hebetor* sobre os hospedeiros selecionados

A biologia de *H. hebetor* sobre as espécies selecionadas previamente no experimento 3.4 (*A. kuehniella*, *A. ipsilon*, *S. cosmioides* e *D. saccharalis*) foi realizada em tubos de ensaio (50 mm de altura x 8 mm de diâmetro), onde foram colocadas uma lagarta de 4º ínstar da espécie estudada com uma fêmea de *H. hebetor*, previamente acasalada e com 24 h de idade. Esses tubos foram fechados com um chumaço de algodão hidrófilo (Figura 4). Na parede interna do tubo foi colocada uma gotícula de mel puro como fonte de alimento para o parasitoide.

Para cada espécie hospedeira foram consideradas trinta repetições, avaliando-se a cada 24 h a quantidade de ovos colocados por parasitoide em cada lagarta, larvas eclodidas, pupas formadas e adultos emergidos. Os parasitoides permaneceram nos tubos durante 3 dias.

A partir dos resultados obtidos foram avaliadas a duração e a viabilidade dos estágios de desenvolvimento, assim como o ritmo de oviposição das fêmeas durante três dias.

Figura 5. Tubos de ensaio contendo uma lagarta das espécies *D. saccharalis* (1), *S. cosmioides* (2), *A. ipsilon* (3) e *A. kuehniella* (4), com uma fêmea de *H. hebetor*, tampados com algodão hidrófilo. Temperatura: $25 \pm 1^\circ\text{C}$, Umidade Relativa: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Paralisação das espécies hospedeiras

4.1.1. Um (1) parasitoide sobre lagartas de 2º ínstar

Os extremos de paralisação ocorreram para *A. kuehniella* e *A. ipsilon* (Figura 6), com tempo médio de 60 minutos, e para *C. includens* e *S. frugiperda*, com 720 minutos. O controle com o piralídeo *C. cephalonica* teve um tempo médio de paralisação três vezes maior do que o outro controle, *A. kuehniella*. Os demais noctuídeos ficaram no intervalo de 180 a 360 minutos, ficando o representante da família Erebidae e *S. eridania* (outro noctuídeo) em 450 minutos.

O intervalo de paralisação mais rápido ocorreu para *A. kuehniella*, sendo o limite superior de 540 minutos. Entretanto, não houve correspondência entre o limite superior de tempo e porcentagem de paralisação, pois *A. gemmatalis* que teve esse limite superior de 720 minutos (Tabela 1) teve uma porcentagem de paralisação de 6,7% (Tabela 1). O início da paralisação variou de 20 a 540 minutos, com uma média de 90 minutos. O limite superior para todas as espécies foi muito alto (1.440 minutos), exceto para *A. gemmatalis*. Portanto, não há correlação entre tempo e a porcentagem de paralisação, exceto para o controle *A. kuehniella* (Tabela 1). A porcentagem de paralisação foi superior a 90% para os dois controles (93,3 e 90%), *A. ipsilon* e *D. saccharalis* (Tabela 1).

Figura 6. Tempo de paralisação em lagartas de 2º ínstar das espécies ag (*Anticarsia gemmatalis*), ai (*Agrotis ipsilon*), ak (*Anagasta kuehniella*), cc (*Corcyra cephalonica*), ci (*Chrysodeixis includens*), cv (*Chloridea virescens*), ds (*Diatraea saccharalis*), har (*Helicoverpa armigera*), hz (*Helicoverpa zea*), sa (*Spodoptera albula*), sc (*Spodoptera cosmioidea*), se (*Spodoptera eridania*), sf (*Spodoptera frugiperda*), por uma fêmea de *Habrobracon hebetor*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn (p<0.05).

Tabela 1. Tempo médio de paralisação, intervalo de variação do tempo e porcentagem de paralisação em lagartas de 2º ínstar dos insetos das famílias, Noctuidae, Crambidae e Erebidae, por uma fêmea de *Habrobracon hebetor*, em relação ao controle (traças da família Pyralidae). Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécie	Família	Tempo médio de paralisação (min)	Variação do tempo de paralisação (min)	Porcentagem de paralisação (%)
<i>A. kuehniella</i>	Pyralidae	60	20 – 540 a	93,3
<i>C. cephalonica</i>	Pyralidae	180	60 – 1440 abc	90,0
<i>H. armigera</i>	Noctuidae	360	20 – 1440 abc	50,0
<i>H. zea</i>	Noctuidae	360	60 – 1440 bc	56,7
<i>C. virescens</i>	Noctuidae	180	20 – 1440 abc	63,3
<i>S. cosmioidea</i>	Noctuidae	180	20 – 1440 abc	76,7
<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	720	20 – 1440 c	53,3
<i>C. includens</i>	Noctuidae	720	540 -1440 bc	16,7
<i>S. albula</i>	Noctuidae	360	20 – 1440 abc	76,7
<i>S. eridania</i>	Noctuidae	450	180 – 1440 bc	53,3
<i>A. ipsilon</i>	Noctuidae	60	20 – 1440 ab	93,3
<i>D. saccharalis</i>	Crambidae	180	20 – 1440 ab	90,0
<i>A. gemmatalis</i>	Erebidae	450	180 -720 abc	6,7

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo de Dunn (p<0,05)

4.1.2. Um (1) parasitoide sobre lagartas de 4º ínstar

O tempo de paralisação por 1 parasitoide sobre lagartas de 4º ínstar foi semelhante àquele valor quando foram oferecidas lagartas de 2º ínstar (Figura 7). O final da paralisação para lagartas maiores foi o mesmo daquele observado para lagartas de 2º ínstar. Por outro lado, a paralisação (%) em geral baixou e apenas as espécies *A. kuehniella* e *A. ipsilon* foram paralisadas em mais de 90%, sendo que *C. cephalonica* e *D. saccharalis* tiveram as porcentagens de paralisação reduzidas para 73,3 e 67%, respectivamente (Tabela 2.).

Figura 7. Tempo de paralisação em lagartas de 4º ínstar das espécies ag (*Anticarsia gemmatalis*), ai (*Agrotis ipsilon*), ak (*Anagasta kuehniella*), cc (*Corcyra cephalonica*), ci (*Chrysodeixis includens*), cv (*Chloridea virescens*), ds (*Diatraea saccharalis*), har (*Helicoverpa armigera*), hz (*Helicoverpa zea*), sa (*Spodoptera albula*), sc (*Spodoptera cosmioidea*), se (*Spodoptera eridania*), sf (*Spodoptera frugiperda*), por uma fêmea de *Habrobracon hebetor*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn (p<0.05).

Tabela 2. Tempo médio de paralisação, intervalo de variação do tempo e porcentagem de paralisação em lagartas de 4º ínstar dos insetos das famílias, Noctuidae, Crambidae e Erebidae, por uma fêmea de *Habrobracon hebetor*, em relação ao controle (traças da família Pyralidae). Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécie	Família	Tempo médio de paralisação (min)	Variação do tempo de paralisação (min)	Porcentagem de paralisação (%)
<i>A. kuehniella</i>	Pyralidae	60	20 -1440 bc	100
<i>C. cephalonica</i>	Pyralidae	120	20 -1440 cd	73,3
<i>H. armigera</i>	Noctuidae	540	120 – 1440 de	63,3
<i>H. zea</i>	Noctuidae	360	20 -1440 efg	53,3
<i>C. virescens</i>	Noctuidae	360	60 – 1440 f	73,3
<i>S. cosmioides</i>	Noctuidae	270	40 – 1440 eg	66,7
<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	360	40 – 1440 eg	46,7
<i>C. includens</i>	Noctuidae	180	40 – 1440 de	63,3
<i>S. albula</i>	Noctuidae	450	40 – 1440 efg	73,3
<i>S. eridania</i>	Noctuidae	1080	120 – 1440 i	53,3
<i>A. ipsilon</i>	Noctuidae	40	20 -720 b	90,0
<i>D. saccharalis</i>	Crambidae	360	20 -720 fgh	67,0
<i>A. gemmatalis</i>	Erebidae	180	40 – 720 acdefgh	10

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo de Dunn ($p<0,05$)

Portanto, considerando-se os resultados dos itens 4.1.1 e 4.1.2, a paralisação foi mais rápida quando foram estudadas lagartas de 4º ínstar, resultados esses semelhantes àqueles obtidos por Serra (1992), onde a paralisação aumenta com o avanço dos ínstar. Segundo este autor, o parasitoide leva em média 116 minutos para paralisar uma lagarta de 5º ínstar de *A. kuehniella*, com intervalo de variação de 30 a 330 minutos.

4.1.3. Dois (2) parasitoides sobre lagartas de 2º ínstar

Com o aumento do número de parasitoides houve uma diminuição do tempo para o início da paralisação, passando de 90 minutos para 24 minutos, considerando-se todas as espécies. Entretanto, o início da paralisação manteve-se constante para *A. kuehniella*, *A. ipsilon*, *C. virescens*, *S. cosmioides*, *D. saccharalis*, *S. albula*, *S. frugiperda*, com 20 minutos. O maior número de parasitoides por lagartas de 2º ínstar diminuiu o tempo para início de paralisação de *C. cephalonica*, *A. gemmatalis*, *S. eridania*, *C. includens* e *H. zea*. O tempo médio de paralisação decresceu em relação a um parasitoide por lagartas de 2º ínstar (Tabela 3). Quando foram colocadas duas lagartas, a porcentagem média de paralisação superior a 90% foi observada nos dois controles, em *A. ipsilon* e em *D. saccharalis* (Tabela 3).

O tempo médio de paralisação de lagartas de 2º ínstar foi menor nas espécies *A. kuehniella*, *C. cephalonica* e *A. gemmatalis* (Figura 8) sendo em média 60 minutos (Tabela 3). Embora *A. gemmatalis* tenha sido paralisada rapidamente nessa condição, a porcentagem de paralisação foi a menor dentre as espécies, com 20%, seguida por *C. includens*, com 36,7% (Tabela 3).

Figura 8. Tempo de paralisação em lagartas de 2º ínstar das espécies ag (*Anticarsia gemmatalis*), ai (*Agrotis ipsilon*), ak (*Anagasta kuehniella*), cc (*Corcyra cephalonica*), ci (*Chrysodeixis includens*), cv (*Chloridea virescens*), ds (*Diatraea saccharalis*), har (*Helicoverpa armigera*), hz (*Helicoverpa zea*), sa (*Spodoptera albula*), sc (*Spodoptera cosmioides*), se (*Spodoptera eridania*), sf (*Spodoptera frugiperda*), por duas fêmeas de *Habrobracon hebetor*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn (p<0.05).

Tabela 3. Tempo médio de paralisação, intervalo de variação do tempo e porcentagem de paralisação em lagartas de 2º ínstar dos insetos das famílias, Noctuidae, Crambidae e Erebidae, por duas fêmeas de *Habrobracon hebetor*, em relação ao controle (traças da família Pyralidae). Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécie	Família	Tempo médio de paralisação (min)	Variação do tempo de paralisação (min)	Porcentagem de paralisação (%)
<i>A. kuehniella</i>	Pyralidae	60	20 – 360 a	100
<i>C. cephalonica</i>	Pyralidae	60	20 – 1440 ac	100
<i>H. armigera</i>	Noctuidae	720	60 – 1440 d	56,7
<i>H. zea</i>	Noctuidae	540	20 – 1440 bd	76,7
<i>C. virescens</i>	Noctuidae	540	20 – 1440 bd	80,0
<i>S. cosmioides</i>	Noctuidae	180	20 – 1440 abcd	70,0
<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	540	20 – 1440 abcd	66,7
<i>C. includens</i>	Noctuidae	540	40 – 1440 abcd	36,7
<i>S. albula</i>	Noctuidae	450	20 – 1440 bcd	73,3
<i>S. eridania</i>	Noctuidae	360	20 – 1440 bcd	66,7
<i>A. ipsilon</i>	Noctuidae	120	20 – 1440 abc	100
<i>D. saccharalis</i>	Crambidae	360	20 – 1440 bd	100
<i>A. gemmatilis</i>	Erebidae	60	20 – 540 abcd	20,0

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo de Dunn ($p < 0,05$)

4.1.4. Dois (2) parasitoides sobre lagartas de 4º ínstar

O tempo médio de início de paralisação para todas as espécies aumentou de 24 para 35 minutos. Portanto, o acréscimo de um indivíduo não antecipou tal paralisação; por outro lado, o tempo médio de paralisação que era de 335 minutos foi reduzido para 276 minutos. A porcentagem de paralisação foi significativamente aumentada, passando a ser superior a 90% (em todos os casos 100%) em *A. kuehniella*, *C. cephalonica*, *H. armigera*, *S. cosmioides*, *C. virescens*, *S. frugiperda*, *S. eridania*, *S. albula*, *A. ipsilon* e *D. saccharalis* (Tabela 4 e Figura 9). Portanto, ficou evidente uma relação entre o aumento de parasitoides e a porcentagem de paralisação em lagartas de estágio mais avançado, para muitos representantes da família Noctuidae incluindo o complexo *Spodoptera*.

Figura 9. Tempo de paralisação em lagartas de 4º instar das espécies ag (*Anticarsia gemmatalis*), ai (*Agrotis ipsilon*), ak (*Anagasta kuehniella*), cc (*Corcyra cephalonica*), ci (*Chrysodeixis includens*), cv (*Chloridea virescens*), ds (*Diatraea saccharalis*), har (*Helicoverpa armigera*), hz (*Helicoverpa zea*), sa (*Spodoptera albula*), sc (*Spodoptera cosmioides*), se (*Spodoptera eridania*), sf (*Spodoptera frugiperda*), por **duas fêmeas** de *Habrobracon hebetor*. Temperatura: $25\pm 1^\circ\text{C}$, Umidade Relativa: $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn ($p<0.05$).

Tabela 4. Tempo médio de paralisação, intervalo de variação do tempo e porcentagem de paralisação em lagartas de 4º instar dos insetos das famílias, Noctuidae, Crambidae e Erebidae, por **duas fêmeas** de *Habrobracon hebetor*, em relação ao controle (traças da família Pyralidae). Temperatura: $25\pm 1^\circ\text{C}$, Umidade Relativa: $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

Espécie	Família	Tempo médio de paralisação (min)	Variação do tempo de paralisação (min)	Porcentagem de paralisação (%)
<i>A. kuehniella</i>	Pyralidae	40	20 -540 b	100
<i>C. cephalonica</i>	Pyralidae	120	20 -720 bcd	100
<i>H. armigera</i>	Noctuidae	540	40 -1440 ae	100
<i>H. zea</i>	Noctuidae	360	20 - 1440 acde	73,3
<i>C. virescens</i>	Noctuidae	300	60 - 1440 acde	100
<i>S. cosmioides</i>	Noctuidae	120	20 - 360 bc	100
<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	360	40 -1440 ae	100
<i>C. includens</i>	Noctuidae	360	20 - 1440 ae	70,0
<i>S. albula</i>	Noctuidae	270	20 - 1440 acde	100
<i>S. eridania</i>	Noctuidae	360	40 - 720 ade	100
<i>A. ipsilon</i>	Noctuidae	40	20 - 720 b	100
<i>D. saccharalis</i>	Crambidae	360	20 - 1440 bcde	100
<i>A. gemmatalis</i>	Erebidae	360	120 - 1440 a	63,3

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de kruskal-wallis seguido pelo de dunn ($p<0,05$)

4.1.5. Quatro (4) parasitoides sobre lagartas de 2º ínstar

Considerando-se todas as espécies, houve uma redução do tempo médio de paralisação de 292 minutos em relação a 348 minutos quando foram colocadas duas fêmeas e 327 minutos quando colocou-se uma fêmea do parasitoide. Não houve grande diferença do tempo de paralisação e houve uma redução do número de espécies com porcentagens superiores a 90%. Figuraram nessa lista os dois controles, *S. cosmioides*, *C. virescens*, *A. ipsilon* e *D. saccharalis*.

De modo geral, o tempo de paralisação sobre lagartas de 2º ínstar foi menor quando confinadas com quatro parasitoides (Figura 10). Nas espécies com porcentagens de paralisação intermediária, foi observado mais de 80% de paralisação, sendo *A. gemmatalis* e *C. includens* as espécies menos paralisadas, 56,7 e 63,3%, respectivamente (Tabela 5).

Figura 10. Tempo de paralisação em lagartas de 4º ínstar das espécies ag (*Anticarsia gemmatalis*), ai (*Agrotis ipsilon*), ak (*Anagasta kuehniella*), cc (*Corcyra cephalonica*), ci (*Chrysodeixis includens*), cv (*Chloridea virescens*), ds (*Diatraea saccharalis*), har (*Helicoverpa armigera*), hz (*Helicoverpa zea*), sa (*Spodoptera albula*), sc (*Spodoptera cosmioides*), se (*Spodoptera eridania*), sf (*Spodoptera frugiperda*), por **quatro fêmeas** de *Habrobracon hebetor*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn (p<0.05).

Tabela 5. Tempo médio de paralisação, intervalo de variação do tempo e porcentagem de paralisação em lagartas de 2º ínstar dos insetos das famílias, Noctuidae, Crambidae e Erebidae, por **quatro fêmeas** de *Habrobracon hebetor*, em relação ao controle (traças daa família Pyralidae). Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécie	Família	Tempo médio de paralisação (min)	Variação do tempo de paralisação (min)	Porcentagem de paralisação (%)
<i>A. kuehniella</i>	Pyralidae	20	20 – 20 bd	100
<i>C. cephalonica</i>	Pyralidae	60	20 – 540 abce	100
<i>H. armigera</i>	Noctuidae	450	20 – 1440 abce	86,7
<i>H. zea</i>	Noctuidae	300	20 – 1440 ae	86,7
<i>C. virescens</i>	Noctuidae	360	20 – 1440 ae	90,0
<i>S. cosmioides</i>	Noctuidae	180	40 – 720 ace	100
<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	240	120 – 1440 bce	86,7
<i>C. includens</i>	Noctuidae	540	180 – 1440 d	63,3
<i>S. albula</i>	Noctuidae	180	40 – 1440 ae	86,7
<i>S. eridania</i>	Noctuidae	360	40 – 1440 ae	80,0
<i>A. ipsilon</i>	Noctuidae	240	20 - 1440 bc	100
<i>D. saccharalis</i>	Crambidae	150	20 – 1440 ae	100
<i>A. gemmatalis</i>	Erebidae	720	120 - 1440 a	56,7

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo de Dunn ($p<0,05$)

4.1.6. Quatro (4) parasitoides sobre lagartas de 4º ínstar

Ainda que em menor escala, houve redução do tempo médio de paralisação (216 minutos) com quatro fêmeas de *H. hebetor* em relação aos 292 minutos e 276 minutos, respectivamente, para duas e uma fêmea do parasitoide. O início da paralisação foi semelhante aos tratamentos anteriores.

A porcentagem de paralisação foi bastante alta, sendo para todas as espécies com valores superiores a 90%, exceto *H. zea* e *A. gemmatalis* (Tabela 6 e Figura 11).

Apesar de 2 parasitoides por lagartas de 4º ínstar terem paralisado maior número de espécies em suas totalidades (Tabela 4), as espécies foram paralisadas mais rapidamente com 4 parasitoides (Tabela 6). Considerando-se as duas variáveis, tempo e porcentagem de paralisação, *H. zea* e *A. gemmatalis* foram as espécies com menor porcentagem de paralisação entre as espécies, nessa condição, ou seja, quatro parasitoides por lagarta de 4º ínstar.

Figura 11. Tempo de paralisação em lagartas de 4º ínstar das espécies ag (*Anticarsia gemmatalis*), ai (*Agrotis ipsilon*), ak (*Anagasta kuehniella*), cc (*Corcyra cephalonica*), ci (*Chrysodeixis includens*), cv (*Chloridea virescens*), ds (*Diatraea saccharalis*), har (*Helicoverpa armigera*), hz (*Helicoverpa zea*), sa (*Spodoptera albula*), sc (*Spodoptera cosmioidea*), se (*Spodoptera eridania*), sf (*Spodoptera frugiperda*), por **quatro fêmeas** de *Habrobracon hebetor*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn (p<0.05).

Tabela 6. Tempo médio de paralisação, intervalo de variação do tempo e porcentagem de paralisação em lagartas de 4º ínstar dos insetos das famílias, Noctuidae, Crambidae e Erebidae, por **duas fêmeas** de *Habrobracon hebetor*, em relação ao controle (traças da família Pyralidae). Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécie	Família	Tempo médio de paralisação (min)	Variação do tempo de paralisação (min)	Porcentagem de paralisação (%)
<i>A. kuehniella</i>	Pyralidae	22,7	20 – 40 c	100
<i>C. cephalonica</i>	Pyralidae	150,7	20 – 360 ab	100
<i>H. armigera</i>	Noctuidae	219,3	40 – 1440 a	100
<i>H. zea</i>	Noctuidae	392,7	20 – 1440 a	76,7
<i>C. virescens</i>	Noctuidae	237,3	40 – 1440 a	100
<i>S. cosmioidea</i>	Noctuidae	227,3	20 – 1440 ab	100
<i>S. frugiperda</i>	Noctuidae	299,3	20 – 1440 a	93,3
<i>C. includens</i>	Noctuidae	394,3	20 – 1440 a	93,3
<i>S. albula</i>	Noctuidae	87,1	20 – 540 bc	93,3
<i>S. eridania</i>	Noctuidae	146	20 – 540 ab	100
<i>A. ipsilon</i>	Noctuidae	92	40 – 180 ab	100
<i>D. saccharalis</i>	Crambidae	192	20 – 720 ab	97
<i>A. gemmatalis</i>	Erebidae	352,2	20 – 1440 a	73,3

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo de Dunn (p<0,05)

Considerando-se os itens, 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5 e 4.1.6 observou-se que à medida que se aumenta o número de parasitoides por lagarta bem como quando são oferecidas

lagartas de ínstares mais avançados, aumenta a porcentagem de paralisação e diminui o tempo de paralisação (Figura 12). Talvez se se aumentasse o número de parasitoides, os resultados poderiam ser diferentes. Serra (1992) considerou como adequada a densidade de 3 parasitoides por lagarta de *A. kuehniella*. Agrupando-se todos os resultados pode-se observar, nas espécies preferidas, que há uma diminuição do tempo em relação à porcentagem de paralisação (maior paralisação em menor tempo) (Figura 12).

Figura 12. Porcentagem e tempo de paralisação de *H. hebetor* sobre as espécies hospedeiras estudadas. 1p/2º (um parasitoide sobre lagartas de 2º ínstar), 1p/4º (um parasitoide sobre lagartas de 4º ínstar), 2p/2º (dois parasitoides sobre lagartas de 2º ínstar), 2p/4º (dois parasitoides sobre lagartas de 4º ínstar), 4p/2º (quatro parasitoides sobre lagartas de 2º ínstar), 4p/4º (quatro parasitoides sobre lagartas de 4º ínstar). Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Por meio do método de regressão linear (glm) com distribuição gaussiana após uma transformação log no tempo, observou-se correlação entre o ínstar e o número de parasitoides interferindo no tempo de paralisação, ($f=35,56$; $R^2=31,8$). A análise glm indica que ambos, número de parasitoides e ínstar do hospedeiro, apresentam sinal negativo, logo, quanto mais avançado o ínstar e maior o número de parasitoides, menor será o tempo de paralisação (Tabela 7).

Tabela 7. Correlação entre número de parasitoides e ínstar hospedeiro interferindo no tempo de paralisação.

Coeficientes	Padrão estimado	Valor de t	Pr (> t)	
Interceptação	2.56403 ± 0.05146	49.829	$< 2e-16$	***
Número de parasitoides	$- 0,06251 \pm 0.01082$	-5.778	8.87e-09	***
Ínstar do hospedeiro	$- 0.12233 \pm 0.02697$	-4.535	6.12e-06	***

Códigos de significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

A Análise de Componentes Principais (ACP) indicou um autovalor igual a 1,66 associado à CP1 (Autovalor de componentes principais, 1) com uma variação total de 83%. Pelo critério de Kaiser, que seleciona apenas as componentes com autovalor maior que 1, apenas CP1 foi utilizada para ordenar os hospedeiros.

Tabela 8. Autovalores e porcentagem da variação total explicada.

	Autovalores	Variação total (%)	Variação acumulada (%)
CP1	1,66	83	83
CP2	0,34	17	100

Utilizando-se o valor de CP1 para cada espécie como um indicador numérico para ordená-las, foram selecionadas aquelas espécies cujo indicador apresentou o menor valor (maior porcentagem de paralisação e menor tempo de paralisação). As espécies selecionadas foram *A. kuehniella*, *A. ipsilon*, *D. saccharalis*, *S. cosmioides* e *C. cephalonica* (Tabela 9).

Tabela 9. Autovalores referentes à paralisação por *Habrobracon hebetor* e tempo de paralisação das espécies, AG (*Anticarsia gemmatalis*), AI (*Agrotis ipsilon*), AK (*Anagasta kuehniella*), CC (*Corcyra cephalonica*), CI (*Chrysodeixis includens*), CV (*Chloridea virescens*), DS (*Diatraea saccharalis*), HA (*Helicoverpa armigera*), HZ (*Helicoverpa zea*), SA (*Spodoptera albula*), SC (*Spodoptera cosmioides*), SE (*Spodoptera eridania*), SF (*Spodoptera frugiperda*). As espécies separadas na tabela foram selecionadas como as melhores.

Espécies	Paralisação	Tempo	Indicador
AK	1	22,66	-1,5813
CI	0.93	394,28	1,0975
AG	0.70	352,38	2,4553
SA	1	237,33	-0,2993
SC	1	146	-0,8447
DS	0.93	87,14	-0,7368
SE	1	227,33	-0,3590
SF	0.93	299,28	0,5302
HZ	0.73	392,72	2,4666
HA	1	219,33	-0,4068
CV	0.96	192,41	-0,3378
CC	1	150,66	-0,8168
AI	1	92	-1,1672

Desde que as duas espécies utilizadas como controle foram selecionados como melhores hospedeiros (*C. cephalonica* e *A. kuehniella*), optou-se por trabalhar com a espécie controle com maior porcentagem de paralisação e menores valores de tempo de paralisação (*A. kuehniella*). Talvez se se aumentasse o número de parasitoides (além de 4), as espécies selecionadas como melhores poderiam ser outras, como por exemplo, as espécies do complexo *Spodoptera*.

A. gemmatalis e *C. includens* são espécies mais móveis (agitadas) dentre as 13 estudadas e foram as que apresentaram as menores porcentagens de paralisação, com 6,6 e 16,6 %, respectivamente. Com essas observações, levantou-se a hipótese de que *H. hebetor* preferiria hospedeiros menos móveis, sendo que *A. ipsilon*, espécie pouco móvel, esteve entre as mais paralisadas. Essa hipótese, no entanto, teria que ser validada.

Embora *H. hebetor* seja generalista, a sua capacidade da paralisação não está estritamente ligada à sua capacidade de parasitar, sendo a porcentagem parasitismo sempre menor do que a paralisação (MAGRO, 2001).

4.2. Preferência hospedeira de *H. hebetor* em laboratório com testes de livre escolha

Quando foi dada a chance de escolha para *H. hebetor* pelas espécies hospedeiras selecionadas no ensaio do item 4.1 (*S. cosmioides*, *A. ipsilon* e *D. saccharalis*), 40% das fêmeas de *H. hebetor* preferiram paralisar *S. cosmioides*, 20% *D. saccharalis* e 40% das fêmeas optaram por *A. ipsilon* (Figura 13). Apesar desta variação numérica, segundo o teste de Tukey, não houve diferença estatística na escolha de *H. hebetor* entre as espécies hospedeiras.

Figura 13. Porcentagem de paralisação por *Habrobracon hebetor* sobre as espécies *S. cosmioides*, *D. saccharalis* e *A. ipsilon*, sob condição de livre escolha em placas de Petri tripartidas. Temperatura: $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, Umidade Relativa: $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas. **Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p<0,05$)**

O tempo que *H. hebetor* levou para realizar a escolha (paralisação) não diferiu estatisticamente entre as espécies hospedeiras, baseando-se nas análises estatísticas utilizadas (Tabela 10).

Tabela 10. Tempo médio que *H. hebetor* levou para paralisar as espécies *A. ipsilon*, *D. saccharalis* e *S. cosmioides*.

Espécies	Número total de lagartas	Tempo médio de escolha (paralisação) (min.)	Número de lagartas paralisadas
<i>A. ipsilon</i>	30	1112 a	12
<i>D. saccharalis</i>	30	1130 a	6
<i>S. cosmioides</i>	30	1045 a	12

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis, família quasi-Poisson, seguido pelo de Tukey ($p < 0,05$).

Para a paralisação, considerando-se os valores numéricos, o tamanho e a cor das espécies poderiam ser fatores relevantes na escolha do parasitoide, pois as espécies *S. cosmioides* e *A. ipsilon*, são maiores e mais escuras em relação a *D. saccharalis*. A preferência pelo tamanho do hospedeiro foi encontrada no experimento 4.1. (Figura 12), onde as lagartas de 4º ínstar foram mais paralisadas do que as de 2º ínstar, corroborando com resultados da presente pesquisa obtidas nos itens 4.1.1., 4.1.2., 4.1.3., 4.1.4., 4.1.5. e 4.1.6. e coincidindo com resultados obtidos por Akinkurolere (2009). O autor ofereceu quatro ínstars (1, 2, 3 e 4º) de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae) ao parasitoide, com chance de escolha e sem chance de escolha e em ambos os casos, lagartas de 4º ínstar foram as mais paralisadas. Podem estar envolvidos outros fatores além do ínstar (AKINKUROLERE, 2009) e coloração (SCHOLLER e PROZELL, 2003), como compostos químicos (MBATA et al. 2017) as quais devem ser pesquisados.

O tempo de paralisação das espécies *D. saccharalis*, *S. cosmioides* e *A. ipsilon* por *H. hebetor*, no teste de livre escolha, foi maior quando comparado com resultados obtidos no experimento do item 4.1., quando se ofereceu uma fêmea do parasitoide para lagartas de 4º ínstar (Tabela 11).

Tabela 11. Tempo médio de paralisação (TMP) em minutos por *Habrobracon hebetor* sobre as espécies, *Agrotis ipsilon*, *Spodoptera cosmioides* e *Diatraea saccharalis*, entre os experimentos 4.1 e 4.2.

Espécies	TMP (min)	TMP (min)
	Experimento 4.1	Experimento 4.2
<i>Agrotis ipsilon</i>	40	1112
<i>Diatraea saccharalis</i>	360	1130
<i>Spodoptera cosmioides</i>	270	1045

O tempo que o parasitoide levou para paralisar as lagartas nesse experimento foi muito maior quando comparado ao experimento do item 4.1 (Tabela 11). Talvez o fato de ter que escolher entre as três espécies fez com que a fêmea demorasse mais para realizar a escolha (paralisação). Existem poucos estudos sobre a preferência hospedeira com teste de livre escolha para *H. hebetor* e talvez a própria massa de modelar utilizada para separar as lagartas possa ter interferido na escolha de paralisação.

4.3. Efeito da densidade de hospedeiros na paralisação por *H. hebetor*

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para as quantidades de 1 e 2 lagartas por parasitoide ($p = 0.404$; $f = 1$ e $p = 0.467$; $f = 0.868$, respectivamente), indicando que *H. hebetor* consegue paralisar as duas densidades das espécies estudadas num período de 4 dias (Tabela 12).

Eliopoulos e Stathas (2018) afirmaram que o efeito da densidade hospedeira afeta não só a paralisação, mas também o potencial reprodutivo do parasitoide. Os autores observaram que quando oferecido apenas um hospedeiro ao parasitoide, o potencial reprodutivo foi substancialmente reduzido em relação à maioria das densidades.

A. ipsilon foi a espécie menos paralisada quando oferecidas 4, 8 ou 16 lagartas.

Tabela 12. Valores correspondentes ao número de lagartas de *A. kuehniella*, *A. ipsilon*, *D. saccharalis* e *S. cosmioides*, paralisadas por *H. hebetor* durante quatro dias. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécies	Número de lagartas por parasitoide				
	1	2	4	8	16
<i>A. kuehniella</i>	1,0 ± 0,0 a	2,0 ± 0,0 a	3,9 ± 0,1 a	8,0 ± 0,0 a	15,8 ± 1,3 a
<i>A. ipsilon</i>	1,0 ± 0,0 a	1,7 ± 0,2 a	2,5 ± 0,6 b	4,6 ± 0,9 b	7,3 ± 1,9 b
<i>D. saccharalis</i>	1,0 ± 0,0 a	1,8 ± 0,2 a	4,0 ± 0,1 a	8,0 ± 0,0 a	12,2 ± 1,7 ab
<i>S. cosmioides</i>	0,9 ± 0,1 a	1,6 ± 0,2 a	3,7 ± 0,1 a	6,8 ± 0,5 a	10,5 ± 1,1 ab

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste estatístico anova seguido do teste de Tukey (p<0,05).

Os resultados indicam que o parasitoide consegue paralisar em número elevado de lagartas de *A. kuehniella* nas quantidades superiores a 2, testadas durante 4 dias, não diferindo significativamente de *D. saccharalis* e *S. cosmioides*. Soliman (1940) observou que de 20 lagartas de *A. kuehniella* oferecidas num período de 24 horas, o parasitoide paralisou 9,3 indivíduos. Cem por cento (100%) das lagartas de *D. saccharalis* e *A. kuehniella* foram paralisadas quando oferecidas em densidades de 4 e 8 no período testado, ou seja, quatro dias. Na densidade mais elevada (16 lagartas por parasitoide), para as três pragas potencialmente selecionadas, houve um decréscimo da paralisação (Tabela 12).

Visando à utilização de *H. hebetor* em um programa de controle biológico para o controle das pragas testadas, se torna importante o conhecimento do efeito de tal parasitoide na densidade hospedeira. No controle biológico aplicado, se faz necessário definir a quantidade de parasitoides a serem liberados, conhecendo-se previamente a densidade populacional da praga. A biologia, nesse item, não foi estudada, mas segundo resultados obtidos por Eliopoulos e Stathas (2018), o potencial reprodutivo do parasitoide é maior em densidades maiores de lagartas. Sendo assim, a densidade hospedeira pode ser uma aliada na manutenção da população dos parasitoides nas espécies em que foram paralisadas em maiores quantidades, uma vez que o parasitoide terá maior possibilidade de se manter no local onde foi liberado. Os estudos na região de Sahel (BA et al. 2013; KHALIL et al. 2016; BAOUA et al. 2018) mostraram que, a longo prazo, o parasitoide obteve altas porcentagens de parasitismo em distâncias maiores do local de liberação. Pode ser que a densidade da praga beneficiou a manutenção da população do parasitoide no campo uma vez que as liberações poderiam ser feitas em intervalos de 2 anos.

Não se pode afirmar que se aumentar o número de hospedeiros o parasitoide continuará paralisando na mesma proporção. Lagartas maiores (4º ínstar) foram mais paralisadas no experimento 4.1 (Figura 12).

Em última análise, no presente estudo, à medida que se aumentou a densidade de lagartas (4 a 16), aumentou a porcentagem de paralisação para *A. kuehniella*, *D. saccharalis* e *S. cosmioides*, embora segundo Akinkulore et al. 2009, *H. hebetor* prefira lagartas maiores, e, no presente caso, *A. kuehniella* que é a menor das espécies testadas, numericamente foi a mais paralisada.

4.4. Biologia de *H. hebetor* sobre hospedeiros selecionados

Das espécies em que *H. hebetor* completou o período ovo-adulto, não houve diferença estatística na duração do referido período em *A. kuehniella*, *D. saccharalis* e *S. cosmioides*. Apenas em *A. ipsilon*, *H. hebetor* não completou o referido período pois as larvas do parasitoide morreram após a eclosão (Tabela 13). O maior efeito se deu sobre a viabilidade das três espécies que completaram o período ovo-adulto, pois para *S. cosmioides* houve uma alta mortalidade larval (92%) e 50% de mortalidade de ovos e de pupas, resultando numa viabilidade do período de apenas 2% (Tabela 14). Por outro lado, a viabilidade de *D. saccharalis* e de *A. kuehniella*, foram semelhantes, embora a viabilidade larval tenha sido maior para *A. kuehniella* e a pupal para *D. saccharalis*, resultando numa viabilidade total semelhante, em torno de 45% (Tabela 14). Embora sem diferença estatística, a diferença numérica do período ovo-adulto de *H. hebetor* em *D. saccharalis*, se deveu à menor duração do período larval do parasitoide neste hospedeiro, com 3,03 dias, valor inferior aos 4,55 dias obtidos por Magro (2001), nas mesmas condições de temperatura e UR.

O número de ovos colocados, durante três dias, foi maior em *A. kuehniella*, embora a viabilidade desses ovos tenha sido semelhante em *S. cosmioides* e *D. saccharalis* (Tabela 14). As lagartas que nasceram de ovos colocados em *A. ipsilon* morreram após a eclosão (Tabela 13). Os valores encontrados para o desenvolvimento de *H. hebetor* em *D. saccharalis* e *A. kuehniella*, se encontram nas faixas registradas na literatura por Magro (2001), Serra (1992) e Soliman (1940).

A menor duração do período total de *H. hebetor* em *A. kuehniella*, 9,8 dias, foi encontrada por Ahmed (1985) em temperaturas mais elevadas.

Magro (2001) verificou a viabilidade do ciclo total de *A. kuehniella* de 90%, onde 100% dos ovos foram viáveis, 92% das larvas, 98% das pupas. Castilho et al. (1987), por sua vez, observaram uma viabilidade total de 45% em *D. saccharalis* (semelhante ao valor obtido na presente pesquisa), sendo que a viabilidade dos ovos foi de 55% e as de larva e pupa foram superiores a 85 e 95%, respectivamente. As diferenças encontradas podem estar relacionadas

ao fato de os autores terem trabalhado em temperatura de 28°C, superior aos 25°C da presente pesquisa.

Todas as espécies de lagartas paralisadas vieram a morrer em todos os experimentos, corroborando com os resultados de Matthews (1974) e Richards e Thomson (1932).

Tabela 13. Duração de fases imaturas e total (ovo-adulto) de *H. hebetor* criado sobre nas espécies hospedeiras: *A. kuehniella*, *D. saccharalis*, *Agrotis ipsilon* e *S. cosmioides*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécies	Duração (dias)				N
	Ovo	Larva	Pupa	Ovo-adulto	
<i>A. kuehniella</i>	1,56 ± 0,14 a	3,75 ± 0,21 b	9,09 ± 0,19 a	14,10 ± 0,42 a	30
<i>D. saccharalis</i>	1,44 ± 0,24 a	3,03 ± 0,16 a	8,72 ± 0,15 a	13,74 ± 0,19 a	25
<i>S. cosmioides</i>	1,65 ± 0,11 a	6,27 ± 0,78 c	8,00 ± 0,00 a	14,11 ± 0,59 a	3
<i>A. ipsilon</i>	2,02 ± 0,14 a*	-	-	-	0

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*as larvas vieram a morrer após a eclosão.

Tabela 14. Viabilidade (%), média, de *H. hebetor* criado sobre as espécies hospedeiras: *A. kuehniella*, *D. saccharalis*, *Agrotis ipsilon* e *S. cosmioides*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécies	Viabilidade (%)			
	Ovo	Larva	Pupa	Ciclo total (ovo-adulto)
<i>A. kuehniella</i>	64,9 ± 0,005 a	92,0 ± 0,0265 a	74,4 ± 0,052 a	44,4 ± 0,028 a
<i>D. saccharalis</i>	66,4 ± 0,582 a	76,0 ± 0,0615 a	92,7 ± 0,043 a	46,8 ± 0,039 a
<i>S. cosmioides</i>	50,0 ± 0,079 a	8,0 ± 0,0527 b	50,0 ± 0,289 b	2 ± 0,140 b
<i>A. ipsilon</i>	22,0 ± 0,066 b	-	-	-

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste de regressão linear glm com função quasi-Poisson seguido do teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 15. Média do número de ovos colocados por *H. hebetor* e viabilidade dos ovos em relação à duração e viabilidade do ciclo ovo-adulto de *H. hebetor* criado sobre as espécies hospedeiras: *A. kuehniella*, *D. saccharalis*, *Agrotis ipsilon* e *S. cosmioides*. Temperatura: 25±1°C, Umidade Relativa: 60±10% e fotofase de 14 horas.

Espécies	Duração (dias) (ovo-adulto)	Viabilidade (%) (ovo-adulto)	Média do número de ovos (3 dias)	Viabilidade dos ovos
<i>A. kuehniella</i>	14,10 ± 0,42 a	44,4 ± 0,028 a	12,60 ± 0,72 a	64,9 ± 0,0045 a
<i>D. saccharalis</i>	13,74 ± 0,19 a	46,8 ± 0,039 a	7,60 ± 1,30 b	66,4 ± 0,582 a
<i>S. cosmioides</i>	14,11 ± 0,59 a	2 ± 0,140 b	6,50 ± 0,56 b	50,0 ± 0,079 a
<i>A. ipsilon</i>	-	-	6,48 ± 0,67 b	22,0 ± 0,0664 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste de regressão linear glm com função quasi-Poisson seguido do teste de Tukey ao nível de 5%.

As espécies hospedeiras selecionadas para essa etapa sofreram altas porcentagens de paralisação; entretanto, os resultados obtidos nos estudos de biologia de *H. hebetor* nas espécies *A. ipsilon* e *S. cosmioides*, indicam não haver correlação entre paralisação e parasitismo (Tabela 15). *H. hebetor* tende a ser generalista, porém, ao mesmo tempo pode não estar ligado somente à imobilização para a oviposição, mas sim relacionado a um período de avaliação mais minucioso do hospedeiro. Tal avaliação é iniciada no processo de ingestão da hemolinfa extravasada no processo de paralisação. A ingestão do líquido de um substrato de interesse revela ao parasitoide suas condições nutricionais (RICHARDS e THOMSON, 1932).

Os resultados mostraram que o parasitoide, apesar de paralisar muito bem essas espécies, não conseguiu se desenvolver nas mesmas, portanto *H. hebetor* consegue se desenvolver em *D. saccharalis* não diferindo estatisticamente do controle *A. kuehniella*, com alta paralisação e alto parasitismo (Figuras 11, 12, 13 e 14) (Tabela 14), embora tenha colocado menos ovos em 3 dias. Talvez em *D. saccharalis*, *H. hebetor* necessite de um tempo maior do que 3 dias para colocação dos ovos, pois segundo Serra (1992), existem picos no ritmo de oviposição de *H. hebetor* sobre *A. kuehniella* aos 8, 13, 24, 29 e 31 dias, sendo que no presente trabalho a colocação dos ovos foi observada apenas por três dias.

Os dados obtidos em laboratório indicam um potencial de *H. hebetor* para controle de *D. saccharalis*, podendo vir a ser utilizado num programa de controle biológico dessa praga. Se em testes de campo *H. hebetor* se mostrar eficiente para o controle de *D. saccharalis*, existem opções da utilização do parasitoide associado a microrganismos (MAHDAVI et al. 2013), ou mesmo a macrorganismos utilizados no controle da broca-da-cana (PARRA, 2014a). É conveniente salientar que *H. hebetor* apenas paralisando a lagarta, vai mata-la, e, portanto, de qualquer forma poderá contribuir para a redução da população dessa importante praga.

A maior eficiência de *H. hebetor* a um representante da família Crambidae, no caso, *D. saccharalis*, pode estar relacionado à filogenia de Crambidae, muito próximo, filogeneticamente, à Pyralidae (SOLIS, 2007), família à qual pertence *A. kuehniella*, principal espécie hospedeira de *H. hebetor*.

O potencial de parasitismo de *H. hebetor* sobre espécies de lagartas das superfamílias Noctuoidea e Pyraloidea, reforça as razões dos resultados obtidos na presente pesquisa.

5. CONCLUSÕES

Para *Habrobracon hebetor* Say, 1857 não há relação entre a paralisação e parasitismo;

Quanto maior a paralisação do hospedeiro, menor é o tempo para tal paralisação;

O número de parasitoides e os ínstares mais avançados reduzem significativamente o tempo de paralisação;

Há grande variação de paralisação entre as espécies das 3 famílias estudadas (Noctuidae, Erebidae e Crambidae) e dentro de uma mesma espécie;

Das três espécies selecionadas com base na paralisação, *S. cosmioides*, *A. ipsilon* e *D. saccharalis*, apenas a broca-da-cana se apresenta como potencial hospedeiro para parasitismo de *H. hebetor*;

Existe um potencial de utilização de *H. hebetor* no controle de *D. saccharalis*, com base nos resultados obtidos, exigindo validação em condições de campo.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M. S. H.; AL-MALIKY, S. K.; AL-TAWELL, A. A.; JABO, N. F.; AL-HAKKAK, Z. S. Effects of three temperature regimes on rearing and biological activities of *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Stored Product Research**, v.21, p.65-68, 1985.
- AKINKUROLERE, R. O.; BOYER, S.; CHEN H.; ZHANG, H. Parasitism and host-location preference in *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae): role of refuge, choice, and host instar. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, p. 610–615, 2009.
- BA, M. N.; BAOUA, I.; N'DIAYE, M.; DABIRE-BINSO, C.; SANON, A.; TAMÒ, M. Biological control of the millet head miner *Heliocheilus albipunctella* in the Sahelian region by augmentative releases of the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor*: effectiveness and farmers' perceptions. **Phytoparasitica**, v. 41, e. 5, p. 569-576, 2013.
- BAOUA, I. B.; BA, M. N.; AMADOU, L. KABORE, A.; DABIRE-BINSO, C. L. Field dispersal of the parasitoid wasp *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) following augmentative release against the millet head miner *Heliocheilus albipunctella* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Sahel. **Biocontrol Science and technology**, v. 28, e. 4, p. 404-415, 2018.
- BEARD, R. L. Effectiveness of paralyzing venom and its relation to host discrimination by braconid wasps. **Annals of the Entomological Society of America**, Columbus, v. 65, e. 1, p. 90-93, 1972.
- BERNARDI, E. B.; HADDAD, M. L.; PARRA, J. R. P. Comparison of artificial diets for rearing *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) for Trichogramma mass production. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 1, 2000.
- BORZOUI, E.; NASERI, B.; MOHAMMADZADEH-BIDARANI, M. Adaptation of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) to Rearing on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect**, v. 16, 2016.
- CASTILHO, H. J.; BOTELHO, P. S. M.; ALMEIDA, L. C.; ARAÚJO, J. R. Testes com *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) para o controle biológico da espécie da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (F.). In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**, 11., Resumos. Campinas, SEB, v. 1, p. 204, 1987.
- CHEN, H.; ZHANG, H.; ZHU, K.Y.; THRONE, J. Performance of diapausing parasitoid wasps, *Habrobracon hebetor*, after cold storage. **Biological Control**, v. 64, p. 186–194, 2013.

DARWISH, E.; EL-SHALZY, M.; EL-SHERIF, H. The choice of probing sites by *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) foraging of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 39, p. 265-276, 2003.

DESAI, V. S.; NAGWEKAR, D. D.; PATIL, P. D.; NARANGALKAR, A. L. Field evaluation of a larval parasite *Bracon hebetor* Say against coconut black headed caterpillar. **Journal of Plantation Crops**, v. 35, e. 3, p. 188–189, 2007.

ELIOPOULOS, P. A.; STATHAS, G. J. Life tables of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Anagasta kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae): Effect of host density. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, e. 3, p. 982-988, 2018.

GOLIZADEH, A.; ALIKHANI, M.; HASSANPOUR, M.; ENKEGAARD, A.; RAFIEE-DASTJERDI, H.; RAZMJOU, J. Comparative biology and life table of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) at five constant temperatures. **International Journal of Pest**, v. 63, e. 4, p. 364-370, 2017.

GREENE G. L., LEPLA N. C., DICKERSON W. A. Velvet bean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**. 69: 487–488, 1976.

GROSCH, D. S. Starvation studies with the parasitic wasp *Habrobracon*. **Biological Bulletin**, Woods Hole, v. 99, e. 1, p. 65-73, 1950.

HENSLEY, S. D. e HAMMOND, A. H. Laboratory techniques for rearing the sugar cane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**, v. 61, p. 1742-1743, 1968.

JACKSON, C. G. e BUTTLER Jr., G. D. Development time of three species of *Bracon* (Hymenoptera: Braconidae) on the pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) in relation to temperature. **Annals of the Entomological Society of America**, Columbus, v. 77, e. 5, p. 539-542, 1984.

JARRAHI, A.; SAFAVI, A. S.; Sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* on life table parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera* larvae at different time intervals. **Bio Control**, v. 61, e 2, p. 167-175, 2016.

KABORE, A.; BA, N. M.; DABIRE-BINSON, C. L. & SANON, A. Field persistence of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) following augmentative releases against the millet head miner, *Heliocheilus albipunctella* (de Joannis) (Lepidoptera: Noctuidae), in the Sahel. **Biological Control**, v. 108, p. 64-69, 2017.

KHALIL, M. S.; RAZA, A. B. M.; AFZAL, M.; AQUEEL, M. A.; KHALIL, H.; HANCE, T. Effects of different host species on the life history of *Bracon hebetor*. **Animal Biology**, v. 66, e. 3-4, p. 403-414, 2016.

KRYUKOVA, N. A.; CHERTKOVA, E. A.; SEMENOVA, A. D.; GLAZACHEV, Y. I.; SLEPNEVA I. A.; GLUPOV, V. V. Venon from the ectoparasitic wasp *Habrobracon hebetor* activates calcium-dependent degradation of *Galleria mellonella* larval hemocytes. **Archives of Insect Biochemistry and Fisiology**, v. 90, e. 3, 2015.

MAGRO, S. R. & PARRA, J. R. P. Biologia do ectoparasitoide *Bracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) em sete espécies de lepidópteros. **Scientia Agricola**, vol. 58, n. 4, p. 693-698, 2001.

MAGRO, S. R.; DIAS, A. B.; TERRA, W. R.; PARRA, J. R. P. Biological, Nutritional, and Histochemical Basis for Improving an Artificial Diet for *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, e. 2, p. 215-222, 2006.

MAHDAVI, V.; SABER, M.; RAFIEE-DASTJERDI, H.; MEHRVAR, A. Susceptibility of the hymenopteran parasitoid, *Habrobracon hebetor* (Say) (Braconidae) to the entomopatogenic fungi *Beauveria bassiana* Vuillenmin and *Metarhizium anisopliae* Sorokin. **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2013.

MATTHEWS, R. W. Biology of Braconidae. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.19, e. 7, p. 15-32, 1974.

MBATA, GEORGE N.; EASON, J.; PAYTON, M. E.; DAVIS, M. F. Putative Host Volatiles Used by *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) to Locate Larvae of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Insect Behavior**, v. 30, e. 3, p. 287-299, 2017.

MOHANTY, J. N.; PRAKASH, A.; RAO, J.; PAWAR, A. D.; PATNAIK, N. C.; GUPTA, S. P. Parasitization of the coconut black-headed caterpillar, *Opisina arenosella* walk. In Puri district of Orissa by field release of hymenopterous parasitoids. **Journal of Applied Zoological Researches**, v. 11, e. 1, p. 17-19, 2000.

NELDER, J. A.; R. W. M. WEDDERBURN. Generalized linear models. **J. R. Stat. Soc. A.**, 135: 370 – 384, 1972.

PARRA, J. R. P. Biological Control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, e. 71, p. 345-355, 2014a.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA., J.R.P.; ZUCCHI, R.A. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, cap. 4, p. 121-150, 1997.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. Fealq/Esalq/USP/Departamento de Entomologia, 429p, 2015.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, S.; BENTO, J. M. S. Controle Biológico: Terminologia, pág. 143-164. In: Parra, J. R. P.; Botelho, P. S. M.; Corrêa-Ferreira, S.; Bento, J. M. S. Controle Biológico no Brasil, Parasitoides e Predadores, São Paulo: Manole, 635 p., 2002.

PARRA, J. R. P.; COELHO JR, A.; GEREMIAS, L. D.; BERTIN, A.; RAMOS, C. J. Criação de *Anagasta kuehniella*, em pequena escala, para produção de *Trichogramma*, Piracicaba: Occasio, 32 p., 2014b.

PARRA, J.R.P. A prática do controle biológico de pragas no Brasil. In: PINTO, A.S.; NAVA, D.E.; ROSSI, M.M.; MALERBO-SOUZA, D.T. (Ed.). Controle biológico de pragas na prática. Piracicaba: Prol, p. 11-24, 2006.

PARRA, J.R.P. Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico. Piracicaba: FEALQ, 137p, 1999.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; SERRA, H.J.P.; SALES JÚNIOR, O. Metodologia de criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção massal de *Trichogramma* spp. Anais da **Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.403-415, 1989.

PAYNE, N. M.; The differential effect of environmental factors upon *Microbracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) and its host, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). II. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 4, e. 1, p. 1-45, 1934.

RASOOL, S., Z. ABDIN, S. K. ABBAS, S. ASHRAF, M. ANWER, A. MANZOOR, M. TAHIR, AND H. SHAINA. Effect of host size on larval competition of the gregarious parasitoid *Bracon hebetor* (Say.) (Hymenoptera: Braconidae). **Pakistan Journal of Zoology**, v. 49, p. 1085–1085, 2017.

RICHARDS, O. W. & THOMSON, W. S. A contribution to the study of the genera *Ephestia*, Gn. (including *Strymax*, Dyar), and *Plodia*, Gn. (Lepidoptera, Phycitidae), with notes on parasites of the larvae. **Transactions of the Royal Entomological Society of London**, London, v. 80, e. 2, p. 169-250, 1932.

SAADAT, D.; BANDANI, A.R.; DASTRANJ, M. Comparison of the developmental time of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) reared on five different lepidopteran host species and its relationship with digestive enzymes. **European Journal of Entomology**, v. 111, e. 4, p. 495-500, 2014.

SCHOLLER, M.; PROZELL, S. Response of the parasitoids of stored-products moths, *Habrobracon hebetor*, *Trichogramma evanescens* and *Venturia canescens* (Hymenoptera: Braconidae, Trichogrammatidae, Ichneumonidae), towards three types of funnel traps. **Advances in Stored Product Protection**, p. 325-329, 2003.

SERRA, H. J. P. Bioecologia do ectoparasito *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae) em *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae). Dissertação de Mestrado em Entomologia, ESALQ/USP, 1992.

SEYAHOOEI, A. M.; MOHAMMADI-RAD, A.; HESAMI, S.; BAGHERI, A. Temperature and exposure time in cold storage reshape parasitic performance of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 111, e. 2, p. 564-569, 2018.

SOLA, M.; CASTANE, C.; LUCAS, E.; RIUDAVETS, J. Optimization of a Banker Box System to Rear and Release the Parasitoid *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) for the Control of Stored-Product Moths. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, e. 5, p. 2461-2466, 2018.

SOLIMAN, H. S. Studies in the biology of *Microbracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin de la Société Fouad Ier d'Entomologie**, Le Caire, v. 24, p. 215-247, 1940.

SOLIS, M. A. Phylogenetic studies and modern classification of the Pyraloidea (Lepidoptera). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 33, e. 1, p. 1-9, 2007.

TAYLOR, A. O. Host effects on larval competition in the gregarious parasitoid *Bracon hebetor*. **Journal of Animal Ecology**, v.57, p. 163-172, 1988.

ULLYETT, G. C. Distribution of progeny by *Microbracon hebetor* Say. **Journal of the Entomological Society of Southern Africa**, Pretoria, v. 8, p. 123-31, 1945.

USHERWOOD, P. N. R. e MACHILI, P. Chemical transmission at the insect excitatory neuromuscular synapse. **Nature**, Londres, v. 210, p. 634-636, 1966.

van LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KOHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **Bio Control**, v. 63, e. 1, p. 39-59, 2018.

WALTHER, C. e RATHMAYER, W. The effect of *Habrobracon* venom on excitatory neuromuscular transmission in insects. **Journal of Comparative Physiology**, v. 89, e. 23, 1974.