

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HEMILIA KARINE SLOMPO DE OLIVEIRA

BIOLOGIA DE *Aleiodes* sp. n. (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM LAGARTAS
DO COMPLEXO *Spodoptera*: HOSPEDEIRO E ÍNSTARES PREFERENCIAS E O
EFEITO NO CONSUMO FOLIAR DE LAGARTAS PARASITADAS

CURITIBA

2022

HEMILIA KARINE SLOMPO DE OLIVEIRA

BIOLOGIA DE *Aleiodes* sp. n. (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM LAGARTAS
DO COMPLEXO *Spodoptera*: HOSPEDEIRO E ÍNSTARES PREFERENCIAS E O
EFEITO NO CONSUMO FOLIAR DE LAGARTAS PARASITADAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luís Amilton Foerster.

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA

Oliveira, Hemília Karine Slompo de
Biologia de *Aleiodes sp. n.* (Hymenoptera: Braconidae) em
lagartas do complexo *Spodoptera*: hospedeiro e instares
preferências e o efeito no consumo foliar de lagartas parasitadas.
/ Hemília Karine Slompo de Oliveira. – Curitiba, 2022.
1 recurso online : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Amilton Foerster.

1. Controle biológico. 2. Endoparasitoide. 3. Soja transgênica.
I. Foerster, Luís Amilton. II. Universidade Federal do Paraná. III.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **HEMILIA KARINE SLOMPO DE OLIVEIRA** intitulada: **BIOLOGIA DE *Aleiodes* sp. n. (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) EM LAGARTAS DO COMPLEXO SPODOPTERA: HOSPEDEIRO E INSTARES PREFERENCIAS E O EFEITO NO CONSUMO FOLIAR DE LAGARTAS PARASITADAS**, sob orientação do Prof. Dr. LUÍS AMILTON FOERSTER, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Fevereiro de 2022.

Assinatura Eletrônica

01/03/2022 18:59:54.0

LUÍS AMILTON FOERSTER

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

28/02/2022 20:39:24.0

MARION DO ROCIO FOERSTER

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

02/03/2022 15:26:37.0

FLAVIA DA SILVA KRECHMER

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5601 - E-mail: pgapv@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 156618

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 156618

Aos meus avós Clemente Strapasson Netto (in memoriam)
e Maria Laura Appel Strapasson, que me ensinaram os
valores importantes da vida e pelo amor incondicional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e a Nossa Senhora, minha mãe querida, que nos momentos de dificuldade, intercede junto ao Pai e é sempre meu amparo.

À minha mãe Sirlei, minha madrinha Guadalupe, meus irmãos Maria Cecília e Ivair Jr. por todo apoio sempre.

Ao meu amor Rodrigo Claudino Clemente, por sempre estar ao meu lado me apoiando, acreditando em mim, me ajudando em todos os momentos, por ser minha luz em momentos difíceis e meu porto seguro.

Ao professor Dr. Luís Amilton Foerster, por me conceder a oportunidade para realização desse trabalho, pela orientação e ensinamentos.

Aos colegas da Pós Graduação e do Laboratório de Controle Integrado de Insetos pela amizade que construímos durante este período, especialmente a Dra Tamara Akemi Takahashi, que além da amizade, sempre me ensinou muito e auxiliou no que foi necessário, desde quando iniciei minhas atividades no laboratório.

Aos membros da banca de pré-defesa, Dra. Tamara Akemi Takahashi e Dra Magda Fernanda Paixão e da banca de defesa Dra. Marion do Rocio Foerster e Dra Flavia da Silva Krechemer, pelas valiosas contribuições para a melhoria do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante o período do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo nº 433867/2018-3, pelo apoio financeiro para realização das criações dos insetos e dos experimentos.

Muito obrigada!

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz e seus planos
serão bem-sucedidos” (Provérbios 16:3)

RESUMO

Uma nova espécie de parasitoide larval, do gênero *Aleiodes* Wesmael, foi coletada parasitando *Spodoptera eridania* (Stoll) na cultura da soja no município de São José dos Pinhais, Paraná. Esta dissertação visou identificar a suscetibilidade dos ínstares larvais de *S. eridania*, *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) ao parasitismo por *Aleiodes* sp. n. e determinar seu hospedeiro preferencial; estudar seus parâmetros biológicos em quatro temperaturas constantes em lagartas de *S. cosmioides*, alimentadas com soja transgênica que expressa a proteína Cry1Ac da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) e comparar o consumo foliar de lagartas parasitadas e não parasitadas. Para identificar a suscetibilidade dos ínstares ao parasitismo de *Aleiodes* sp. n., foram avaliados os quatro primeiros ínstares larvais dos três hospedeiros isoladamente. Para determinar o hospedeiro preferencial, foi realizado um teste de livre escolha ofertando lagartas de segundo ínstar das três espécies de *Spodoptera*, expostas simultaneamente ao parasitismo. A biologia de *Aleiodes* sp. n. foi estudada nas temperaturas de 15°, 20°, 25° e 30° ± 1°C com lagartas de segundo ínstar de *S. cosmioides* alimentadas com soja *Bt*. Para avaliação do consumo foliar, folhas de soja *Bt* foram escaneadas diariamente durante 15 dias, para obtenção das imagens e cálculo da área foliar e então ofertadas a lagartas parasitadas e não parasitadas de *S. cosmioides*. Os primeiros ínstares larvais foram os mais suscetíveis ao parasitismo, *Aleiodes* sp. n. é capaz de parasitar os três primeiros ínstares de *S. eridania* e *S. cosmioides* e em *S. frugiperda* os dois primeiros. O hospedeiro preferencial de *Aleiodes* sp. n. foi *S. cosmioides* no segundo ínstar. *Aleiodes* sp. n. foi capaz de se desenvolver em hospedeiros alimentados com soja transgênica *Bt* – Cry1Ac, em todas as temperaturas avaliadas. No entanto, o parasitismo foi afetado pela temperatura, variando de 88,4 a 158 lagartas parasitadas/fêmea a 15 e 20°C, respectivamente. O tempo de desenvolvimento de *Aleiodes* sp. n. entre ovo-pupa foi de 24,9 dias a 15°C e 7,4 dias a 30°C e de pupa-adulto foi de 21,5 dias a 15°C e 5,9 a 30°C. O consumo de alimento foi significativamente reduzido parasitismo; lagartas parasitadas consumiram uma área foliar de 3,54 cm² enquanto que lagartas não parasitadas consumiram 100,41cm² de área foliar entre o segundo e o quinto ínstar. Conclui-se que *Aleiodes* sp. n. é um agente de controle biológico potencial e os resultados podem servir de base para pesquisas futuras sobre a viabilidade de seu uso no controle de *Spodoptera* spp..

Palavras-chave: Controle biológico. Endoparasitoide. Soja transgênica.

ABSTRACT

A new species of larval parasitoid, of the genus *Aleiodes*, was collected parasitizing *Spodoptera eridania* (Stoll) in a soybean crop in São José dos Pinhais, Paraná, Brazil. This dissertation aimed to identify the susceptibility of larval instars to parasitism by *Aleiodes* sp. n. in *S. eridania*, *Spodoptera cosmioides* (Walker) and *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) and their preferred host; to study its biological parameters at four constant temperatures growing on *S. cosmioides* caterpillars fed with transgenic soybean that expresses the Cry1Ac protein of the bacterium *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) and to compare the foliar consumption of parasitized and non-parasitized caterpillars. To identify the susceptibility of instars to parasitism of *Aleiodes* sp. n., the four first larval instars of the three hosts were evaluated separately. To determine the preferred host, a free choice test was performed offering second-instar caterpillars of the three *Spodoptera* species, simultaneously exposed to parasitism. The biology of *Aleiodes* sp. n. was studied at temperatures of 15°, 20°, 25° and 30° ± 1°C on second-instar *S. cosmioides* fed on *Bt* soybean. To evaluate leaf consumption, *Bt* soybean leaves were scanned daily for 15 days to obtain images and calculate leaf area and then offered to larvae parasitized and not parasitized by *S. cosmioides*. The first larval instars were the most susceptible to parasitism, *Aleiodes* sp. n. is capable of parasitizing the first three instars of *S. eridania* and *S. cosmioides* and in *S. frugiperda* the first two. The preferred host of *Aleiodes* sp. n. was second instar *S. cosmioides*. *Aleiodes* sp. n. was able to develop in hosts fed with *Bt* – Cry1Ac transgenic soybean at all temperatures evaluated. However, parasitism was affected by temperature, ranging from 88.4 to 158 parasitized caterpillars/female at 15 and 20°C, respectively. The development time of *Aleiodes* sp. n. between egg-pupa was 24.9 days at 15°C and 7.4 days at 30°C and between pupa-adult was 21.5 days at 15°C and 5.9 days at 30°C. Food consumption was affected by parasitism; parasitized caterpillars consumed a leaf area of 3.54 cm² while non-parasitized caterpillars consumed 100.41 cm² of leaf area between the second and fifth instars. It is concluded that *Aleiodes* sp. n. is a potential biological control agent and the results can serve as a basis for future research on the feasibility of its use in the control of *Spodoptera* spp..

Keywords: Biological control. Endoparasitoid. Transgenic soybean.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR A SUSCETIBILIDADE DOS ÍNSTARES DE <i>S. eridania</i> , <i>S. cosmioides</i> E <i>S. frugiperda</i> AO PARASITISMO DE <i>Aleiodes</i> sp. n.....	27
FIGURA 2 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DA BIOLOGIA DE <i>Aleiodes</i> sp. n., REALIZADA COM LAGARTAS <i>S. cosmioides</i> DE 2º ÍNSTAR, ALIMENTADAS COM FOLHAS DE SOJA TRANSGÊNICA <i>Bt</i> , CULTIVAR TMG 7062 IPRO.....	28
FIGURA 3 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DA LONGEVIDADE DE <i>Aleiodes</i> sp. n.....	29
FIGURA 4 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DO CONSUMO FOLIAR DE HOSPEDEIROS (<i>S. cosmioides</i> DE 2º ÍNSTAR) NÃO PARASITADOS E PARASITADOS POR <i>Aleiodes</i> sp. n.....	30

LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1 – PORCENTAGEM ($\pm$ EP) DE LAGARTAS DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda* PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. EM RELAÇÃO AO ÍNSTAR DO HOSPEDEIRO, EM TESTE SEM CHANCE DE ESCOLHA (N=15). MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MINÚSCULAS SÃO COMPARADAS DENTRO DO MESMO ÍNSTAR, ENQUANTO AS MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MAIÚSCULAS SÃO COMPARADAS ENTRE DIFERENTES ÍNSTARES DA MESMA ESPÉCIE. MEDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....32
- GRÁFICO 2 – PORCENTAGEM ($\pm$ EP) DE ADULTOS DE *Aleiodes* sp. n. EMERGIDOS DE LAGARTAS DO PRIMEIRO AO QUARTO ÍNSTAR DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda*, EM TESTES SEM CHANCE DE ESCOLHA (N=15). NS: NÃO SIGNIFICATIVO ($P = 0.38$).....34
- GRÁFICO 3 – RAZÃO SEXUAL (MÉDIA $\pm$ EP) DE *Aleiodes* sp. n. EMERGINDO DE LAGARTAS DO PRIMEIRO AO QUARTO ÍNSTAR DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda*, EM TESTES SEM CHANCE DE ESCOLHA. MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MINÚSCULAS SÃO COMPARADAS DENTRO DA MESMA CATEGORIA DE ÍNSTAR, ENQUANTO AS MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MAIÚSCULAS SÃO COMPARADAS ENTRE DIFERENTES ÍNSTARES DA MESMA ESPÉCIE. MEDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....35
- GRÁFICO 4 – PORCENTAGEM ($\pm$ EP) DE LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* e *S. frugiperda* PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. EM TESTES COM CHANCE DE ESCOLHA. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).36
- GRÁFICO 5 – NÚMERO MÉDIO (MÉDIA $\pm$ EP) DE LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera cosmioides* PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. E PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA (MÉDIA $\pm$ EP) DE PARASITOIDES, DURANTE 20 DIAS CONSECUTIVOS, EM QUATRO

TEMPERATURAS CONSTANTES (UR: 70±10%; FOTOFASE DE 14H). MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS (MAIÚSCULAS PARA A MÉDIA DE PARASITISMO E MINÚSCULAS PARA EMERGÊNCIA (%)) NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).	38
GRÁFICO 6 – RAZÃO SEXUAL (MÉDIA ± EP) DE <i>Aleiodes</i> sp. n. EMERGINDO DE LAGARTAS DO SEGUNDO ÍNSTAR DE <i>Spodoptera cosmioides</i> , EM INTERVALOS DE CINCO DIAS, DURANTE 20 DIAS CONSECUTIVOS, EM QUATRO TEMPERATURAS CONSTANTES (UR: 70±10%; FOTOFASE DE 14H). MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).	41
GRÁFICO 7 – MÉDIA DA ÁREA FOLIAR DE SOJA TMG 7062 RR/IPRO CONSUMIDA POR LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE <i>Spodoptera cosmioides</i> NÃO PARASITADAS E PARASITADAS POR <i>Aleiodes</i> sp. n. (N=20).	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TEMPO DE DESENVOLVIMENTO (DIAS) ENTRE OVO-PUPA, PUPA-ADULTO E LONGEVIDADE (DIAS) DE FÊMEAS E MACHOS (MÉDIA $\pm$ EP) DE <i>Aleiodes</i> sp. n. EM LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE <i>Spodoptera cosmioides</i> , EM QUATRO TEMPERATURAS CONSTANTES (UR: 70 $\pm$ 10%; FOTOFASE DE 14H).	37
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 . A CULTURA DA SOJA NO BRASIL E A TECNOLOGIA <i>Bt</i>	17
2.2 COMPLEXO <i>Spodoptera</i>	18
2.3 GÊNERO <i>Aleiodes</i>	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 COLETA DE <i>Aleiodes</i> sp. n. E <i>Spodoptera</i> spp.	24
3.2 CRIAÇÃO DE <i>Aleiodes</i> sp. n.	24
3.3 CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS HOSPEDEIROS	25
3.4 SUSCETIBILIDADE DE PARASITISMO E HOSPEDEIRO PREFERENCIAL	26
3.5 BIOLOGIA EM DIFERENTES TEMPERATURAS	27
3.6 CONSUMO FOLIAR DE <i>S. cosmioides</i>	29
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	31
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	32
4.1 SUSCETIBILIDADE DE PARASITISMO E HOSPEDEIRO PREFERENCIAL	32
4.2 BIOLOGIA EM DIFERENTES TEMPERATURAS	37
4.3 CONSUMO FOLIAR	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os maiores produtores agrícolas mundiais (PIRAS, WESZ e GHINOI, S., 2021), sendo a paisagem agrícola composta por áreas extensivas de monocultura (PIGNATI et al., 2017). A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, lidera o ranking com uma produção de 135,98 milhões de toneladas de grãos na safra 2020/2021 (CONAB, 2021). Entretanto, durante todo o ciclo da cultura, o ataque por insetos-praga acarreta perdas econômicas, pois está entre os principais fatores que reduzem a produtividade (OLIVEIRA et al., 2013).

Para reduzir essas perdas, além do uso de inseticidas químicos (PIGNATI et al., 2017), plantas geneticamente modificadas, que expressam proteínas de cristal (gene Cry) a partir da bactéria Gram-positiva *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Eubacteriales: Bacillaceae) (*Bt*), fornecem proteção contínua contra o ataque das pragas-alvo da tecnologia (LUZ et al., 2019), como *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidade) e *Chrysodeixis includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidade), principais pragas desfolhadoras na cultura da soja (HORIKOSHI et al., 2021).

Com a adoção de cultivos *Bt* ocorre uma redução na aplicação de inseticidas (SISTERSON et al. 2007; KOUSSER E QAIM 2011), conseqüentemente, as pragas não-alvo são favorecidas, podendo evoluir de pragas secundárias para primárias, propiciando a ocorrência de danos à cultura (CATARINO et al., 2015; SILVA et al., 2019). Dentre as pragas secundárias que atacam a cultura da soja, que são naturalmente tolerantes à toxina Cry1Ac da bactéria *B. thuringiensis*, estão as lagartas do complexo *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae), sendo as mais comuns *Spodoptera eridania* (Stoll), *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (BORTOLOTO et al., 2014; BERNARDI et al., 2014).

Lagartas do complexo *Spodoptera* são de difícil controle, principalmente *S. frugiperda*, pois esta apresenta resistência a diversos ingredientes ativos e diferentes toxinas de *Bt* comercializadas (OMOTO et al., 2016). A tolerância e resistência destas pragas, faz com que o produtor realize mais aplicações de inseticidas químicos, geralmente em dosagens mais elevadas, o que contribui para a redução da população de inimigos naturais na cultura e também para o aumento da resistência das espécies-alvo (CARVALHO, 2013).

Como uma alternativa ao controle químico, se destaca o controle biológico, que preconiza a utilização de inimigos naturais visando manter a população de insetos-pragas abaixo do nível de ação (FERNANDES e CARNEIRO, 2006), reduzindo os impactos ambientais provocados pela utilização de agroquímicos. Atualmente, devido à maior exigência do consumidor por produtos livres de agrotóxicos, o controle biológico é de grande importância, sendo considerado um dos pilares de sustentação de qualquer programa de manejo (GALLO et al., 2002). Dentre os agentes que fazem parte do controle biológico, estão os parasitoides, que, no estágio adulto são de vida livre, alimentando-se de pólen, néctar e outras substâncias encontradas em plantas e tem seu desenvolvimento, ou pelo menos parte de sua vida, dentro de ou sobre um hospedeiro (BERTI FILHO E CIOCIOLA, 2002).

Atualmente no Brasil, são comercializados parasitoides de ovos para o controle de pragas que ocorrem em cultivos de soja, sendo indicado *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) apenas para *S. frugiperda* (AGROFIT, 2021). Porém, parasitoides do gênero *Trichogramma* possuem dificuldade em penetrar massas de ovos de *Spodoptera* spp., pois os ovos são depositados em camadas e são cobertos com escamas (BESERRA e PARRA, 2004). Esta limitação indica a necessidade de novos agentes biológicos, para o controle mais efetivo desses insetos.

Recentemente uma nova espécie do gênero *Aleiodes* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae) foi coletada parasitando lagartas de *S. eridania* na cultura da soja no município de São José dos Pinhais, Paraná (TAKAHASHI, 2021). Essa espécie de parasitoide larval pode ser uma alternativa para o controle de *Spodoptera* spp., comumente encontrada na cultura da soja.

Para avaliar o potencial de um agente biológico, estão envolvidas diferentes etapas, entre elas a pesquisa básica, como a seleção de um hospedeiro adequado e viável para a criação do inimigo natural, capacidade reprodutiva, razão sexual e estudos biológicos para determinar suas exigências térmicas (PARRA, 2021).

Em virtude da tolerância das lagartas do complexo *Spodoptera* à soja transgênica *Bt* Cry1Ac e aos agentes biológicos disponíveis para comercialização não serem eficientes em seu controle, é de extrema importância investigar o potencial dessa nova espécie do gênero *Aleiodes* como agente natural de controle destas pragas, visando contribuir para a inserção desse parasitoide em programas de controle biológico de pragas, favorecendo as práticas de manejo mais sustentáveis.

Portanto, esta dissertação teve como objetivo, identificar os ínstaes preferenciais de *S. eridania*, *S. cosmioides* e *S. frugiperda* no parasitismo por esta nova espécie de *Aleiodes*, como também identificar seu hospedeiro preferencial. Adicionalmente, estudaram-se as características biológicas como capacidade de parasitismo, emergência, razão sexual, tempo de desenvolvimento e longevidade, nas temperaturas de 15°, 20°, 25° e 30° $\pm$ 1°C, verificando se o hospedeiro quando alimentado com soja transgênica *Bt* afeta o desenvolvimento de *Aleiodes* sp. n e avaliar o consumo foliar de lagartas de *S. cosmioides* parasitadas por *Aleiodes* sp. n. em relação a lagartas não parasitadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 . A CULTURA DA SOJA NO BRASIL E A TECNOLOGIA *Bt*

A soja, pertencente à família Fabaceae, é originária do leste asiático e os primeiros registros de contato com a cultura no Brasil datam do ano de 1882, no Estado da Bahia (BONATO e BONATO, 1987). A partir da década de 70, iniciando trabalhos de melhoramento genético, a Embrapa Soja e o Instituto Agrônomo de Campinas, aliado ao desenvolvimento de pacotes tecnológicos, possibilitaram o cultivo da soja nas regiões Centro-Oeste, Sul, Sudeste e nos Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, aumentando a participação da soja na economia brasileira e com destaque no cenário internacional (FARIAS, 2007). Hoje, o Brasil é o maior produtor mundial de soja, alcançando a marca de 135,98 milhões de toneladas de grãos na safra 2020/2021 e estima-se que a produção nacional atingirá 141,26 milhões de toneladas de grãos na safra de 2021/2022, com aumento de 3,6% de área plantada (CONAB, 2021).

A paisagem agrícola brasileira, em sua maioria, é composta por áreas extensivas de monocultivo e o controle de pragas ocorre, primeiramente, por meio da pulverização de inseticidas químicos (PIGNATI et al., 2017). Uma das principais estratégias adotadas para o controle de pragas, dentro do contexto de manejo integrado de pragas (MIP), é a utilização de plantas transgênicas que expressam proteínas com ação inseticida, sendo este um dos principais avanços tecnológicos que ocorreu no setor agrícola (ISAAA, 2018). A adoção de cultivos transgênicos proporciona redução no uso de inseticidas, beneficiando a saúde humana (SISTERSON et al. 2007; Kouser e Qaim 2011), e o ambiente ao favorecer o aumento de agentes de controle biológico (SISTERSON et al., 2007).

Através da engenharia genética, é possível o uso de plantas geneticamente modificadas capazes de sintetizar toxinas inseticidas. Essas plantas podem, por exemplo, expressar um ou mais genes da bactéria *B. thuringiensis*, passando a controlar determinados insetos herbívoros devido à sua ação inseticida (XAVIER et al., 2008). Já foram identificados 993 genes, a partir do sequenciamento de toxinas *Bt*, sendo divididos entre genes Cry, Vip e Cyt (MENDOZA-ALMANZA et al., 2020).

A ação do *Bt* ocorre por meio das proteínas que constituem os cristais, as quais se ligam a receptores específicos no interior do aparelho digestivo dos insetos

suscetíveis, levando à formação de poros, desequilíbrio osmótico e septicemia. Após a ingestão, os cristais sofrem ativação proteolítica através da solubilização das proteínas, dependentes de pH alcalino presente no sistema digestivo. As células afetadas se rompem, formando poros, causando a morte do inseto (BOBROWSKI et al., 2003; TASIOR et al., 2021).

Os cristais proteicos produzidos por *B. thuringiensis* são considerados altamente tóxicos. A proteína Cry mais utilizada nas cultivares de soja *Bt* é a Cry1Ac, devido sua especificidade de ação. (BOBROWSKI et al., 2003). A primeira soja expressando a proteína Cry1Ac no país (evento MON87701 × MON89788), que apresenta também tolerância ao glifosato, proporciona aos cultivos proteção constante contra o ataque de pragas primárias de lepidópteros. Desde seu lançamento em 2013 (CTNBio, 2010; HORIKOSHI et al., 2021), A área plantada aumentou de 1,2 milhões de hectares na safra de seu lançamento (2013/2014), para 21,9 milhões de hectares na safra 2017/18 (HORIKOSHI et al., 2021).

Esta tecnologia vem promovendo o controle de lagartas desfolhadoras importantes da cultura da soja como a *A. gemmatilis*, *C. includens*, *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidade), *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidade), *Crociosema aporema* (Walsingham) (Lepidoptera: Tortricidae), além de controle parcial a *Helicoverpa armígera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidade) e *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae), (BERNARDI et al., 2016; DE LIMA et al., 2021 e HORIKOSHI et al., 2021), contribuindo significativamente para programas de MIP (MACHADO et. al, 2020). Com o controle efetivo dessas pragas, através do uso de plantas *Bt* e a diminuição na aplicação de inseticidas destinadas ao controle de pragas primárias, as pragas secundárias ganham espaço, como é o caso das lagartas do complexo *Spodoptera*.

2.2 COMPLEXO *Spodoptera*

As lagartas do complexo *Spodoptera*, a cada safra, crescem em importância econômica na cultura da soja devido aos danos ocasionados (DE FREITAS BUENO et al, 2011). As espécies mais comuns encontradas provocando injúrias na cultura são *S. eridania*, *S. cosmioides* e *S. frugiperda* (BORTOLOTTI et al., 2014; BERNARDI et al., 2014).

Lagartas do complexo *Spodoptera* são consideradas pragas secundárias da soja, entretanto, merecem atenção, pois possuem alto potencial de desfolha levando a perdas significativas de rendimento da cultura. O potencial de desfolha de *S. eridania* e *S. frugiperda*, é semelhante ao das principais lagartas desfolhadoras, *A. gemmatilis* e *C. includens*, enquanto para *S. cosmioides* este consumo é duas vezes maior (DE FREITAS BUENO et al. 2011). Mas os danos ocasionados podem ser ainda maiores, pois, além de ocasionar desfolha, podem se alimentar também das vagens (GAZZONI e YORINORI, 1995; PANIZZI et al., 2012; TEODORO et al., 2013). São lagartas de difícil controle, apresentam tolerância natural à toxina Cry1Ac, presente em soja geneticamente modificada e para o seu controle é necessário o uso de inseticidas químicos (OMOTO et al., 2016; BERNARDI et al., 2014; CONTE et al., 2019).

A polifagia é uma característica comum entre as espécies de *Spodoptera*, pois se alimentam de plantas de interesse econômico e de várias plantas daninhas, tornando desafiador o controle dessas pragas, pois as diferenças fenológicas entre as plantas hospedeiras podem gerar seleções nas populações de insetos, com novas preferências alimentares (SILVA et al., 2017).

Conhecida popularmente como lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda* é uma das mais importantes pragas da cultura do milho. É natural das regiões tropicais e subtropicais da América do Norte, Central e do Sul e sua ocorrência tem aumentado nos cultivos de soja no Brasil (SPARKS, 1979; MACHADO, et al., 2020). É uma espécie polífaga com alimento disponível o ano todo e sua distribuição é generalizada. Seus atributos biológicos, como alta capacidade de dispersão e elevada capacidade reprodutiva, associados aos cultivos alternados de plantas hospedeiras são os principais fatores que lhe conferem sucesso como praga (BERNARDI et al., 2014; MACHADO, et al., 2020).

As fêmeas de *S. frugiperda* podem depositar até oito posturas por dia, as quais variam entre 143 a 250 ovos. Os ovos são acinzentados, ficando escurecidos próximo à eclosão. As posturas são feitas em camadas cobertas com escamas e geralmente são encontradas na face adaxial das folhas (CRUZ, 1995; PANIZZI et al., 2012). Existem diferenças na duração das fases de desenvolvimento de *S. frugiperda* em função da fonte de alimento e da temperatura. Em seu período larval, passa por seis a sete ínstares e seu ciclo completo ocorre em 30 dias à temperatura média de 25°C (ANDREWS, 1988; CRUZ, 1995; SARMENTO et al. 2002; DE SÁ, et al., 2009).

A lagarta-das-vagens, como é conhecida popularmente *S. eridania*, é nativa dos trópicos norte-americanos e no Brasil é relatada atacando diversas culturas como algodão, soja, espécies frutíferas, entre outras (PARRA; PRECETTI; KARSTEN JR, 1977; GALLO et al., 2002; SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005; BORTOLLI et al., 2012; JESUS et al., 2013; TEODORO et al., 2013). É uma espécie polífaga e devido aos danos causados nas culturas, vem se destacando como praga. Estes insetos se estabelecem nas áreas de cultivo em razão da disponibilidade sequencial de hospedeiros e assim, se dispersam entre as lavouras ao passarem das plantas cultivadas em final de ciclo para plantas invasoras (MIRANDA et al., 2015; SANTOS, 2001; SANTOS, MENEGUIM, NEVES, 2005).

As fêmeas de *S. eridania*, depositam entre 3,2 - 3,5 posturas/fêmea por dia as quais possuem aproximadamente 200 ovos. Os ovos são de coloração verde, cobertos com escamas e as posturas são formadas em camadas, geralmente, são encontrados na face abaxial das folhas (MIRANDA et al., 2015; NORA et al. 1989). Existem diferenças na duração das fases de desenvolvimento de *S. eridania*, em função da fonte de alimento e da temperatura. Em seu período larval apresentam seis ínstaes com folhas de algodão e corda de viola ou sete ínstaes quando alimentadas com folhas de soja a 27°C ($\pm 2^\circ$) (SANTOS; MENEGUIM; NEVES, 2005). Seu ciclo de vida tem duração de 28 dias em folhas de algodoeiro e 34,3 dias em folhas de soja (PARRA et al. 1977).

Popularmente conhecida como lagarta-preta, *S. cosmioides* é relatada atacando soja, algodão, feijão, entre outras culturas (GALLO, 2002; ZENKER et. al., 2007; TEODORO et. al., 2013) e distribui-se estritamente pela América do Sul (TEODORO et al. 2013). Devido à polifagia, este inseto é capaz de sobreviver no período de entressafra, se alimentando de plantas espontâneas ou dos cultivos agrícolas sequenciais. Dessa maneira acaba se estabelecendo na área de cultivo, ou se dispersando por áreas próximas (TEODORO, et al., 2013; BAVARESCO et al., 2004).

As fêmeas de *S. cosmioides*, podem depositar entre 98 e 500 ovos/fêmea por dia, dependendo do hospedeiro consumido e em condições favoráveis (HABIB, et al., 1983; BAVARESCO et al., 2004). Os ovos possuem coloração amarronzada, são depositados em camadas, cobertos por escamas, geralmente, são encontrados na face abaxial das folhas do terço inferior das plantas (BAVARESCO et al., 2004). Existem diferenças na duração das fases de desenvolvimento de *S. cosmioides* em

função da fonte de alimento e da temperatura. Quando criadas em laboratório com dieta artificial, passam por seis ínstaes a 22°C ($\pm 1^\circ$) (ZENKER, SPECHT e CORSEUIL, 2007) e ao se alimentarem com folhas de algodão e soja, apresentam, respectivamente cinco e seis ínstaes (HABIB, PALEARI e AMARAL, 1983). O período pupal para esta espécie é significativamente maior para os machos do que para as fêmeas (BAVARESCO et al., 2004). Seu ciclo completo ocorre em aproximadamente 39 dias na faixa ótima de temperatura, que situa-se entre 25 e 28°C (BAVARESCO et al., 2004; TEODORO et al., 2013).

Segundo Silva et al. (2016), a soja Cry1Ac que deveria ser uma alternativa para o controle de lepidópteros pragas, não teve efeito no desenvolvimento e reprodução de *S. cosmíodes*. Da mesma maneira, BERNARDI et al. (2014), apontam a suscetibilidade baixa ou nula de *S. cosmíodes*, *S. frugiperda* e *S. eridania* à soja transgênica *Bt* contendo a proteína Cry1Ac e, portanto, a presença dessas espécies nos cultivos torna-se cada vez mais frequente.

Diante disso, é importante o monitoramento das áreas de cultivo através da amostragem com o pano-de-batida, e uma avaliação visual da porcentagem de desfolha nos pontos amostrados, sendo o nível de dano um importante parâmetro para a tomada de decisão para entrar com o controle dessas pragas, seguindo os níveis de controle recomendados para a cultura (CORRÊA-FERREIRA, 2012; GRIGOLLI, 2019). No momento da tomada de decisão, a utilização de inseticidas químicos é o primeiro método de controle a ser empregado (PIGNATI et al., 2017).

Como uma alternativa aos métodos químicos para o controle dessas pragas, se destaca o controle biológico, que preconiza a utilização de inimigos naturais visando manter a população de insetos-pragas abaixo do nível de ação (FERNANDES e CARNEIRO, 2006). Entre os métodos de controle com boa aceitação pelos agricultores está o controle biológico aplicado ou aumentativo. Este ocorre através de liberações inundativas de inimigos naturais, com o objetivo de suprimir populações de pragas, apresentando diversos casos de sucesso ao redor do mundo (Parra et al., 2002; ZANG et al., 2020).

2.3 GÊNERO *Aleiodes*

Os parasitoides larvais atuam como reguladores naturais das populações dos seus hospedeiros e isto os torna essenciais para a manutenção do equilíbrio ecológico

(HUBER, 2017). Os indivíduos da família Braconidae constituem a segunda maior família de Hymenoptera, com cerca de 19.439 espécies descritas, distribuídas pelas diversas regiões do mundo (HUBER, 2017). O gênero *Aleiodes* Wesmael (1838) é o mais comum e o que apresenta maior diversidade em espécies inserido na subfamília Rogadinae (SHIMBORI e SHAW 2014) composto por cerca de 663 espécies distribuídas mundialmente (GARRO et al., 2017).

Aleiodes sp. são endoparasitoides larvais cenobiontes, ou seja, seu hospedeiro não é paralisado no momento do parasitismo, continua se alimentando e crescendo por um período. Após o parasitismo, as lagartas reduzem o consumo alimentar, até cessar totalmente. A característica de parasitismo deste gênero consiste em mumificar seu hospedeiro, isto é, induzem o endurecimento da larva hospedeira antes da pupação, produzindo um aspecto de múmia (SHAW, 2006). Devido a esta característica, a mumificação pode fornecer informações sobre seu hospedeiro (ABREU et al., 2014). As múmias geralmente permanecem presas nas folhas ou caule da planta em que a lagarta se encontra, devido a uma substância excretada através do hospedeiro (SHAW, 2006). O estágio de pupa ocorre no interior do corpo da lagarta (TOWNSEND e SHAW, 2009). Este gênero tem preferência por macrolepidópteros, especialmente das superfamílias Noctuoidea e Geometroidea, e em menor grau, Sphingoidea e Papilionoidea (SHAW, 2006).

As espécies pertencentes ao gênero *Aleiodes* colaboram como agentes de controle biológico para a supressão natural de diversas pragas (SHAW, 2006). Diversas espécies do gênero *Aleiodes* foram encontradas no Brasil e ao redor do mundo, parasitando pragas de culturas agrícolas (VALVERDE et al. 2012; WYCKHUYS e O'NEIL, 2006 e MOLINA-OCHOA et al., 2003). Na Argentina, exemplares de *Aleiodes laphygmae* (Viereck) (Hymenoptera: Braconidae) foram coletados em lagartas de *S. eridania* na cultura da soja (VALVERDE et al. 2012) e em *S. frugiperda* em Honduras, na cultura do milho (WYCKHUYS e O'NEIL, 2006). Parasitando *S. frugiperda* já foram registrados *Aleiodes terminalis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) e *Aleiodes vauhani* (Muesebeck) (Hymenoptera: Braconidae) (MOLINA-OCHOA et al., 2003). No Brasil, especificamente no estado do Paraná, já foram encontradas espécies de *Aleiodes* nos municípios de Antonina, São José dos Pinhais e Telêmaco Borba. No entanto, grande parte dessas espécies possui biologia desconhecida (SCATOLINI e PENTEADO-DIAS, 2003).

Atualmente no Brasil, são comercializados parasitoides de ovos para o controle de pragas que ocorrem em cultivos de soja, sendo indicado *T. pretiosum* apenas para *S. frugiperda* (AGROFIT, 2021). Os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* são os inimigos naturais mais utilizados no mundo (VAN LENTEREN e BUENO, 2003; PARRA e COELHO, 2019), porém, esses parasitoides têm dificuldade em penetrar nas camadas inferiores das massas de ovos de *Spodoptera* spp., devido aos ovos serem depositados em camadas e cobertos com escamas (BESERRA e PARRA, 2004).

O parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae), também é agente de controle de *Spodoptera* spp. e as fêmeas são capazes de atuar sobre ovos depositados em camadas sobrepostas, atingindo aquelas mais internas (POMARI et al., 2012). Foram introduzidos no país há quase 40 anos e apenas em 2021 houve o primeiro relato de sua recaptura em áreas agrícolas brasileiras (WENGRAT et al., 2021). Segundo Wengrat et al. (2021), até o momento, com as cepas do parasitoide mantidos em laboratório, não foi possível alcançar sucesso na colonização, além de demonstrar um baixo índice de parasitismo em programas de controle biológico, o que indica a necessidade de novos agentes biológicos para o controle mais efetivo do complexo *Spodoptera*. Diante disso, para o sucesso de programas de controle biológico aplicado, é importante selecionar espécies nativas que possam apresentar eficácia no controle da praga alvo e que sejam adaptadas às nossas condições ambientais (SMITH, 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Integrado de Insetos (LCII), no Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Para a execução dos experimentos, colônias de *Aleiodes* sp. n. (espécie em processo de descrição) e de *Spodoptera* spp. foram mantidas em laboratório. Sementes de soja transgênica TMG 7062 IPRO, que expressam a proteína Cry1Ac da bactéria *B. thuringiensis*, foram semeadas em campo e ofertadas para alimentação das lagartas utilizadas nos experimentos de biologia e consumo foliar. Folhas de língua-de-vaca (*Rumex obtusifolius* L.) foram utilizadas como alimento para as lagartas utilizadas nos experimentos de suscetibilidade de parasitismo e hospedeiro preferencial, devido à sua disponibilidade durante todo o ano e ao alto valor nutricional para as lagartas de *Spodoptera* (BORBA, 2018).

3.1 COLETA DE *Aleiodes* sp. n. E *Spodoptera* spp.

Os parasitoides foram coletados na safra 2019/2020, em duas áreas de produção comercial de soja no município de São José dos Pinhais, região metropolitana de Curitiba, Paraná. A primeira área continha a cultivar transgênica 5909 RR que expressa tolerância a aplicação do herbicida glifosato. A segunda área era composta por duas cultivares de soja transgênica, a cultivar M 5947 IPRO e a AS 3590 IPRO que além de apresentar tolerância a aplicação de herbicidas com base no glifosato, também expressam a proteína Cry1Ac de *Bt*. As criações de *Spodoptera* spp. são provenientes das mesmas áreas, a partir de coletas de lagartas realizadas nas safras 2018/2019 e 2019/2020.

3.2 CRIAÇÃO DE *Aleiodes* sp. n.

A criação de *Aleiodes* sp. n. foi realizada em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotoperíodo de 14 horas e $60 \pm 10\%$ de umidade relativa.

Os adultos foram mantidos em gaiola de vidro, (35 x 24,5 x 27 cm), com uma das laterais com tela para ventilação e uma abertura com tecido do tipo voile, para facilitar o manuseio dentro da gaiola e inserção dos insetos. Como alimento, foram oferecidos filetes de mel puro em tampas de placas de petri (6 cm de diâmetro x 1 cm

de altura) e em outra placa, algodão embebido em água. Para oviposição, diariamente foram ofertadas lagartas de segundo ínstar de *S. cosmíoides*, sobre uma folha de língua-de-vaca (*R. obtusifolius*), sobreposta em uma tela de arame curvada, de 15 x 13 cm, possibilitando o acesso dos parasitoides à face abaxial da folha. Ao final do dia, as lagartas eram retiradas, transferidas para potes de polietileno (500 ml), alimentadas com língua-de-vaca até a formação do pupário. As pupas dos parasitoides eram transferidas para a gaiola, acondicionadas em tampas de placa de petri (6 x 1 cm) até a emergência dos adultos.

3.3 CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS HOSPEDEIROS

As criações de *S. cosmíoides*, *S. frugiperda* e *S. eridania*, ocorreram em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotoperíodo de 14 horas e $60 \pm 10\%$ de umidade relativa.

Durante a fase larval, as lagartas de *S. cosmíoides* e *S. frugiperda* destinadas para dar continuidade na criação, foram alimentadas com dieta artificial de Grenne et al. (1976) e *S. eridania* alimentadas com dieta artificial proposta por Marchioro e Foerster (2012). As dietas eram ofertadas em copos plásticos de 50 mL, onde as lagartas eram inoculadas individualmente e permaneciam até a formação das pupas. As pupas então eram retiradas e transferidas para potes de polietileno (500 ml) contendo papel filtro umedecido.

Após a emergência, os adultos eram transferidos para gaiolas de tubo de PVC (15 cm de diâmetro e 21,5 cm de altura) cobertas com tecido voile e revestidas com folhas de papel sulfite, como substrato de oviposição. Para alimentação dos adultos, eram ofertados em uma placa de petri (6 x 1 cm) um chumaço de algodão, embebido com solução de mel a 10% e em outra placa de petri do mesmo tamanho, outro chumaço de algodão embebido em água. Ovos depositados no papel sulfite e no voile, eram retirados diariamente e acondicionados em potes de polietileno (250 ml), contendo dieta artificial, até a eclosão.

Para o experimento de consumo foliar e a biologia de *Aleiodes*, as lagartas utilizadas nos experimentos foram alimentadas com folhas de soja transgênica TMG 7062 IPRO, enquanto que os experimentos sobre preferência do parasitoide por hospedeiros e a suscetibilidade de ínstaes foram conduzidos em lagartas alimentadas com língua-de-vaca.

3.4 SUSCETIBILIDADE DE PARASITISMO E HOSPEDEIRO PREFERENCIAL

Os experimentos foram realizados em sala climatizada com temperatura de 25 $\pm$ 1°C, umidade relativa (UR) de 70 $\pm$ 10% e fotoperíodo de 14 horas.

Para determinar a suscetibilidade dos ínstaes de *S. eridania*, *S. cosmioides* e *S. frugiperda* ao parasitismo (FIGURA 1), as lagartas foram previamente retiradas da criação em dieta artificial e passaram a ser alimentadas com folhas de língua de vaca (*Rumex obtusifolius*), durante todo o período experimental, sendo uma geração de período de adaptação. Fêmeas de dois dias ($n = 15$ por tratamento) de *Aleiodes* sp. n., previamente copuladas, foram individualizadas em gaiolas de garrafa pet (politereftalato de etileno) de 2L, que foram mantidas no sentido horizontal. No interior das gaiolas, filetes de mel puro em uma placa de petri (6 cm x 1 cm) e um algodão embebido em água em outra placa de petri, foram oferecidos para a alimentação dos parasitoides. As gaiolas foram confeccionadas retirando o gargalo e adicionando em seu lugar tecido voile, a fim de evitar a saída dos insetos e facilitar o manejo dos parasitoides.

Quinze lagartas, do primeiro ao quarto ínstar de cada hospedeiro, foram expostas ao parasitismo por 24 horas e cada tratamento foi repetido 15 vezes; sendo cada ínstar dos hospedeiros avaliado separadamente. Dentro da gaiola, foi inserida uma tela de arame curvada de 4 cm de largura por 7 cm de comprimento apoiada nas laterais da gaiola, permitindo que as fêmeas circulassem acima e abaixo da tela. Sobre a tela, para alimentação das lagartas, foram colocadas folhas de língua-de-vaca com o pecíolo imerso em um eppendorf (3 ml) com água. Após 24 horas, as lagartas eram retiradas e individualizadas em potes de polietileno (250 ml) e, alimentadas diariamente com folhas de língua de vaca, até a formação do pupário do parasitoide.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial composto por 3 espécies de hospedeiros e 4 ínstaes, sendo registrados o número de hospedeiros parasitados, emergência dos parasitoides e razão sexual.

Após determinado o ínstar preferencial, em um experimento de livre escolha, foi estabelecido o hospedeiro preferencial de *Aleiodes* sp. n. Para isso, fêmeas do parasitoide ($n=20$) com 48 h de idade, acasaladas, foram individualizadas e o experimento foi realizado como descrito no anterior. No entanto, os hospedeiros foram

ofertados por uma hora e somente lagartas de segundo ínstar, sendo expostas simultaneamente cinco lagartas de cada hospedeiro por repetição.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo realizadas 20 repetições do teste de livre escolha, onde cada espécie consistiu em um tratamento. Após uma hora, as lagartas foram retiradas das gaiolas, individualizadas em potes de polietileno (250 ml) e alimentadas diariamente com folhas de língua de vaca até a confirmação do parasitismo.

FIGURA 1 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR A SUSCETIBILIDADE DOS ÍNSTARES DE *S. eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda* AO PARASITISMO DE *Aleiodes* sp. n.



FONTE: O autor (2022).

3.5 BIOLOGIA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

A biologia de *Aleiodes* sp. n. foi realizada com lagartas *S. cosmioides* de 2º ínstar (FIGURA 2). As lagartas foram alimentadas com folhas de soja transgênica *Bt*, cultivar TMG 7062 IPRO, que expressam a proteína Cry1Ac da bactéria *B. thuringiensis*. O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas, nas temperaturas de 15° , 20° , 25° e $30^\circ \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 horas.

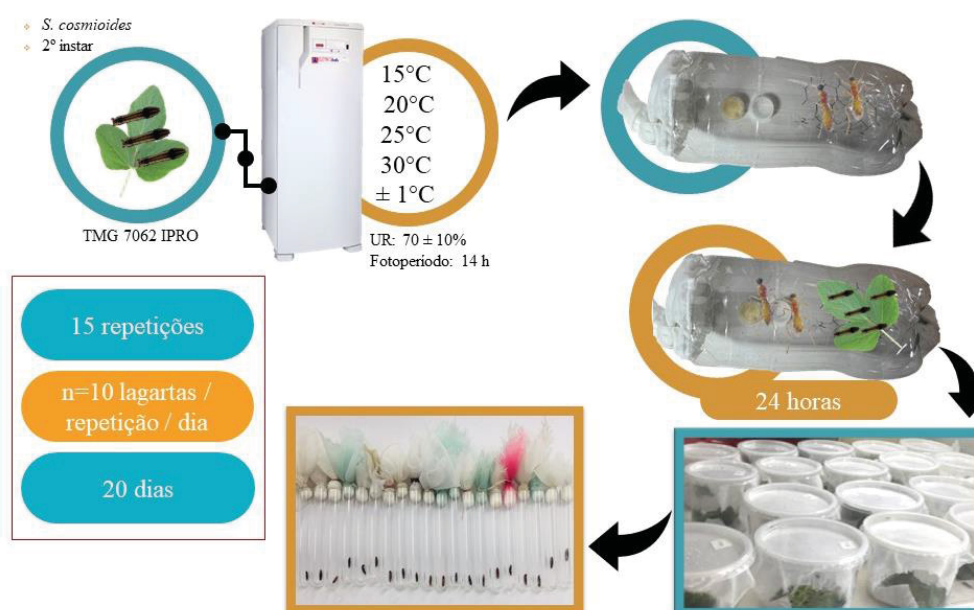
Para cada temperatura, 15 casais recém emergidos do parasitoide foram individualizados em gaiolas de garrafa pet, como descrito no experimento anterior, e

alimentados com filetes de mel em uma placa de petri (6 cm x 1 cm) e um algodão embebido em água, em outra placa de petri. Após a formação dos casais, 10 lagartas foram ofertadas diariamente aos parasitoides, sobre uma folha de soja, sobreposta em uma tela de arame curvada (4 x 7 cm) suspensa longitudinalmente no centro da gaiola, com o pecíolo imerso em um eppendorf (3ml) com água. Após 24h de exposição, as lagartas eram retiradas e 10 novos hospedeiros, em novas folhas, eram introduzidos nas gaiolas; o procedimento foi repetido por 20 dias. As lagartas eram individualizadas em potes de polietileno (250 ml) e alimentadas com folhas de soja até a confirmação do parasitismo.

As pupas do parasitoide eram individualizadas em tubos de vidro (1 cm de diâmetro x 10 cm de altura) e mantidas, nas respectivas temperaturas, até a emergência dos adultos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado; foram registrados o número de hospedeiros parasitados, emergência dos parasitoides, tempo de desenvolvimento larval, duração da fase de pupa e a razão sexual, em função das diferentes temperaturas.

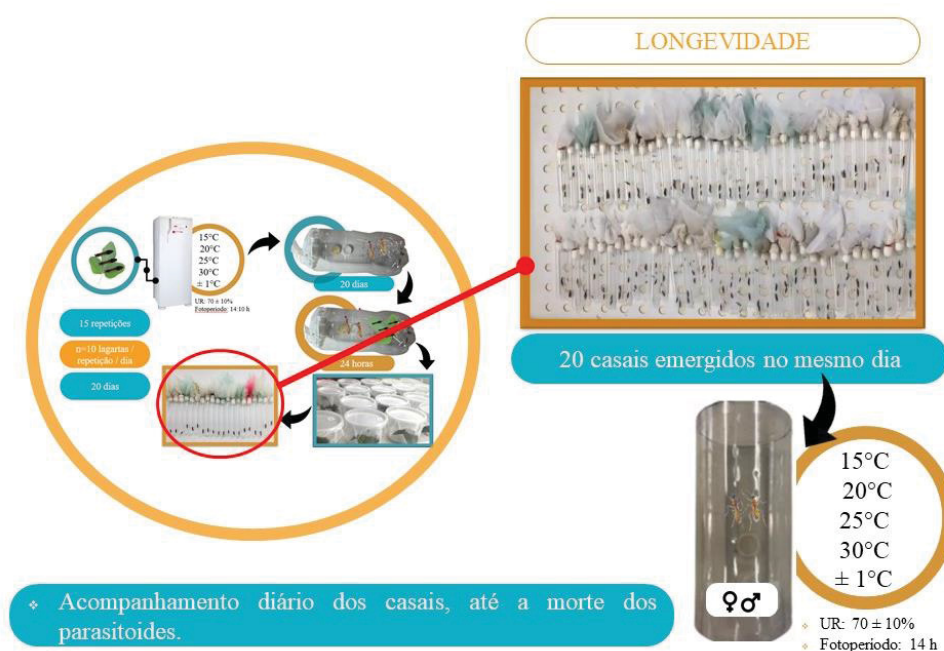
FIGURA 2 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DA BIOLOGIA DE *Aleiodes* sp. n., REALIZADA COM LAGARTAS *S. cosmioides* DE 2º ÍNSTAR, ALIMENTADAS COM FOLHAS DE SOJA TRANSGÊNICA *Bt*, CULTIVAR TMG 7062 IPRO.



FONTE: O autor (2022).

Para avaliação da longevidade, após a emergência em cada temperatura, foram formados 20 casais de *Aleiodes* sp. n. emergidos no mesmo dia e individualizados em gaiolas de acetato (10 cm Ø x 20 cm de comprimento), sem a oferta de lagartas para o parasitismo (FIGURA 3). A tampa da gaiola era encaixada, possibilitando sua remoção para a inserção dos insetos e do alimento. Na tampa também foram realizados dez furos de 1mm, para a entrada de ar. Os adultos foram alimentados com filetes de mel em uma placa de petri (6 cm x 1 cm) e em outra placa de petri um chumaço algodão embebido em água. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, realizando o acompanhamento dos casais diariamente, até a morte dos parasitoides.

FIGURA 3 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DA LONGEVIDADE DE *Aleiodes* sp. n.



FONTE: O autor (2022).

3.6 CONSUMO FOLIAR DE *S. cosmioides*

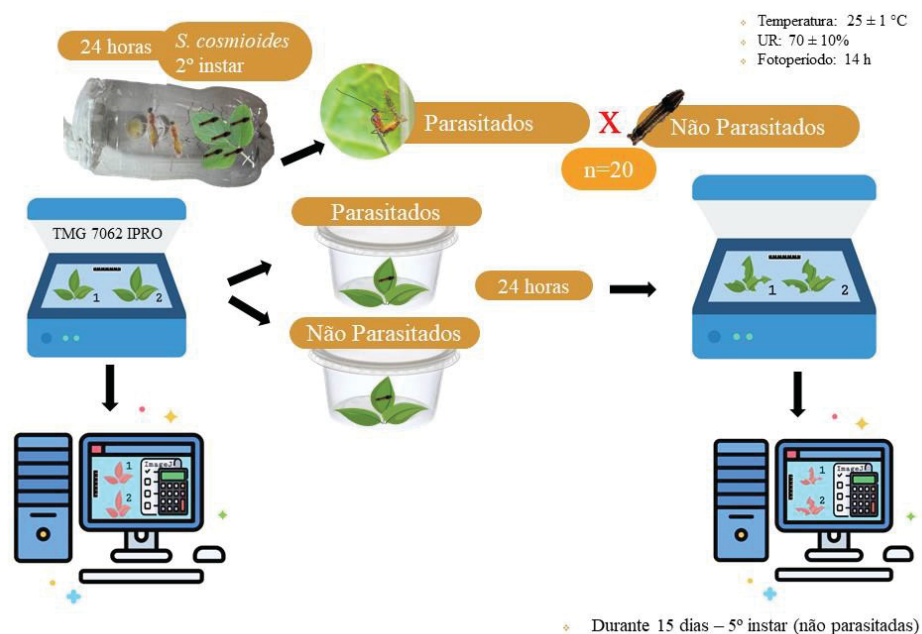
O experimento foi realizado em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa (UR) de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 horas, composto por dois tratamentos ($n = 20$), lagartas de *S. cosmioides* parasitadas por *Aleiodes* sp. n. (tratamento 1) e lagartas não parasitadas (tratamento 2) (FIGURA 4). Foi mensurada a área de folhas de soja *Bt*, cultivar TMG 7062 IPRO, consumidas por lagartas a partir

do 2º ínstar. Foram selecionadas lagartas de 2º ínstar como padrão para os dois tratamentos, devido aos resultados obtidos anteriormente com o parasitismo.

Para o tratamento 1, quatro casais de *Aleiodes* sp. n. foram formados, individualizados em gaiolas de garrafa pet. Foram ofertadas cinco lagartas para cada casal, sobre uma folha de soja, sobreposta em uma tela de arame curvada (4 x 7 cm) com o pecíolo imerso em um eppendorf (3ml) com água, expostas ao parasitismo por 24 horas. Após o período de exposição, as lagartas foram individualizadas em potes de polietileno de 250 ml. Para o tratamento 2, foram individualizadas 20 lagartas, que não foram expostas ao parasitismo.

Diariamente folhas de soja para os dois tratamentos eram escaneadas em um scanner HP Scanjet G4050, antes de serem ofertadas às lagartas. Após 24 horas da oferta, os pedaços de folha não consumidos eram removidos, novamente escaneados e substituídos por novas folhas. Esse processo ocorreu durante 15 dias, até o quinto ínstar das lagartas não parasitadas.

FIGURA 4 – ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DO CONSUMO FOLIAR DE HOSPEDEIROS (*S. cosmioides* DE 2º ÍNSTAR) NÃO PARASITADOS E PARASITADOS POR *Aleiodes* sp. n.



FONTE: O autor (2022).

Através das imagens digitais das folhas, foram quantificadas suas respectivas áreas em cm^2 após serem carregadas e analisadas pelo software ImageJ, adaptado

de Newton Martin et al. (2013), os quais utilizaram para estimar a área foliar do feijão. O consumo diário de folhas de soja, por *S. cosmioides* parasitada e não parasitada, foi calculado através da diferença entre a área foliar ofertada e área foliar restante e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados através de modelos lineares generalizados (GLM), o delineamento em todos experimentos foi inteiramente casualizado e a análise de variância foi utilizada para calcular o valor de F.

No experimento de ínstar e hospedeiro preferencial, nos testes sem e com chance de escolha, dados de contagem como o parasitismo, foram avaliados seguindo a distribuição de Poisson, enquanto que dados de porcentagem de emergência e razão sexual utilizou-se a distribuição binomial. Quando detectada superdispersão, os dados foram ajustados utilizando um modelo Quasi- poisson ou Quasi-binomial. No experimento sem chance de escolha, os dados de parasitismo, emergência e razão sexual foram analisados em esquema fatorial, composto por 3 espécies de hospedeiros e 4 ínstaes.

Para analisar a biologia de *Aleiodes* sp. n. nas diferentes temperaturas, o parasitismo, como dado de contagem, foi analisado seguindo a distribuição de Poisson, enquanto que para porcentagem de emergência e razão sexual foi adotada a distribuição binomial. No entanto, quando detectada superdispersão, os dados foram ajustados utilizando um modelo Quasi-poisson e Quasi-binomial. Para avaliar o tempo médio de desenvolvimento da oviposição à pupação e da pupação à emergência dos adultos, utilizou-se a distribuição normal, Gaussiana, enquanto que a longevidade foi analisada seguindo a distribuição de Poisson.

O experimento de consumo médio da área foliar de soja consumida por *S. cosmioides* parasitada e não parasitada, foi submetido a distribuição normal, Gaussiana.

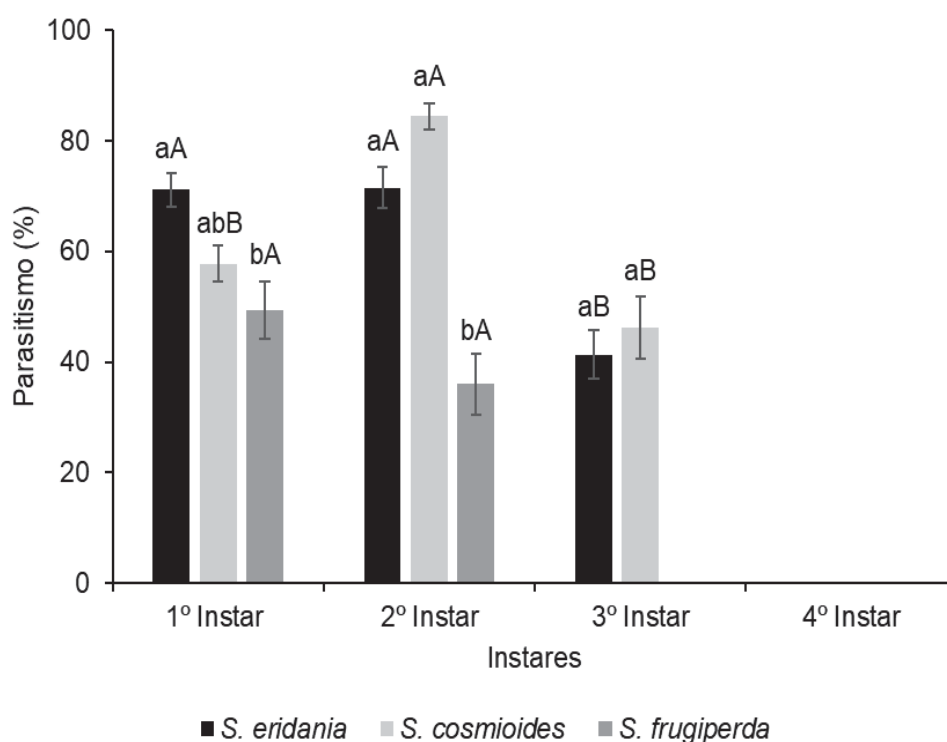
Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($P < 0.05$) utilizando a função glht do pacote multcomp. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Core Team, 2020).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 SUSCETIBILIDADE DE PARASITISMO E HOSPEDEIRO PREFERENCIAL

A porcentagem de parasitismo por *Aleiodes* sp. N. em lagartas de *S. cosmioides* de segundo instar superou 80% (GRÁFICO 1). Não houve interação entre os fatores (espécies/ instares). Em *S. eridania* e *S. cosmioides* o parasitismo ocorreu até o terceiro instar, enquanto *S. frugiperda* foi suscetível a *Aleiodes* sp. n. apenas nos dois primeiros instares, não se registrando parasitismo a partir do terceiro instar ($F=5,8115$; $Df=3$; $p<0,001$). Em nenhuma das espécies ocorreu parasitismo no quarto instar.

GRÁFICO 1 – PORCENTAGEM ($\pm$ EP) DE LAGARTAS DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda* PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. EM RELAÇÃO AO ÍNSTAR DO HOSPEDEIRO, EM TESTE SEM CHANCE DE ESCOLHA (N=15). MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MINÚSCULAS SÃO COMPARADAS DENTRO DO MESMO ÍNSTAR, ENQUANTO AS MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MAIÚSCULAS SÃO COMPARADAS ENTRE DIFERENTES ÍNSTARES DA MESMA ESPÉCIE. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).



FONTE: O autor (2022).

Comparando o parasitismo no primeiro instar, *S. eridania* e *S. cosmioides* apresentaram as maiores porcentagens de lagartas parasitadas, 71 e 58%,

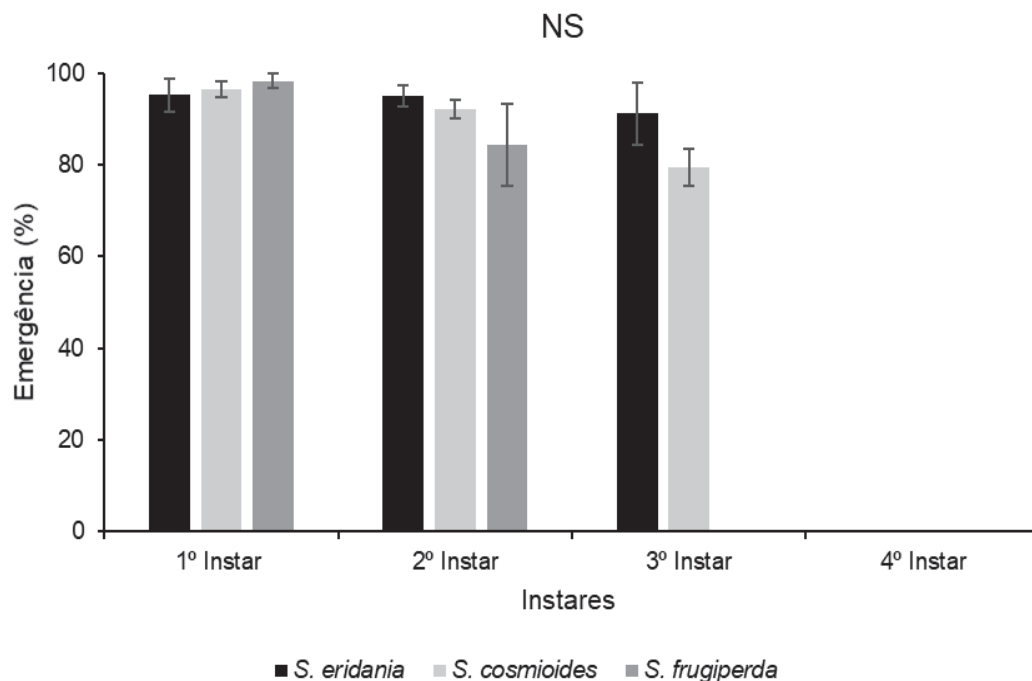
respectivamente, não havendo diferença significativa entre elas. Já *S. frugiperda* mostrou um parasitismo inferior, não diferindo apenas de *S. cosmioides*. No segundo ínstar, não houve diferença no parasitismo para *S. cosmioides* e *S. eridania*, ficando acima de 70% de lagartas parasitadas, diferindo apenas de *S. frugiperda*, onde apenas 36% das lagartas foram parasitadas. No terceiro ínstar, menos de 50% das lagartas de *S. cosmioides* e *S. eridania* ofertadas às fêmeas de *Aleiodes* sp. n. foram parasitadas (GRÁFICO 1).

O ínstar e tamanho ideal do hospedeiro influenciam na obtenção de maiores taxas de parasitismo (PONCIO et al., 2018). Da mesma maneira, o tamanho do parasitoide está positivamente correlacionado com o tamanho do hospedeiro (King 1993). *Aleiodes* sp. n. é um parasitoide solitário; seu tamanho varia entre 5 a 10 mm de comprimento. Essas características podem explicar os resultados obtidos, onde a preferência de parasitismo de *Aleiodes* sp. n. ocorreu nos primeiros instares larvais dos hospedeiros avaliados, levando em consideração a compatibilidade de tamanho do hospedeiro, tornando-o adequado para o desenvolvimento do parasitoide. Esse controle na fase inicial do desenvolvimento da praga indica que o parasitoide impede que o hospedeiro cause danos significativos na cultura.

À medida que o hospedeiro cresce durante seu desenvolvimento, seus mecanismos de defesa física se intensificam, tornando-o mais agressivo e dificultando o parasitismo (MATTIACCI e DICKE, 1995). Tal como observado com *S. frugiperda* a partir do terceiro ínstar, onde devido ao seu tamanho e agressividade, o parasitismo foi afetado; portanto, lagartas de *S. frugiperda* são mais eficientes em se defender do parasitoide durante o processo de parasitismo a partir do terceiro ínstar. Gil et al. (2020) observaram que *Microcharops anticarsiae* Gupta (Hymenoptera: Ichneumonidae) foi mais eficiente no parasitismo de hospedeiros de primeiros instares de *A. gemmatilis* devido a respostas imunológicas menos eficazes do que em hospedeiros mais desenvolvidos. Khafagi e Hegazi (2008), concluíram que os instares hospedeiros mais desenvolvidos de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae), não são adequados ao parasitismo por *Microplitis rufiventris* Kokujev (Braconidae, Microgastrinae), o qual apresenta preferência de pelos primeiros três instares larvais.

A emergência dos parasitoides em todos os tratamentos foi superior a 80%, não diferindo estatisticamente entre as três espécies e os instares ($F=30,398$; $Df=3$; $p=0,7661$) (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2 – PORCENTAGEM ($\pm$ EP) DE ADULTOS DE *Aleiodes* sp. n. EMERGIDOS DE LAGARTAS DO PRIMEIRO AO QUARTO ÍNSTAR DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda*, EM TESTES SEM CHANCE DE ESCOLHA (N=15). NS: NÃO SIGNIFICATIVO (P = 0.38).

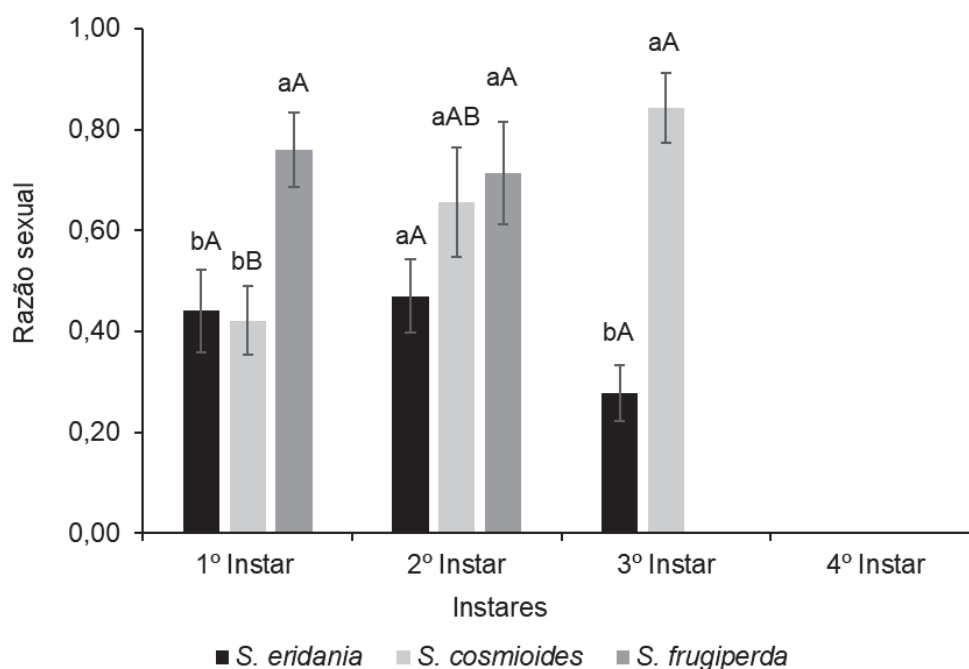


FONTE: O autor (2022).

A preferência dos parasitoides por determinado ínstar está correlacionada com os níveis mais elevados de emergência, tamanho e longevidade do parasitoide (MONTTOYA et al. 2011), o que leva, geralmente, os endoparasitoides a serem mais específicos na relação com seu hospedeiro quanto à espécie e ínstar de parasitismo. Não houve diferença significativa entre os instares e os hospedeiros avaliados, mostrando que, na ausência de seu hospedeiro preferencial, *Aleiodes* sp. n. é capaz de se desenvolver com sucesso em hospedeiros alternativos presentes na área.

A razão sexual variou entre 0,28 e 0,84. Quando comparados os três hospedeiros dentro de cada ínstar, não houve diferença na razão sexual apenas no segundo ínstar, sendo 0,71, 0,66 e 0,47 para *S. frugiperda*, *S. cosmioides* e *S. eridania*, respectivamente (GRAFICO 3). No primeiro ínstar, apesar da menor taxa de parasitismo, a razão sexual em *S. frugiperda* foi significativamente superior à de *S. cosmioides* e *S. eridania*. No terceiro ínstar a razão sexual foi significativamente afetada pelos hospedeiros, sendo *S. cosmioides* superior a *S. eridania* ($F=4,6985$; $Df=3$; $p<0,01$).

GRÁFICO 3 – RAZÃO SEXUAL (MÉDIA $\pm$ EP) DE *Aleiodes* sp. n. EMERGINDO DE LAGARTAS DO PRIMEIRO AO QUARTO ÍNSTAR DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmioides* E *S. frugiperda*, EM TESTES SEM CHANCE DE ESCOLHA. MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MINÚSCULAS SÃO COMPARADAS DENTRO DA MESMA CATEGORIA DE ÍNSTAR, ENQUANTO AS MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS MAIÚSCULAS SÃO COMPARADAS ENTRE DIFERENTES ÍNSTARES DA MESMA ESPÉCIE. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).



FONTE: O autor (2022).

A razão sexual é um atributo importante para liberações massais dos agentes de controle biológico; uma vez que o maior número de fêmeas é importante, pois são as responsáveis pelo controle da praga (CAÑETE; FOERSTER, 2003). De acordo com a literatura, a razão sexual de himenópteros é influenciada por fatores como a dieta (ONGARATTO et al., 2020), o instar e tamanho do hospedeiro (PONCIO et al., 2018; UENO, 2015), sinais químicos associados ao hospedeiro (FARAONE et al., 2017) e o alimento associado ao hospedeiro (MORAWO e FADAMIRO, 2019).

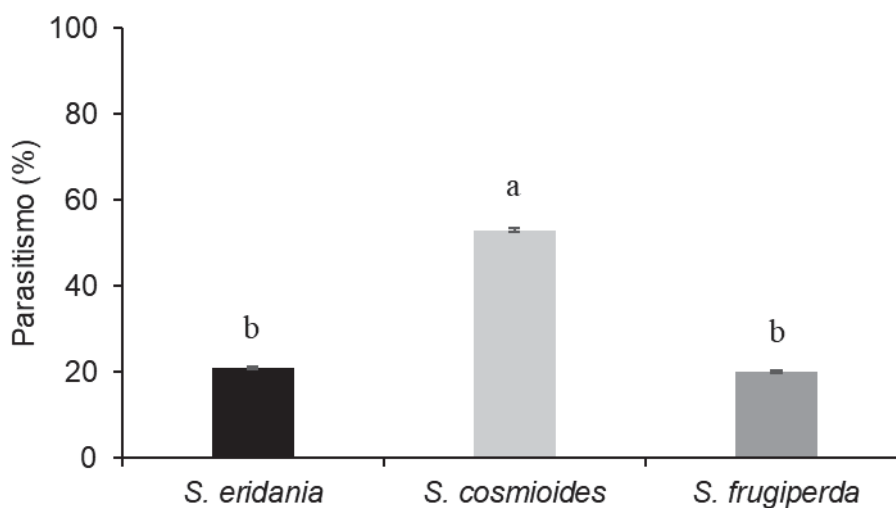
Apesar de *S. frugiperda* ter proporcionado o menor parasitismo no primeiro instar, o maior valor de razão sexual foi observado nesse hospedeiro, diferenciando das demais espécies. Isso pode ter corrido devido à melhor qualidade nutricional da lagarta, que proporcionou uma maior produção de fêmeas, apesar das características de defesa imunológica ou física que determinam uma taxa de parasitismo mais baixa que nas demais espécies.

A proporção sexual de fêmeas do parasitoide, em *S. Cosmioides*, aumentou à medida que a lagarta foi aumentando de tamanho. Isso demonstra que apesar do

parasitismo ser alto nos primeiros ínstaes, o maior tamanho do hospedeiro no terceiro ínstar favoreceu a produção de fêmeas do parasitoide. Enquanto que em *S. eridania* a razão sexual de *Aleiodes* sp. n. se manteve abaixo de 0.50 nos três ínstaes, indicando que neste hospedeiro *Aleiodes* apresenta uma razão sexual desfavorável à produção de fêmeas.

No teste de livre escolha com lagartas de segundo ínstar, fêmeas de *Aleiodes* sp. n. mostraram significativa preferência em parasitar *S. cosmíoides* ($F=68,605$; $Df=2$; $p<0,001$), chegando a 53% de lagartas parasitadas, do total ofertado, enquanto não houve diferença nas porcentagens de parasitismo entre *S. eridania* e *S. frugiperda*, (GRÁFICO 4).

GRÁFICO 4 – PORCENTAGEM ($\pm$ EP) DE LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera eridania*, *S. cosmíoides* e *S. frugiperda* PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. EM TESTES COM CHANCE DE ESCOLHA. MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).



FONTE: O autor (2022).

Para um hospedeiro ser considerado adequado a um parasitoide, deve possibilitar seu desenvolvimento e produzir adultos férteis que conseguirão dar continuidade à prole (PACHECO et al., 2020). Por isso, o processo de escolha e aceitação de hospedeiros é considerado dinâmico, podendo haver níveis diferentes de adequação (HOPPER et al. 2013). Ghosh et al. (2021) avaliando o parasitoide, *Bracon brevicornis* (Wesmael) (Hymenoptera: Braconidae) sobre *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) e *S. frugiperda*, afirmam que diferenças no estado bioquímico das larvas, até mesmo seus odores, são capazes de contribuir para a preferência por um hospedeiro.

Na safra de soja de 2019/2020, foram coletadas 101 lagartas de *S. eridania*, sendo que 12,9% dessas lagartas estavam parasitadas por *Aleiodes* sp. n., enquanto que, de *S. cosmioides* foram coletadas 28 lagartas, não sendo detectado parasitismo por esse parasitoide (TAKAHASHI, 2021). Em laboratório, no experimento de livre escolha, *Aleiodes* sp. n. teve preferência em parasitar *S. cosmioides*, ao contrário do observado no campo. Isso pode ter ocorrido devido à alta disponibilidade de *S. eridania* na cultura da soja, comparado com *S. cosmioides* e nessas condições, *S. eridania* se sobressaiu como hospedeiro.

4.2 BIOLOGIA EM DIFERENTES TEMPERATURAS

O tempo de desenvolvimento de *Aleiodes* sp. n. entre ovo-pupa e pupa-adulto, foi significativamente afetado nas quatro temperaturas avaliadas, apresentando uma correlação inversa com o aumento da temperatura. Verificou-se redução no período de desenvolvimento entre ovo-pupa de 24,9 dias a 15°C para 7,4 dias a 30°C, e de pupa-adulto variou de 21,5 dias a 15°C a 5,9 a 30°C (Tabela 1).

TABELA 1 – TEMPO DE DESENVOLVIMENTO (DIAS) ENTRE OVO-PUPA, PUPA-ADULTO E LONGEVIDADE (DIAS) DE FÊMEAS E MACHOS (MÉDIA $\pm$ EP) DE *Aleiodes* sp. n. EM LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera cosmioides*, EM QUATRO TEMPERATURAS CONSTANTES (UR: 70 $\pm$ 10%; FOTOFASE DE 14H).

Temperatura	Tempo de Desenvolvimento (Dias)		Longevidade (Dias)	
	Ovo-Pupa	Pupa-Adulto	Fêmeas	Machos
30°C	7,4 $\pm$ 0,10 d	5,9 $\pm$ 0,06 d	41,3 $\pm$ 4,12 c	27,2 $\pm$ 4,02 e
25°C	8,8 $\pm$ 0,08 c	6,7 $\pm$ 0,05 c	48,8 $\pm$ 4,64 b	35,1 $\pm$ 4,15 d
20°C	11,2 $\pm$ 0,07 b	9,1 $\pm$ 0,02 b	71,5 $\pm$ 4,07 a	71,7 $\pm$ 5,33 a
15°C	24,9 $\pm$ 0,21 a	21,5 $\pm$ 0,31 a	80,7 $\pm$ 7,21 a	69,6 $\pm$ 10,57 a
F	3978,7	1998,5	1217,2	
Df	3	3	3	
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001	

FONTE: O autor (2022).

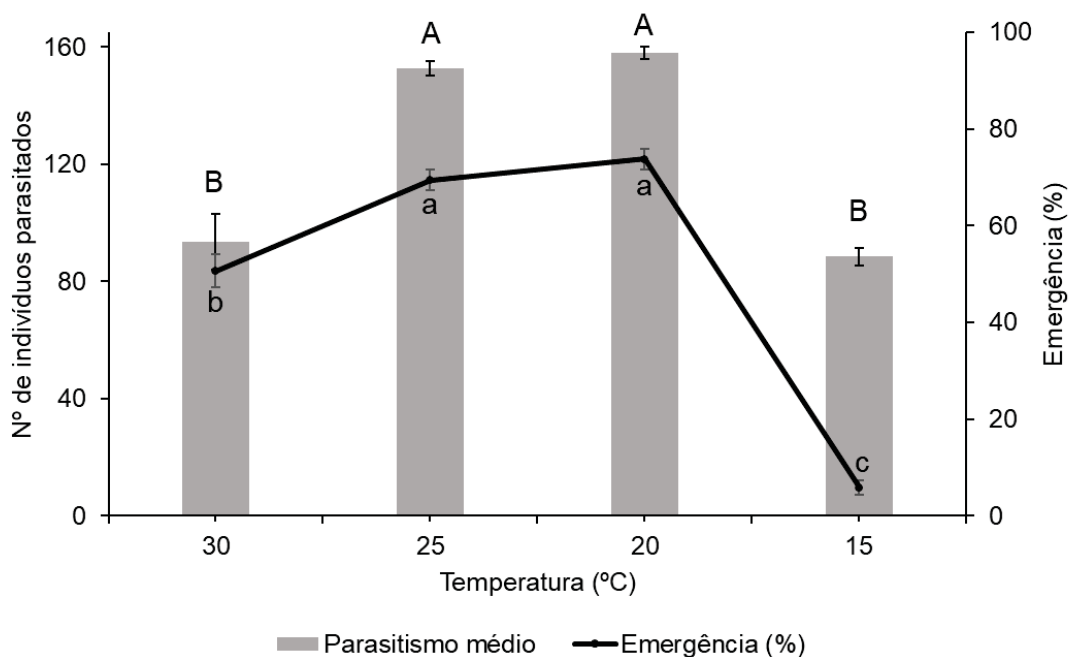
NOTA: Médias seguidas de letras iguais na coluna (para longevidade, as duas colunas: fêmea e macho) não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A longevidade de fêmeas e machos de *Aleiodes* sp. n. decresceu com o aumento da temperatura, exceto quando comparado 20°C e 15°C onde não ocorreram

diferenças significativas, em ambos os sexos. À 30°C e 25°C, a longevidade foi de 41,3 e 48,8 dias, respectivamente para fêmeas e 27,2 e 35,1 dias para machos. Nessas duas temperaturas as fêmeas foram significativamente mais longevas que os machos (Tabela 1).

A capacidade de parasitismo de *Aleiodes* sp. n. foi afetada significativamente pela temperatura ($F=23,134$; $Df=3$; $p<0,001$) (GRÁFICO 5). O número total de lagartas de *S. cosmioides* parasitadas durante 20 dias variou de 88,4 a 15°C e 158 lagartas/fêmea a 20°C. As médias de parasitismo diário nas temperaturas extremas, 30°C e 15°C, não diferiram significativamente e foram de 4,7 e 4,4 lagartas/fêmea respectivamente; a 20°C e 25°C, o parasitismo médio diário foi de 7,9 e 7,6 lagartas/fêmeas, também não diferindo estatisticamente entre si.

GRÁFICO 5 – NÚMERO MÉDIO (MÉDIA $\pm$ EP) DE LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera cosmioides* PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. E PORCENTAGEM DE EMERGÊNCIA (MÉDIA $\pm$ EP) DE PARASITOIDES, DURANTE 20 DIAS CONSECUTIVOS, EM QUATRO TEMPERATURAS CONSTANTES (UR: $70\pm 10\%$; FOTOFASE DE 14H). MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS (MAIÚSCULAS PARA A MÉDIA DE PARASITISMO E MINÚSCULAS PARA EMERGÊNCIA (%)) NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).



FONTE: O autor (2022).

À 30°C, apesar de haver parasitismo até o 20º dia, a partir do décimo dia, ocorreu uma queda acentuada no parasitismo, passando de 8,1 lagarta/fêmea no 1º dia, 3,9 no 10º dia e 1 lagarta/fêmea no 20º dia de parasitismo. Para as temperaturas de 25°C e 20°C, o parasitismo diminui de maneira gradual, passando de 8,3 (1º dia),

6,9 (10° dia) e 6,7 lagartas/fêmea (20° dia). Já a 15°C, o parasitismo por *Aleiodes* sp. n. se manteve praticamente constante nestes mesmos períodos: 4,8 no 1° dia, 4 no 10° e 4,5 lagartas/fêmea no 20° dia.

A emergência média de *Aleiodes* sp. n. também foi afetada significativamente pela temperatura ($F=137,52$; $Df=3$; $p<0,001$), variando de 5,83% (15°C) a 73,76% (20°C). Na faixa de temperatura intermediária (20°C e 25°C), a média de emergência superou 70%, sendo significativamente superior à 15°C e 30°C. Considerando os cinco primeiros dias de avaliação, a emergência foi superior a 80% na temperatura de 25°C. Takahashi (2021), avaliando *Aleiodes* sp. n. em *S. eridania* de 2° ínstar, verificou que a emergência foi superior 85% no período de três dias de avaliação, com o hospedeiro alimentado com soja *Bt*.

Os resultados evidenciaram a capacidade de *Aleiodes* sp. n. em completar seu desenvolvimento em um hospedeiro alimentado com soja transgênica *Bt* – Cry1Ac, em todas as temperaturas testadas. De forma semelhante, há na literatura relatos de outros inimigos naturais e organismos não alvo que não foram afetados por culturas que expressam a proteína *Bt* (CHEN et al., 2008; TIAN et al., 2018; ALVES LEITE, REDAELLI e SANT'ANA, 2020; SHERA et al., 2021; YANG et al., 2021; SOUZA et al., 2021). Yang et al. (2021) avaliando algodão *Bt* ao longo de oito anos, não verificaram evidências que a expressão da toxina Cry1Ac tenha afetado a abundância de pulgões, parasitoides e taxas de parasitismo nas áreas de estudo, em todo o período avaliado.

Por outro lado, há divergências na literatura quanto ao efeito da ingestão de plantas *Bt* por presas e hospedeiros sobre predadores e parasitoides. Dutton et al. (2002) observaram aumento significativo da mortalidade de *Chrysoperla carnea* (Steph) (Neuroptera: Chrysopidae) e atraso no seu desenvolvimento ao predarem larvas de *S. littoralis* alimentadas com milho *Bt*. Rolim et al. (2020) verificaram que *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), apresentou pior desempenho reprodutivo ao parasitar pupas de *S. frugiperda* mais suscetíveis e resistentes a *Bt* do que pupas não tratadas, afetando também seu comportamento de busca pelo hospedeiro e parâmetros reprodutivos. Porém, Rolim et al. (2020) diferentemente do presente estudo, utilizaram um bioinseticida *Bt* e não a planta transgênica *Bt*.

Quando se compara *Aleiodes* sp. n. em *S. cosmioides* de 2° ínstar consumindo alimento não transgênico (experimento 4.1), com *Aleiodes* sp. n. em *S. cosmioides* de

2º ínstar, em 25°C, alimentadas com soja *Bt* – Cry1Ac, constata-se resultados próximos na porcentagem de parasitismo em ambos os experimentos, sendo de 84% em lagartas alimentadas com língua-de-vaca e 82,7% em lagartas alimentadas com soja *Bt* – Cry1Ac, considerando o primeiro dia de parasitismo. Da mesma maneira, Alves Leite, Redaelli e Sant'Ana (2020) verificaram não haver diferença no parasitismo de *T. pretiosum*, em ovos de *S. frugiperda* alimentadas ou não na fase larval com plantas transgênicas.

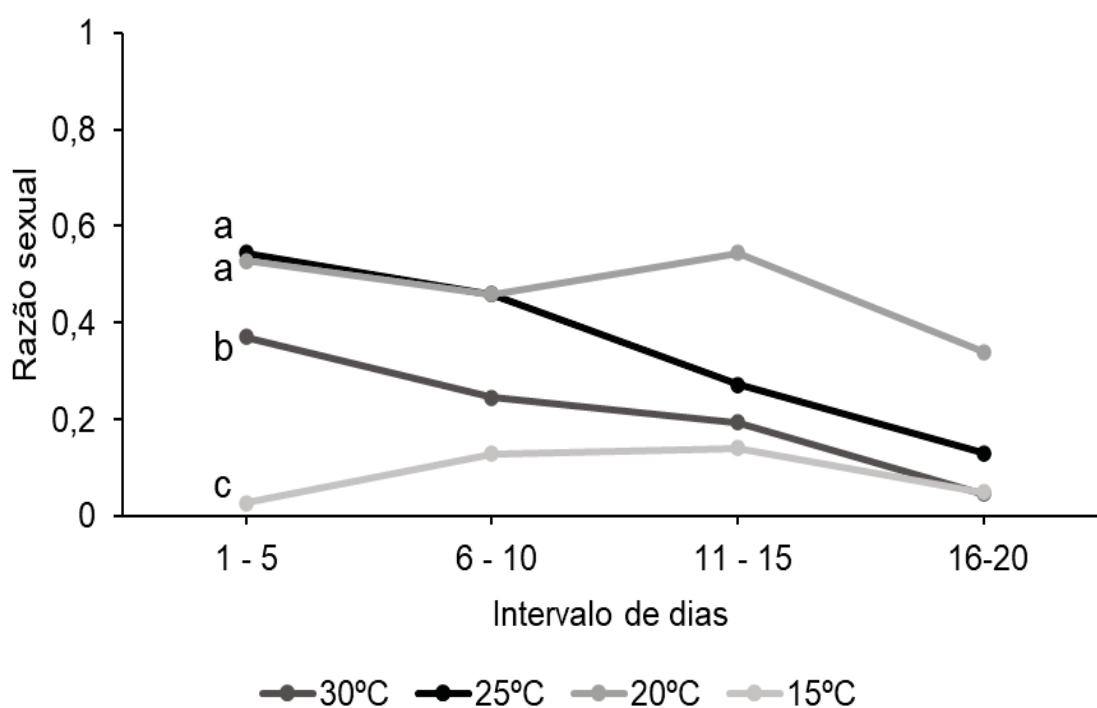
Já o período imaturo de *Aleiodes* sp. n. em *S. cosmioides* de 2º ínstar, alimentadas com soja *Bt* – Cry1Ac a 25° C, foi de 8,8 dias entre o ovo-pupa e de 6,7 dias entre pupa-adulto; estes períodos foram menores quando comparado a fêmeas parasitando *S. cosmioides* de 2º ínstar consumindo alimento não transgênico (experimento 4.1), sendo de 11,1 dias entre ovo-pupa e de 10,96 dias entre pupa-adulto. Shera et al. (2021), não encontraram diferenças no período imaturo de *Aenasius arizonensis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitando *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) alimentado com algodão *Bt* e algodão não *Bt*.

Não houve diferença na razão sexual na faixa de temperatura de 20°C a 25°C, sendo 0,47 e 0,35 respectivamente, diferindo de 30° e 15°C ($F=27,887$; $Df=3$; $p<0,001$). Entre todas as temperaturas, a que proporcionou as mais baixas taxas de razão sexual, foi a de 15°C, não superando a razão de 0,15, em todos os intervalos de dias analisados. Em 30° e 25°C, a razão sexual que foi respectivamente 0,37 e 0,55, entre o 1º e 5º dia de parasitismo, ambas têm uma queda acentuada no decorrer dos dias, passando para 0,05 e 0,13 entre o 16º e 20º dia. A 20°C razão sexual variou de 0,46 a 0,54 nos três primeiros intervalos analisados, mas assim como nas demais temperaturas avaliadas, entre o 16º e 20º dia, a razão sexual diminuiu para 0,33 (GRAFICO 6).

Apesar do sucesso de *Aleiodes* sp. n. em se desenvolver em lagartas de *S. cosmioides* alimentadas com soja *Bt* – Cry1Ac, ao comparar sua razão sexual com o mesmo hospedeiro e ínstar, porém alimentado com língua-de-vaca (experimento 4.1), *Aleiodes* sp. n. obteve maiores resultados ao parasitar hospedeiros alimentados com língua-de-vaca, sendo a razão sexual de 0,66, enquanto que o mesmo hospedeiro alimentado com soja *Bt* – Cry1Ac, considerando a temperatura de 25° C, a razão sexual no primeiro dia de parasitismo foi de 0,42, mostrando influência do alimento quanto a esse parâmetro. De acordo com a literatura, a razão sexual de himenópteros

pode ser afetada pelo alimento associado ao hospedeiro (MORAWO e FADAMIRO, 2019). Porém, há divergências na literatura, Tian et al. (2018) relataram que a razão sexual, assim como os demais parâmetros avaliados, foram iguais para *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) ao parasitar *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentado com algodão *Bt* e não-*Bt*. Não há na literatura trabalhos envolvendo *Aleiodes* sp. para comparação de razão sexual.

GRÁFICO 6 – RAZÃO SEXUAL (MÉDIA $\pm$ EP) DE *Aleiodes* sp. n. EMERGINDO DE LAGARTAS DO SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera cosmioides*, EM INTERVALOS DE CINCO DIAS, DURANTE 20 DIAS CONSECUTIVOS, EM QUATRO TEMPERATURAS CONSTANTES (UR: $70 \pm 10\%$; FOTOFASE DE 14H). MÉDIAS SEGUIDAS DE LETRAS IGUAIS NÃO DIFEREM ENTRE SI DE ACORDO COM O TESTE DE TUKEY ($P \leq 0,05$).



FONTE: O autor (2022).

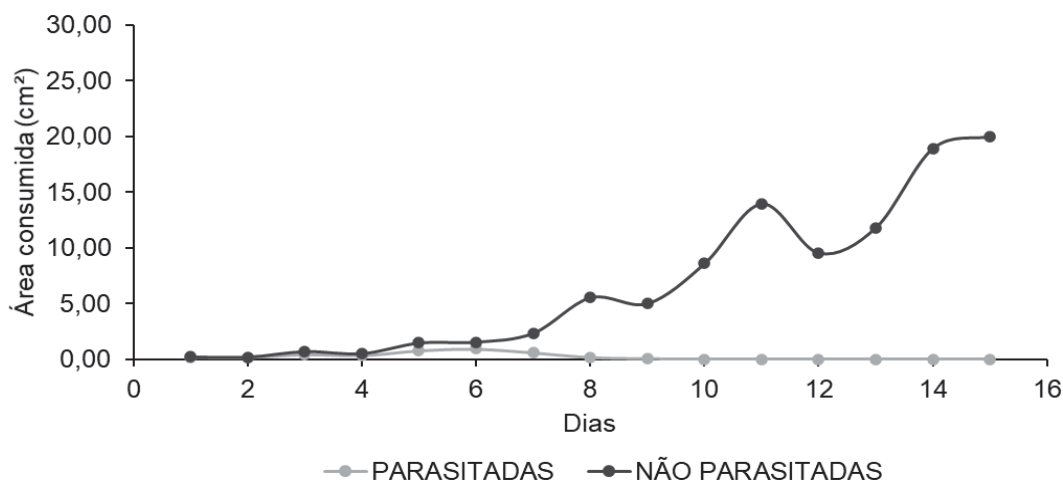
No decorrer dos dias, a razão sexual não foi estável, chegando a 0,72 antes do quinto dia de parasitismo em 25°C. Takahashi (2021), avaliando *Aleiodes* sp. n. por um período de três dias em *S. eridania* de 2º instar, verificou que a razão sexual foi de 0,40 e 0,38, para a geração F0 e F1 respectivamente, com o hospedeiro alimentado com soja *Bt*. No entanto, em todas as temperaturas ocorreu um declínio no número de fêmeas, possivelmente devido ao avanço, tanto da idade da fêmea, quanto do macho. De acordo com Zago et. al (2007), a performance diária de *T. pratissolii* no

parasitismo dos dois hospedeiros avaliados, decresceu com o avanço na idade da fêmea e com o aumento da temperatura.

4.3 CONSUMO FOLIAR

A área foliar de soja consumida por lagartas de *S. cosmíoides* parasitadas e não parasitadas foi significativamente diferente ($F=180.81$; $Df=1$; $p<0.001$). O consumo das lagartas não parasitadas foi avaliado por quinze dias, até o quinto ínstar, enquanto que as lagartas parasitadas alimentaram-se por apenas oito dias antes de morrerem (GRÁFICO 7). Enquanto as lagartas parasitadas consumiram em média, uma área foliar de 3,54 cm² em oito dias, as lagartas não parasitadas consumiram em média, uma área foliar de 100,41cm² em 15 dias.

GRÁFICO 7 – MÉDIA DA ÁREA FOLIAR DE SOJA TMG 7062 RR/IPRO CONSUMIDA POR LAGARTAS DE SEGUNDO ÍNSTAR DE *Spodoptera cosmíoides* NÃO PARASITADAS E PARASITADAS POR *Aleiodes* sp. n. (N=20).



FONTE: O autor (2022).

Do primeiro ao sexto dia do experimento, a média da área foliar consumida diariamente foi crescente para os dois tratamentos, variando de 0,16 a 0,94 cm² para *S. cosmíoides* parasitadas e de 0,22 a 1,55 cm² para lagartas não parasitadas. A partir do sétimo dia, as lagartas parasitadas reduziram a alimentação até cessar com a formação do pupário no nono dia. Enquanto que o consumo das lagartas não parasitadas seguiu aumentando no decorrer dos dias, atingindo 20 cm² de área foliar diário consumida no 15º dia de avaliação.

Os resultados evidenciam que o consumo foliar de soja transgênica *Bt* – Cry1Ac por lagartas não parasitadas foi 28,36 vezes maior quando comparado à *S. cosmioides* parasitadas. De Freitas Bueno et al. (2011), avaliaram o consumo de diferentes pragas em quatro cultivares de soja convencional e, de acordo com seus resultados, *S. cosmioides* consumiu entre 175,1 e 185,4 cm² de área foliar, superior à apresentada no presente trabalho, porém os autores avaliaram o consumo entre primeiro ínstar até a formação da pupa, enquanto que neste estudo, a avaliação ocorreu do segundo ao quinto ínstar. Isso mostra que os prejuízos causados na cultura podem ser ainda maiores do que os encontrados neste estudo. Além disso, os resultados demonstram a tolerância da espécie a soja transgênica *Bt* – Cry1Ac.

De forma semelhante a estudos anteriores (REZENDE, CRUZ E DELLA LUCIA, 1994; CRUZ et al., 1997; DEQUECH, DA SILVA E FIUZA, 2005; CHEN et al., 2016; AGBOYI et al., 2019), o consumo foliar por lagartas parasitadas foi menor do que por lagartas sadias. Chen et al. (2016), avaliaram o efeito do parasitoide gregário, *Cotesia ruficrus* (Haliday) (Braconidae: Hymenoptera) no consumo alimentar de *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae), e verificaram uma redução de 30% no consumo das lagartas parasitadas. No entanto, *Aleiodes* sp. n., endoparasitoide solitário com preferência por primeiros instares larvais, reduziu em 96,5% o consumo em lagartas de *S. cosmioides* parasitadas. Por outro lado, Agboyi et al. (2019) avaliando o consumo lagartas de *S. frugiperda* não parasitadas e parasitadas por *Coccygidium luteum* (Brullé) (Hymenoptera: Braconidae) no milho, relataram uma redução de até 89% na taxa de consumo por lagartas parasitadas. Assim como o presente estudo, os parasitoides estudados têm preferência pelos primeiros instares larvais, fazendo com que seus hospedeiros cessem a alimentação em poucos dias de vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa apresentou informações sobre uma nova espécie de *Aleiodes*, sua biologia em laboratório, seu potencial em parasitar três pragas de importância agrícola (*S. cosmioides*, *S. eridania* e *S. frugiperda*) e como afeta no consumo do hospedeiro *S. cosmioides*. Os resultados indicam que os primeiros ínstaes larvais são os mais suscetíveis ao parasitismo, *Aleiodes* sp. n. apresenta preferência por lagartas de segundo ínstar de *S. cosmioides*, porém é capaz de parasitar, os três primeiros ínstaes de *S. cosmioides* e *S. eridania* e os dois primeiros de *S. frugiperda*.

Os resultados também evidenciam que *Aleiodes* sp. n. é capaz de completar seu desenvolvimento em lagartas alimentadas com soja transgênica *Bt* – Cry1Ac, em todas as temperaturas avaliadas; entre 20° e 25°C ocorrem as maiores taxas de parasitismo e emergência, com as fêmeas parasitando durante vinte dias após a emergência, porém, com decréscimo após o décimo dia.

O consumo foliar de soja transgênica *Bt* – Cry1Ac por *S. cosmioides* parasitadas por *Aleiodes* sp. n. é 28,36 vezes menor comparado a lagartas não parasitadas; o fato do parasitoide ter preferência pelos primeiros ínstaes larvais faz com que seus hospedeiros cessem a alimentação em poucos dias de vida e apesar da lagarta parasitada continuar se alimentando por um curto período de tempo, até sua mumificação, seu metabolismo é reduzido, reduzindo também os danos causados na cultura.

Os resultados aqui apresentados podem servir de base para pesquisas futuras sobre a viabilidade do uso de *Aleiodes* sp. n. como agente de controle biológico, principalmente associando-o com parasitoides de ovos, devendo-se incluir pesquisas sobre densidade de liberação, o controle em campo e a viabilidade de criação em escala comercial.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. I.; SHIMBORI, E. M.; D FILHO, M. M.; PENTEADO-DIAS, A. M. A new species of *Aleiodes* (Hymenoptera, Braconidae, Rogadinae) from Brazil, with biological notes. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 104, n. 1, p. 113-117, 2014.
- ALVES LEITE, N.; REDAELLI, L. R.; SANT'ANA, J. Fitness, acceptance and olfactory responses of *Trichogramma pretiosum* on eggs of *Spodoptera frugiperda* fed with Cry1Ac soybean. **Bulletin of Insectology**, v. 73, n. 2, p. 217-224, 2020.
- AGBOYI, L. K.; MENSAH, S. A.; CLOTTEY, V. A.; et al. Evidence of Leaf Consumption Rate Decrease in Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, Larvae Parasitized by *Coccygidium luteum*. **Insects**, v. 10, n. 11, p. 410, 2019.
- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2021. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 10 Dez. 2021.
- ANDREWS, KEITH L. Latin american research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, p. 630-653, 1988.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; RINGENBERG, R.; FORESTI, J. Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 2, p. 155-161, 2004.
- BERNARDI, O.; SORGATTO, R. J.; BARBOSA, A. D.; DOMINGUES, F. A.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, v. 58, p. 33-40, 2014.
- BERNARDI, O.; BERNARDI, D.; HORIKOSHI, R. J.; OMOTO, C. **Manejo da Resistência de Insetos a Plantas Bt**. Edição. PROMIP–Manejo Integrado de Pragas, Engenheiro Coelho, SP, Brasil, 2016
- BERTI FILHO, E.; CIOCIOLA, A.I. **Parasitoides ou predadores? Vantagens e Desvantagens**. In: PARRA, José Roberto Postali. Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. Editora Manole Ltda, 2002.
- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, p. 119-126, 2004.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina; EMBRAPA- CNPSO, Documentos, 21, p.61, 1987.

BOBROWSKI, V. L.; FIUZA, L. M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M. H. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 843-850, 2003.

BORTOLLI, L. C. et al. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em morangueiro e videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 34, n. 4, p. 1068-1073, 2012.

BORTOLOTO, O.C.; SILVA, G. V.; DE FREITAS BUENO, A.; POMARI, A. F.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; CARVALHO, R. A.; BARBOSA, G. C. Development and reproduction of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) and its egg parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) on the genetically modified soybean (Bt) MON 87701× MON 89788. **Bulletin of Entomological Research**, v. 104, n. 6, p. 724-730, 2014.

BORBA, A. M. Desenvolvimento e preferência alimentar de *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em feijão e língua-de-vaca. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal do Paraná, 35p, 2018.

CAÑETE, C. L.; FOERSTER, L. A. Incidência natural e biologia de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 2, p. 201–204, 2003.

CARVALHO, M. M.; DE FREITAS BUENO, R. C. O.; CARVALHO L. C.; FAVORETO A. L.; GODOY A. F. Potencial do controle biológico para o controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) e *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, 2013.

CATARINO, R.; CEDDIA, G.; AREAL, F. J.; PARK, J. The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. *Plant biotechnology journal*, v. 13, n. 5, p. 601-612, 2015.

CHEN, Y.; LIU, X. G.; WANG, J.; ZHAO, J.; LU, Z. X.; LIU, Y. H. *Cotesia ruficrus* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae): developmental interactions and food utilization efficiency of hosts. **Journal of economic entomology**, v. 109, n. 2, p. 588-593, 2016.

CHEN, M.; ZHAO, J. Z.; COLLINS, H. L.; EARLE, E. D.; CAO, J.; SHELTON, A. M. A Critical Assessment of the Effects of Bt Transgenic Plants on Parasitoids. **PLOS ONE**, v. 3, n. 5, p. e2284, 2008. Doi: <<https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0002284>>.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Perspectivas para a agropecuária - safra 2020/21. v.9, p. 1-85, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 28 Set. 2021.

CONTE, O.; SILVEIRA, J.; POSSAMAI, E.; HARGER, N. Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2018/19 no Paraná. **Documentos/Embrapa Soja**; n.416, p.63, 2019.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Amostragem de pragas da soja. In: HOFFMANN CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Cap. 09. p. 631-672. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/Capitulo9.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 45p. **EMBRAPA/CNPMS. Circular técnica**, 21, 1995.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, D. A. N.; DINIZ, E. E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitoide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 229–234, 1997.

CTNBio. **Parecer Técnico nº 2542/2010** - Liberação Comercial de soja geneticamente modificada resistente a insetos e tolerante a herbicida contendo os eventos geneticamente modificados MON 87701 e MON 89788. Disponível em: <http://ctnbio.mctic.gov.br/liberacao-comercial/-/document_library_display>. Acesso em: 28 Set. 2021.

DE FREITAS BUENO, R.C.O., DE FREITAS BUENO, A., MOSCARDI, F., POSTALI PARRA, J. R., HOFFMANN-CAMPO, C.B. Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 170-174, 2011.

DE LIMA, D.; DE OLIVEIRA, A. B.; PRANDO, A. M.; CATHARIN, K.; SILLA, P. R. Adoção das plataformas genéticas de soja por agricultores do Paraná, safra 2019/2020. **Embrapa, Circular Técnica**, 2021.

DE SÁ, V. G.; FONSECA, B. V.; BOREGAS, K. G.; WAQUIL, J. M. Sobrevivência e desenvolvimento larval de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 1, p. 108-115, 2009.

DEQUECH, S. T. B.; DA SILVA, R. F. P.; FIUZA, L. M. Interação entre *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Bacillus thuringiensis* aizawai, em laboratório. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 937-944, 2005.

DUTTON, A.; KLEIN, H.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Uptake of Bt-toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. **Ecological Entomology**, v. 27, n. 4, p. 441-447, 2002.

FARAONE, N.; SVENSSON, G. P.; ANDERBRANT, O. Attraction of the larval parasitoid *Spintherus dubius* (Hymenoptera: Pteromalidae) to feces volatiles from the adult apion weevil host. **Journal of Insect Behavior**, 30(1), 119-129, 2017. doi: 10.1007/s10905-017-9605-5

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. Londrina: **Embrapa Soja: Circular técnica**, 48. p.8, 2007.

FERNANDES, O. A.; CARNEIRO, T. R. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil**, p. 75-82. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. (Eds.). **Controle Biológico na Prática**. ESALQ/USP, Piracicaba: CP 2, 287p., 2006.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p., 2002.

GARRO, L. S.; SHIMBORI, E. M.; PENTEADO-DIAS, A. M.; SHAW, S. R. Four new species of *Aleiodes* (Hymenoptera: Braconidae: Rogadinae) from the Neotropical Region. **The Canadian Entomologist**, v. 149, n. 5, p. 560-573, 2017.

GAZZONI D. L., YORINORI J. T. **Manual de identificação de pragas e doenças da soja**. Brasília, Embrapa - SPI. 128p, 1995.

GIL, O. J. A.; SOUZA, L. A. D.; FUNICHELLO, M.; BUSOLI, A. C. The sex ratio of the koinobiont parasitoid *Microcharops anticarsiae* Gupta remains female - biased on young larvae of velvetbean in the laboratory environment. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 42, p. e48187, 2020.

GHOSH, E.; VARSHNEY, R.; VENKATESAN, R. Performance of larval parasitoid, *Bracon brevicornis* on two *Spodoptera* hosts: implication in bio-control of *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science**, 2021. doi: 10.1007/s10340-021-01385-0

GRENN, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKESON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n. 4, p.488-497, 1976.

GRIGOLLI, J. F. J.; GRIGOLLI, M. M. K. Pragas da soja e seu controle. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; GITTI, D. C.; BEZERRA, A. R. G.; MELOTTO, A. M. **Tecnologia e produção: soja 2018/2019**. Maracaju, MS: Midiograf, 2019. Cap. 5, p. 180. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/302/302/5bf01ceb5604523cfade5dc9c1b5d3f79c522dd4360d2_05-pragas-da-soja-e-controle-somente-leitura.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

HABIB, M. E. M.; PALEARI, M. L.; AMARAL, M. E. C. Effect of three larval diets on the development of the armyworm, *Spodoptera latifascia* Walker, 1856 (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 1, p. 177-182, 1983.

HOPPER, K. R.; PRAGER, S. M.; HEIMPEL, G. E. Is parasitoid acceptance of different host species dynamic? **Functional Ecology**, 27: 1201–1211, 2013.

HORIKOSHI, R. J.; DOURADO, P. M.; BERGER, G. U.; DE S FERNANDES, D.; OMOTO, C.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; CORRÊA, A. S. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2021.

HUBER, J. T. Biodiversity of Hymenoptera. In: FOOTTIT, R. G.; ADLER P. H. **Insect biodiversity: science and society**. v.2, p419-461, 2017

ISAAA. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change. **ISAAA Brief**, n. 54, 2018.

JESUS, F. G. D., SOUSA, P. V. D., MACHADO, B. R., PEREIRA, A. I. D. A., ALVES, G. C. S. Desenvolvimento de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, SP, v. 80, n. 4, p. 430-435, 2013.

KHAFAGI, W. E.; HEGAZI, E. M. Does superparasitism improve host suitability for parasitoid development? A case study in the *Microplitis rufiventris*-*Spodoptera littoralis* system. **BioControl**, v. 53, n. 3, p. 427-438, 2008.

KING, B.H. **Sex ratio manipulation by parasitoid wasps**. In: Wrensch DL, Ebberte M (eds) Evolution and diversity of sex ratio in insects and mites. Chapman and Hall, New York, pp 418–441, 1993.

KOUSER, SHAHZAD; QAIM, MATIN. Impact of Bt cotton on pesticide poisoning in smallholder agriculture: A panel data analysis. **Ecological Economics**, v. 70, n. 11, p. 2105-2113, 2011.

LUZ, P. M. C.; SPECHT, A.; PAULA-MORAES, S. V.; MALAQUIAS, J. V.; FERREIRA, L. F.; OTANÁSIO, P. N.; DINIZ, I. R. Owlet moths (Lepidoptera: Noctuoidea) associated with Bt and non-Bt soybean in the Brazilian savanna. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 2, p. 248-256, 2019.

MACHADO, E. P.; DOS S RODRIGUES JUNIOR, G. L.; FÜHR, F. M.; ZAGO, S. L.; MARQUES, L. H.; SANTOS, A. C.; NOWATZKI, T.; DAHMER, M. L.; OMOTO, C.; BERNARDI, O. Cross-crop resistance of *Spodoptera frugiperda* selected on Bt maize to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Cry1F proteins in Brazil. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020

MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. Performance of the Wheat Armyworm, *Pseudaletia sequax* Franclemont, on Natural and Artificial Diets. **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 4, p. 288-295, 2012.

MATTIACCI, L.; DICKE, M. The parasitoid *Cotesia glomerata* (Hymenoptera: Braconidae) discriminates between first and fifth larval instars of its host *Pieris brassicae*, on the basis of contact cues from frass, silk, and herbivore-damaged leaf tissue. **Journal of Insect Behavior**, v. 8, n. 4, p. 485-498, 1995.

MENDOZA-ALMANZA, G.; ESPARZA-IBARRA, E. L.; AYALA-LUJÁN, J. L.; MERCADO-REYES, M.; GODINA-GONZÁLEZ, S.; HERNÁNDEZ-BARRALES, M.; OLMOS-SOTO, J. MENDOZA-ALMANZA, Gretel et al. The cytotoxic spectrum of *Bacillus thuringiensis* toxins: From insects to human cancer cells. **Toxins**, v. 12, n. 5, p. 301, 2020.

MIRANDA, J. E.; RODRIGUES, S. M. M.; DE ALBUQUERQUE, F. A.; DA SILVA, C. A. D.; DE ALMEIDA, R. P.; RAMALHO, F. D. S. **Guia de identificação de pragas do algodoeiro**. Embrapa Algodão: Campina Grande, PB, 2015.

MOLINA-OCHOA, J., CARPENTER, J. E., HEINRICHS, E. A., FOSTER, J. E. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. **Florida Entomologist**, v. 86, n. 3, p. 254-289, 2003.

MONTOYA, P.; CANCINO, J.; PÉREZ-LACHAUD, G.; LIEDO, P. Host size, superparasitism and sex ratio in mass-reared *Diachasmimorpha longicaudata*, a fruit fly parasitoid. **BioControl**, v. 56, n.1, p. 11–17, 2011. doi:10.1007/s10526-010-9307-9

MORAWO, T.; FADAMIRO, H. The role of herbivore-and plant-related experiences in intraspecific host preference of a relatively specialized parasitoid. **Insect Science**, v. 26, n. 2, p. 341-350, 2019. doi: 10.1111/1744-7917.12537

NEWTON MARTIN, T.; MARCHESE, J. A.; FERNANDES DE SOUSA, A. K.; CURTI, G. L.; FOGOLARI, H.; DA CUNHA DOS SANTOS, V. Uso do software ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciencia**, v. 38, n. 12, p. 843-848, 2013.

NORA, I.; REIS FILHO, W.; STUKER, H. Danos de larvas em frutos e folhas de macieira: mudanças no agroecossistema ocasionam o surgimento de insetos indesejados nos pomares. **Agropecuária Catarinense**, v.2, p.54-55, 1989.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M; FRIZZAS, M. R.; Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1–2, p. 1–15, 2013.

OMOTO, C.; BERNARDI, O.; SALMERON, E.; SORGATTO, R. J.; DOURADO, P. M.; CRIVELLARI, A.; CARVALHO, R. A.; WILLSE, A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. **Pest Management Science**, v.72, p.1727-1736, 2016.

ONGARATTO, S.; PINTO, K. J.; MÂNICA-BERTO, R.; NÖRNBERG, S. D.; GONÇALVES, R. S.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. Influence of the host diet on the performance of *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 4, p. 727–734, 2020.

PACHECO, M. H.; VANLAERHOVEN, S.; MARCOS GARCIA, M. Host suitability of *Trichoplusia ni* and *Chrysodeixis chalcites* (Lepidoptera: Noctuidae) for native and nonnative parasitoids expanding their host range. **The Canadian Entomologist**. 153(2), 137-149, 2021. doi:10.4039/tce.2020.60

PANIZZI, A.R.; BUENO, A. F.; SILVA, F. A. C.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; CORSO, I. C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros**

artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa Soja, 2012. Cap. 05. p. 335-420. Disponível em: < <http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/Capitulo5.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2022.

PARRA, J. R. P.; PRECETTI A. A. C. M.; KARSTEN JR, P. Aspectos biológicos de *Spodoptera eridania* (Cramer, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) em soja e algodão. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 16, p. 147-155, 1977.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, S.M.; CÔRREA-FERREIA, B.S.; BENTO, J.M.S. **Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, cp. 1; p. 1-16, 2002.

PARRA, J. R. P.; COELHO, A. Applied Biological Control in Brazil: From Laboratory Assays to Field Application. **Journal of insect science**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2019.

PARRA, J. R. P. **Elaboração de programas de controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar**. In: PARRA, J. R. P et al. Controle Biológico no Brasil com parasitoides e predadores na agricultura brasileira. Piracicaba: FEALQ, 592 p., 2021.

PIGNATI, W. A.; LIMA, A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, H. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: Uma ferramenta para a vigilância em saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017.

PIRAS, S.; WESZ, V. J.; GHINOI, S. Soy Expansion, Environment, and Human Development: An Analysis across Brazilian Municipalities. **Sustainability**, v. 13, n. 13, p. 7246, 2021.

POMARI, A.F.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; MENEZES JUNIOR, A.O. Biological characteristics and thermal requirements of the biological control agent *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on eggs of different species of the genus *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of Entomological Society of America**, v. 105, n.1, p.72-81, 2012.

PONCIO, S.; NUNES, A. M.; GONÇALVES, R. D. S.; LISBOA, H.; BERTO, R.M.; GARCIA, M. S.; NAVA, D. E. Strategies for establishing a rearing technique for the fruit fly parasitoid: *Doryctobracon brasiliensis* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 20, n. 10, p. 1-9, 2018. doi: 10.1093/jee/toy058

R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, 2020. Disponível em:< <https://www.r-project.org/>>. Acessado em: 15 Nov. 2020.

REZENDE, M. A. A.; CRUZ, I.; DELLA LUCIA, M. C. Consumo foliar de milho e desenvolvimento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) parasitadas por *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). **Embrapa Milho e Sorgo- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1994.

ROLIM, G. D. S.; PLATA-RUEDA, A.; MARTÍNEZ, L. C.; RIBEIRO, G. T.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Side effects of *Bacillus thuringiensis* on the parasitoid

Palmistichus elaeisis (Hymenoptera: Eulophidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 189, p. 109978, 2020.

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: Algodão: tecnologia de produção. **Embrapa CPAO**, Dourados, p. 181-226, 2001.

SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M.; NEVES, P. M. O. J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros. **Neotropical Entomology**, v.34, n.6, 2005.

SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. D. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; DE OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Biology review, occurrence and control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) in corn in Brazil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, 2002.

SCATOLINI, D.; PENTEADO-DIAS, A. M. Análise faunística de Braconidae (Hymenoptera) em três áreas de mata nativa do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47, n. 2, p. 187-195, 2003.

SHAW, S. R. *Aleiodes* wasps of eastern forests: a guide to parasitoids and associated dead caterpillars. **Forest Health Technology Enterprise Team (FHTET)**. p.121, 2006.

SHERA, P. S.; KARMAKAR, P.; SHARMA, S.; KAUR, R.; SANGHA, K. S. Bt cotton producing Cry1Ac and Cry2Ab does not harm the parasitoid *Aenasius arizonensis* (Girault): a host-mediated tritrophic assay. **Phytoparasitica**, 2021.

SHIMBORI, E. M.; SHAW, S. R. Twenty-four new species of *Aleiodes* Wesmael from the eastern Andes of Ecuador with associated biological information (Hymenoptera, Braconidae, Rogadinae). **Zookeys**, n. 405, p. 1, 2014.

SILVA, D. M. Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. **Scientia Agricola**. v.74, n.1, p.18-31, 2017.

SILVA, G. V.; DE FREITAS BUENO, A.; BORTOLOTTI, O. C.; DOS SANTOS, A. C.; POMARI-FERNANDES, A. Biological characteristics of Black armyworm *Spodoptera cosmioides* on genetically modified soybean and corn crops that express insecticide Cry proteins. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.60, n.3, 2016.

SILVA, L. B.; MAGGIONI, K.; FERREIRA, R. H.; SILVA, A. F.; PAVAN, B. E.; LOPES, G. N. Sobrevivência e índices nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) mantida em milho Bt por cinco gerações. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 14, n. 2, p. 5629, 2019.

SISTERSON M. S.; BIGGS, R. W.; MANHARDT, N. M.; CARRIÈRE, Y.; DENNEHY, T. J.; TABASHNIK, B. E. Effects of transgenic Bt cotton on insecticide use and abundance of two generalist predators. **Entomologia Experimentalis et Applicata**.v. 124, n. 3, p. 305-311, 2007.

SMITH, S. M. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. **Annual Review of Entomology**, v. 41, n. 49, p. 375–406, 1996.

SOUZA, M. W. R. D.; SOARES, M. A.; SERRÃO, J. E.; SANTOS, M. M. D.; ABREU, C. M. D.; COSTA, M. R. D. *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) fed on transgenic maize can transfer Bt proteins to *Podisus nigrispinus* (Pentatomidae). **Scientia Agricola**, v. 79, n. 4, 2021.

SPARKS, A.N. Fall Armyworm Symposium: A review of the biology of the fall armyworm. **Florida Entomologist**, v. 62, n. 2, p. 82-87, 1979.

TAKAHASHI, T. A. Bioprospecção e avaliação do potencial de novas espécies de parasitoides para o controle biológico na cultura da soja. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal do Paraná, 147p, 2021.

TASIOR, D.; MICHELI, A.; RUTHES, E. Metodologia molecular de identificação de proteínas Cry em bioinseticidas através de PCR (Polymerase Chain Reaction). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 1708-1714, 2021.

TIAN, J.-C.; WANG, X.-P.; CHEN, Y.; ROMEIS, J.; NARANJO, S. E.; HELLMICH, R. L.; WANG, P.; SHELTON, A. M. Bt cotton producing Cry1Ac and Cry2Ab does not harm two parasitoids, *Cotesia marginiventris* and *Copidosoma floridanum*. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

TEODORO, A. V.; PROCOPIO, S. D. O.; BUENO, A. D. F.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; DE CARVALHO, H. W. L.; NEGRISOLI, C. D. C.; BRITO, L. F.; GUZZO, E. C. *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): novas pragas de cultivos da Região Nordeste. **Embrapa Soja Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

TOWNSEND, A. C.; SHAW, S. R.; MILLER, J. Nine new species of *Aleiodes* Wesmael reared at Yanayacu Biological Station (Hymenoptera: Braconidae: Rogadinae) in eastern Ecuador. **Journal of Insect Science**, v. 9, n. 1, 2009.

UENO, T. Effects of host size and laboratory rearing on offspring development and sex ratio in the solitary parasitoid *Agrothereutes lanceolatus* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **European Journal of Entomology**, 112(2), 281-287, 2015. doi: 10.14411/eje.2015.048

VALVERDE, L.; BERTA, D. C.; GOMEZ, M. G. Primera cita de *Aleiodes laphygmae* (Hymenoptera: Braconidae) para Argentina y de su asociación con larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 71, n. 1-2, p. 159-161, 2012.

VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **BioControl**, v. 48, n. 2, p. 123–139, 2003.

WENGRAT, A. P. G. S.; COELHO JUNIOR, A.; PARRA, J. R. P.; TAKAHASHI, T. A.; FOERSTER, L. A.; CORRÊA, A. S.; POLASZEK, A.; JOHNSON, N. F.; COSTA, V. A.;

WYCKHUYS, K. A. G.; O'NEIL, R. J. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize. **Crop Protection**, v. 25, n. 11, p. 1180-1190, 2006.

YANG, F.; LIU, B.; ZHU, Y.; DESNEUX, N.; LIU, L.; LI, C.; WYCKHUYS, K. A. G.; Lu, Y. Transgenic Cry1Ac + CpTI cotton does not compromise parasitoid-mediated biological control: An eight-year case study. **Pest Management Science**, 2021.

XAVIER, E. G.; LOPES, D. C. N.; PETERS, M. D. P. Organismos geneticamente modificados. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 224, p. 15–33, 2008.

ZAGO, H. B., PRATISSOLI, D., BARROS, R., GONDIM JR, M. G., DOS SANTOS JR, H. J. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma pratissolii* Querino & Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em hospedeiros alternativos, sob diferentes temperaturas. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 84-89, 2007.

ZANG, L. S.; WANG, S.; ZHANG, F.; DESNEUX, N. Biological control with *Trichogramma* in China: history, present status and perspectives. **Annual Review of Entomology**, v. 66, p. 24.1-24.22, 2020.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Estágios imaturos de *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 1, p. 99-107, 2007.