

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

Hospedeiros alternativos podem substituir o hospedeiro natural para criação de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoide de ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)?

Tiago Tavares Ferreira

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

**Piracicaba
2023**

Tiago Tavares Ferreira
Bacharel em Ciências Biológicas

Hospedeiros alternativos podem substituir o hospedeiro natural para criação de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoide de ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)?
versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

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

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

Piracicaba
2023

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

Ferreira, Tiago Tavares

Hospedeiros alternativos podem substituir o hospedeiro natural para criação de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoide de ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)? / Tiago Tavares Ferreira. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

65 p.

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

1. Complexo *Spodoptera* 2. Controle biológico tropical 3. *Corcyra cephalonica* 4. *Ephestia kuehniella* I. Título

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Rosângela e Luiz, e meus irmãos Abraão e Carolina, os quais eu amo imensuravelmente. E, em especial, dedico a trajetória desse trabalho a **Bruno Aparecido de Andrade** (*in memoriam*), primo, irmão e amigo, que partiu antes do combinado, com amor, Tiago.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Luiz Carlos Tavares Ferreira e Rosangela Cristina Ferreira**, por sempre me incentivarem a estudar e a ser uma pessoa batalhadora.

À minha família por sempre acreditar em mim e me envolver com todo amor possível.

Ao professor **Dr. José Roberto Postalí Parra** pela orientação, por todos os ensinamentos sobre escrita científica e por estar sempre presente na execução do trabalho.

Ao **Dr. Aloísio Coelho Júnior** pela coorientação e pela paciência em me ajudar sempre que precisei.

À **Neide Graciano** pelo suporte nas criações dos insetos e sempre estar à disposição para ajudar.

Agradeço ainda, meus colegas de laboratório. Em especial, a **Alice dos Reis Fortes**, por me ajudar com os experimentos e também a descontrair com risadas em momentos difíceis no laboratório. E ao **Wilian Xavier Fazolin** por ser o primeiro amigo que fiz no laboratório e pela pareceria fora e dentro dele.

Agradeço meus amigos e amigas de longa data, os quais me deram força e apoio durante todo o processo do mestrado e aos recreativos, que me ajudaram a não enlouquecer e nem perder o foco.

Ao **CNPq**. (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado.

A **Fealq** (Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz), pela extensão da bolsa quando precisei.

Ao **Sparcbio** (São Paulo Advanced Research Center for Biological Control) pelos recursos para desenvolvimento do projeto.

À **Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"** e ao **Departamento de Entomologia e Acarologia** pela oportunidade de cursar o mestrado.

E por fim, a mim mesmo por todo esforço, determinação e dedicação em fazer e divulgar ciências.

Reis do Agronegócio

Ó donos do agrobis, ó reis
do agronegócio
Ó produtores de alimentos
com veneno
Vocês que aumentam
todo ano sua posse
E que poluem cada palmo
de terreno

E que possuem cada qual
um latifúndio
E que destratam e
destroem o ambiente
De cada mente de vocês
olhei no fundo
E vi o quanto cada um, no
fundo, mente

E vocês desterram
povareús ao léu que erram
E não empregam tanta
gente como pregam
Vocês não matam nem a
fome que há na terra
Nem alimentam tanto a
gente como alegam

É o pequeno produtor que
nos provê
E os seus deputados não
protegem, como dizem
Outra mentira de vocês,
pinóquios véios
E vocês já viram como tá
o seu nariz, hem?

Vocês me dizem que o
Brasil não desenvolve
Sem o agrebis feroz,
desenvolvimentista
Mas até hoje, na verdade,
nunca houve
Um desenvolvimento tão
destrutivista

É o que diz aquele que
vocês não ouvem

O cientista, essa voz, a da
ciência
Tampouco a voz da
consciência os comove
Vocês só ouvem algo por
conveniência

Para vocês, que emitem
montes de dióxido
Para vocês, que têm um
gênio neurastênico
Pobre tem mais é que
comer com agrotóxico
Povo tem mais é que
comer, se tem transgênico

É o que acha, é o que
disse um certo dia
Miss motosserrainha do
desmatamento

Já o que eu acho é que
vocês é que deviam
Diariamente só comer seu
alimento

Vocês se elegem e
legislam, feito cínicos
Em causa própria ou de
empresa coligada
O frigo, a multi de
transgene e agentes
químicos
Que bancam cada
deputado da bancada

Até comunista cai no
lobby antiecológico
Do ruralista cujo clã é um
grande clube
Inclui até quem é racista e
homofóbico

Vocês abafam, mas tá
tudo no YouTube

Vocês que enxotam o que
luta por justiça
Vocês que oprimem quem
produz e que preserva
Vocês que pilham,

assediam e cobiçam
A terra indígena, o
quilombo e a reserva

Vocês que podam e que
fodem e que ferram
Quem represente pela
frente uma barreira
Seja o posseiro, o
seringueiro ou o sem-terra
O extrativista, o
ambientalista ou a freira

Vocês que criam, matam
cruelmente bois
Cujas carcaças formam
um enorme lixo
Vocês que exterminam
peixes, caracóis
Sapos e pássaros e
abelhas do seu nicho

E que rebaixam planta,
bicho e outros entes
E acham pobre, preto e
índio tudo chucro
Por que dispensam tal
desprezo a um vivente?
Por que só prezam e só
pensam no seu lucro?

Eu vejo a liberdade dada
aos que se põem
Além da lei, na lista do
trabalho escravo
E a anistia concedida aos
que destroem
O verde, a vida, sem
morrer com um centavo

Com dor eu vejo cenas de
horror tão fortes
Tal como eu vejo com
amor a fonte linda
E além do monte um pôr
do sol, porque
Por sorte vocês não
destruíram o horizonte
ainda

Seu avião derrama a
 chuva de veneno
 Na plantação e causa a
 náusea violenta
 E a intoxicação ne'
 adultos e pequenos
 Na mãe que contamina o
 filho que amamenta

Provoca aborto e suicídio
 o inseticida
 Mas na mansão o fato não
 sensibiliza

Vocês já não tão nem aí
 com aquelas vidas
 Vejam como é que o
 ogrobis desumaniza

Desmata Minas, a
 Amazônia, Mato Grosso
 Infecta solo, rio, ar, lençol
 freático

Consome, mais do que
 qualquer outro negócio
 Um quatrilhão de litros
 d'água, o que é dramático

Por tanto mal, do qual
 vocês não se redimem
 Por tal excesso que só
 leva à escassez
 Por essa seca, essa crise,

esse crime
 Não há maiores
 responsáveis que vocês

Eu vejo o campo de vocês
 ficar infértil
 Num tempo um tanto
 longe ainda, mas não
 muito

E eu vejo a terra de vocês
 restar estéril
 Num tempo cada vez mais
 perto, e lhes pergunto

O que será que os seus
 filhos acharão
 De vocês diante de um
 legado tão nefasto?
 Vocês que fazem das
 fazendas, hoje
 Um grande deserto verde
 só de soja, de cana ou de
 pasto?

Pelos milhares que ontem
 foram e amanhã serão
 Mortos pelo grão-negócio
 de vocês
 Pelos milhares dessas
 vítimas de câncer
 De fome e sede, e fogo e
 bala, e de AVCs

Saibam vocês, que
 ganham com um negócio
 desse

Muitos milhões, enquanto
 perdem sua alma
 Que eu me alegraria, se
 afinal, morresse
 Esse sistema que nos
 causa tanto trauma

Eu me alegraria, se afinal,
 morresse

Esse sistema que nos
 causa tanto trauma
 Eu me alegraria, oh
 Esse sistema que nos
 causa tanto trauma

Ó donos do agrobis, ó reis
 do agronegócio
 Ó produtores de alimento
 com veneno

Compositores: Carlos
 Aparecido Renno /
 Francisco Cesar
 Goncalves

Letra de Reis do
 Agronegócio © Gege
 Edições Musicais Ltda

“We feel the beauty of nature because we are part of nature and because we know that however much in our separate domains we abstract from the unity of Nature, this unity remains. Although we may deal with particulars, we return finally to the whole pattern woven out of these”.

- Ernest Everett Just (★ 1883 - † 1941)

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT.	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Uma visão geral do gênero <i>Spodoptera</i> (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) e as principais espécies relevantes para culturas agrícolas do Brasil	17
2.1.1 <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith, 1797)	17
2.1.2 <i>Spodoptera eridania</i> (Stöll, 1782).....	19
2.1.3 <i>Spodoptera cosmioides</i> (Walker, 1858)	20
2.2 Utilização do parasitoide de ovos, <i>Telenomus remus</i> Nixon, 1937, no controle biológico tropical, sua distribuição geográfica e aspectos biológicos	21
2.3 Limitações para o desenvolvimento e criação de parasitoides em laboratório de pesquisa e/ou produção massal.....	24
2.4 Breve histórico no uso de hospedeiros alternativos para criação de <i>Telenomus remus</i> Nixon, 1937	26
2.5 Hospedeiros alternativos.....	27
2.5.1 <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) um enfoque biológico	27
2.5.2 <i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), um enfoque biológico	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Criação das espécies de insetos em laboratório envolvidas na pesquisa	31
3.1.1 <i>Spodoptera</i> spp.	31
3.1.2 Traças da família Pyralidae utilizadas: <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton, 1865) e <i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller, 1879)	32
3.1.3 Criação em laboratório de <i>Telenomus remus</i> Nixon, 1937	32
3.2 Comparação dos hospedeiros alternativos <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton, 1865) e <i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller, 1879) para desenvolvimento do parasitoide de ovos <i>Telenomus remus</i> Nixon, 1937 da linhagem com variabilidade genética (POOL) e a isolinhagem sem variabilidade genética (MIC).....	33

3.2.1 Bioensaios para a confecção de tabelas de vida de fertilidade de <i>T. remus</i> nos hospedeiros alternativos <i>C. cephalonica</i> e <i>E. kuehniella</i> , linhagens POOL e MIC, por gerações sucessivas.....	33
3.2.2 Parasitismo, em laboratório, de <i>T. remus</i> (com e sem variabilidade genética) criados em ovos de <i>C. cephalonica</i> (hospedeiro alternativo) no complexo <i>Spodoptera</i> , representado pelas espécies <i>Spodoptera cosmioides</i> (Walker, 1858), <i>Spodoptera eridania</i> (Stöll, 1782) e <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith, 1797).....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Comparação da tabela de vida na 1ª geração dos hospedeiros alternativos <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton, 1865) e <i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller, 1879) para desenvolvimento do parasitoide de ovos <i>Telenomus remus</i> Nixon, 1937 de duas linhagens, com e sem variabilidade genética.....	37
4.2 Tabela de vida de fertilidade de duas linhagens de <i>Telenomus remus</i> Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae), com e sem variabilidade genética, no hospedeiro alternativo <i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller, 1879).....	40
4.3 Tabela de vida de fertilidade de duas linhagens de <i>Telenomus remus</i> Nixon 1937, com e sem variabilidade genética, no hospedeiro alternativo <i>Corcyra cephalonica</i> (Stainton, 1865) por gerações sucessivas.....	41
5. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	55

RESUMO

Hospedeiros alternativos podem substituir o hospedeiro natural para criação de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoide de ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)?

O complexo *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) é representada por oito espécies no Brasil e algumas delas são importantes pragas do milho, soja, algodoeiro, com destaque para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). O controle destas pragas é feito com agroquímicos e com plantas transgênicas (geneticamente modificadas). Estas medidas não têm sido totalmente eficientes ou não atendem às exigências atuais de sustentabilidade. Assim, uma das opções é a utilização de controle biológico com um parasitoide de ovos, *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae), estudado no Brasil desde a década de 1980. Como tal controle deverá ser feito em grandes áreas da agricultura brasileira, há necessidade de produção de milhões de insetos e ao se fazer tais criações enfrenta-se o problema de canibalismo, especialmente com *S. frugiperda*, o hospedeiro natural deste parasitoide, e que exigiria a individualização dos insetos para tal criação. Desta forma, para solucionar o referido problema, pode-se pensar em hospedeiros alternativos, para tais criações massais do parasitoide, como é feito para *Trichogramma* spp., por exemplo. Assim, o objetivo da presente pesquisa foi determinar o melhor hospedeiro alternativo entre *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) e *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1863) para a criação de duas populações de *T. remus*, com e sem variabilidade genética (neste caso, as isolinhagens) por gerações sucessivas e o posterior parasitismo sobre *S. frugiperda*, *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782) e *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) por meio de tabelas de vida de fertilidade e parasitismo. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o hospedeiro alternativo pode substituir o hospedeiro natural para criação de *T. remus* por gerações sucessivas. Para isolinhagens ou para populações com variabilidade genética, *C. cephalonica* é o melhor hospedeiro para *T. remus*, sendo que para *E. kuehniella*, independente da genética da população, ocorreu a degeneração do parasitoide na 1ª geração de laboratório. Quanto ao parasitismo, populações de *T. remus* com ou sem variabilidade genética se comportaram diferentemente com relação ao parasitismo por espécie. Assim, as populações sem variabilidade genética (isolinhagem) parasitaram preferencialmente *S. eridania* e em menor escala *S. frugiperda* e *S. cosmioides*. Por outro lado, populações de *T. remus* com variabilidade genética, parasitaram preferencialmente *S. frugiperda*, vindo a seguir *S. eridania* e com pouco parasitismo para *S. cosmioides*.

Palavras-chave: Complexo *Spodoptera*, Controle biológico tropical, *Corcyra cephalonica*, *Ephestia kuehniella*

ABSTRACT

Can factitious hosts replace the natural host for *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) rearing, egg parasitoid of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)?

The *Spodoptera* complex (Lepidoptera: Noctuidae) comprises eight species in Brazil, and some of them are important pests of maize, soybean, and cotton, notably *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). The control of these pests is typically achieved through the use of agrochemicals and genetically modified plants. However, these measures have proven to be partially effective and do not meet current sustainability requirements. Consequently, one alternative is the utilization of biological control with an egg parasitoid, *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae), which has been studied in Brazil since the 1980s. As this control method needs to be implemented in large agricultural areas, the production of millions of insects becomes necessary. However, some mass-rearing practices need to be adopted with *S. frugiperda*, which is the natural host of this parasitoid, requiring individualization of the insects to avoid cannibalism. To address this problem, the use of factitious hosts, as practiced with *Trichogramma* spp., for example, can be considered for mass rearing of the parasitoid. Therefore, the objective of this study was to determine the best factitious host between *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) and *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1863) for rearing two populations of *T. remus*, with and without genetic variability (in this case, isolines), through successive generations, and subsequently assess their parasitism on *S. frugiperda*, *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782), and *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858) using fertility life tables and parasitism. Based on the obtained results, it can be concluded that the factitious host can replace the natural host for *T. remus* rearing through successive generations. For isolate or populations with genetic variability, *C. cephalonica* was the most suitable host for *T. remus*, while *E. kuehniella*, regardless of population genetics, showed parasitoid degeneration in the first laboratory generation. Regarding parasitism, *T. remus* populations with or without genetic variability exhibited different behaviors in terms of species parasitism. Thus, populations without genetic variability (isoline) predominantly parasitized *S. eridania*, with lower levels of parasitism observed on *S. frugiperda* and *S. cosmioides*. In addition, populations of *T. remus* with genetic variability predominantly parasitized *S. frugiperda*, followed by *S. eridania*, with the lowest parasitism observed on *S. cosmioides*.

Keywords: *Spodoptera* complex, Tropical biological control, *Corcyra cephalonica*, *Ephestia kuehniella*

1. INTRODUÇÃO

Considerado um dos grupos mais importantes de insetos-pragas, o complexo *Spodoptera*, pertencente à família Noctuidae, causa prejuízos a diversas culturas de importância econômica no Brasil e no resto do Mundo (PARRA et al., 2021a); no presente trabalho o complexo foi representado pelas espécies *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797), *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782) e *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858). Com hábito alimentar polífago e ampla distribuição geográfica, são espécies com alto potencial reprodutivo e que geram danos aos cultivos do milho, da soja e do algodoeiro. No Brasil, estas culturas são plantadas em sistema de “sucessão de culturas”, portanto, disponibiliza-se ininterruptamente para as referidas pragas o trinômio: alimento, abrigo e parceiras(os) sexuais, permitindo a permanência dos insetos na área (GARCÍA-ROA et al., 2002; WAQUIL, 2007; MONTEZANO et al., 2018).

Esse problema requer a adoção constante de práticas de manejo; no entanto, essas ações de controle são quase sempre com produtos fitossanitários para o controle químico (BUENO et al., 2010; CRUZ et al., 2010) e/ou com a tecnologia *Bt* no controle varietal, utilizado em cultivos transgênicos (DIEZ-RODRÍGUEZ et al., 2001; FATORETTO et al., 2017; BARCELOS; ANGELINI, 2018). O uso errôneo e abusivo dos fitossanitários traz sérias consequências negativas, dentre as quais se destacam: não agem seletivamente, eliminando os inimigos naturais e a microbiota presente no ambiente; levam à seleção de linhagens de pragas resistentes ao químico já utilizado; deixa resíduos contaminantes nocivos para o meio ambiente e à saúde humana (DIEZ-RODRIGUES et al., 2001; CARVALHO et al., 2013; OKUMA, 2015).

Por este fato há cada vez mais pressão da sociedade e de políticas de saúde pública que demandam qualidade de vida e uma produção mais sustentável. Neste contexto, a procura por alternativas mais eficientes e sustentáveis, mantendo a biodiversidade sem oferecer riscos ao meio ambiente, têm levado diversos agricultores a aderirem a novas táticas de controle de pragas (NORRIS et al., 2003). Uma das alternativas aos produtos fitossanitários é o controle biológico, componente do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e, quando comparado aos métodos químicos sua utilização apresenta vantagens, com destaque à: ausência de contaminação ambiental; incremento do controle biológico natural e diminuição do risco de contaminação ao aplicador e ao consumidor (PARRA, 2002).

Nesse sentido, o parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) tem apresentado grande potencial de controle do complexo *Spodoptera* (CAVE, 2000; BUENO et al., 2008) sendo por exemplo, utilizado em larga escala em programas de

MIP na Venezuela, por meio de liberações em áreas de milho (ALAM, 1978; HERNÁNDEZ et al., 1989; CAVE, 2000; FERRER, 2000/2001).

Essa eficiência está ligada à capacidade do *T. remus* parasitar todas as camadas das posturas de *Spodoptera* spp., independente da presença das escamas das mesmas (CAVE, 2000) e ao fato de *T. remus* parasitar a praga no estágio de ovo (HASSAN, 1993) e eliminar a possibilidade do inseto-praga causar qualquer dano à cultura. No entanto, para que a utilização deste parasitoide como controlador biológico seja efetiva, é preciso que ele seja produzido em larga escala e apresente qualidade similar aos insetos da natureza. Essa produção geralmente se dá em escala menor e utiliza o hospedeiro natural, *S. frugiperda* para criação *in vivo* de *T. remus*. Porém o hábito canibal das lagartas de *Spodoptera* spp. dificulta sua utilização no processo de produção massal, com ênfase à espécie *S. frugiperda*, considera a mais importante do complexo *Spodoptera* (SANZOVO et al., 2013).

Assim, a melhor opção viável é a utilização de hospedeiros alternativos, que reduzem os custos e facilitam o processo de produção, como é o caso da *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1863) (Lepidoptera: Pyralidae), que pode ser facilmente criada em laboratório com menor custo em relação à criação do hospedeiro natural, *S. frugiperda* (KUMAR et al., 1986), além do fato de que o parasitismo dos ovos desse lepidóptero por *T. remus* já foi descrito na literatura (BUENO et al., 2008; POMARI et al., 2012). Outra espécie promissora a ser usada na produção de *T. remus* é *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), um dos hospedeiros alternativos mais utilizados no mundo, especialmente para a produção de parasitoides de ovos da família Trichogrammatidae (PARRA, 1997).

Entretanto, as características físico-químicas específicas de cada hospedeiro podem afetar a aceitação do parasitoide, além de interferir no comportamento biológico (HOFFMANN et al., 2001; RORIZ et al., 2006; RUKMOWATI-BROTODJOJO & WALTER, 2006). Desta forma, para a propagação de *T. remus*, a escolha do hospedeiro alternativo na criação massal é de suma importância, pois a escolha inadequada poderá comprometer um programa de controle biológico. Além disso, até o presente momento, são poucos os trabalhos que avaliam o desempenho dos hospedeiros alternativos *C. cephalonica* e *E. kuehniella* comparativamente ao hospedeiro natural, *S. frugiperda*, para produção *in vivo* do parasitoide *T. remus*.

Sendo assim, baseando-se em tabela de vida de fertilidade, este trabalho teve por objetivo comparar por gerações sucessivas o desenvolvimento, fecundidade e sobrevivência do parasitoide de ovos *T. remus*, quando criado em dois hospedeiros alternativos, *C.*

cephalonica e *E. kuehniella*, em relação àquele criado no hospedeiro natural, *S. frugiperda*, e a capacidade de parasitismo de *T. remus*, oriundo de ambos os hospedeiros alternativos testados, em insetos do complexo *Spodoptera*, visando à produção massal deste parasitoide.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Uma visão geral do gênero *Spodoptera* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) e as principais espécies relevantes para culturas agrícolas do Brasil

O gênero *Spodoptera* (Guenée, 1852) compreende mariposas da família Noctuidae e possui distribuição cosmopolita, sendo reconhecidas 30 espécies, frequentemente encontradas em ambientes de clima quente nas regiões tropicais e subtropicais, embora, algumas possam ocorrer em regiões temperadas (POGUE, 2002). Dessas 30 espécies destacam-se aquelas de importância econômica, formando um grupo conhecido como complexo *Spodoptera*. Segundo Pogue, 2002, esse complexo no Brasil reúne oito espécies de *Spodoptera*: *S. albula* (Walker, 1857); *S. androgea* (Stöckl, 1782); *S. cosmioides* (Walker, 1858); *S. dolichos* (Fabrício, 1794); *S. eridania* (Stöckl, 1782); *S. evanida* Schaus, 1914; *S. frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e *S. ornithogalli* (Schaus, 1904).

No presente trabalho, como citado anteriormente, o complexo foi representado apenas por três das oito espécies, ou seja, *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*. Enquanto a *S. frugiperda* está mais presente na cultura do milho, *S. cosmioides* e *S. eridania* possuem preferência pela cultura da soja e algodoeiro, atacando as plantas principalmente na fase reprodutiva (MONTEZANO et al., 2018). Os ovos dos insetos do gênero *Spodoptera*, fase do desenvolvimento em que os parasitoides de ovos exercem o controle biológico, em geral são em formas de elipsoides, translúcidos e de coloração esbranquiçada; possuem diâmetro entre 0,45 e 0,55 mm e a altura pode chegar até a 0,38 mm (ANGULO & WEIGERT, 1975).

2.1.1 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)

Spodoptera frugiperda, popularmente conhecida como a lagarta-do-cartucho do milho, ocorre nas cultivares agrícolas do Canadá, EUA, e uma vasta área que se estende desde o Caribe até o sul da Argentina (POGUE, 2002). Com exceção do continente Antártida, há registros de *S. frugiperda* em todos os continentes do planeta (EPPO, 2022). No Brasil essa espécie já foi registrada em todas as regiões do país (SARMENTO et al., 2002).

Essa espécie tem hábito altamente polífago e é considerada praga de diversas culturas de importância econômica como milho, trigo, cana-de-açúcar, arroz, soja e hortaliças, nas quais pode causar danos tanto na fase vegetativa como na fase reprodutiva (LUGINBILL, 1928; GALLO et al., 2002; MIRANDA et al., 2015; MONTEZANO et al., 2018). Somente na cultura do milho, já foram registradas perdas de 34 a 52% da produção (VALICENTE, 2015; WORDELL-FILHO et al., 2016).

As mariposas medem de 30 a 40 mm de envergadura, possuem as asas posteriores esbranquiçadas e as anteriores marrom-acinzentadas, sendo uniforme nas fêmeas e com manchas nos machos (GALLO et al., 2002; POGUE, 2002; MIRANDA et al., 2015). Possuem o hábito de fazer postura em massa na parte adaxial da folha, e cada fêmea deposita até dois mil ovos, com uma média de 150 a 200 por postura; é usual, uma camada de escamas sobre a massa de ovos (CAPINERA, 1999).

Logo após a oviposição, o ovo de coloração verde-clara, passa a uma coloração alaranjada após 12 ou 15 horas. Próximo à eclosão das lagartas, mostra-se escurecido, devido à cabeça negra da lagarta, vista através do córion. O ovo é circular quando visto de cima, com um diâmetro de 0,39 mm. E quando visto lateralmente apresenta forma esferoidal. A superfície dos ovos possui textura estruturada com pontos quadrangulares, que são retangulares na região do meio e triangulares próximos aos polos. Os ovos são cobertos por uma fina e longa camada de escamas, colocada pela fêmea durante a postura. Os ovos ficam achatados nos pontos de contato com os locais de oviposição.

Depois de três a cinco dias da oviposição, ocorre a eclosão das lagartas, que apresentam coloração variada, podendo ser pardas, esverdeadas ou até pretas; possuem quatro manchas escuras no dorso do penúltimo segmento abdominal e na parte frontal da cabeça tem um “Y” invertido; as lagartas apresentam seis ou sete ínstars e a fase de pupa ocorre no solo ou sob os restos culturais (CRUZ, 1995; CAPINERA, 1999; MIRANDA et al., 2015). Devido ao hábito canibal, normalmente sobrevive apenas uma lagarta por planta (GALLO et al., 2002).

A temperatura de 25 °C é a mais favorável para o desenvolvimento de *S. frugiperda*; nessa condição, as fases de ovo, lagarta, pupa e adulto têm, em média, 3, 18, 10 e 18 dias, respectivamente (SARMENTO et al., 2002; ROSA et al., 2012). Em temperaturas extremas, a 18 °C e a 34 °C, o período ovo-adulto é de 79,3 e 19,6 dias, respectivamente (PARRA et al., 2021a). O período ovo-adulto de *S. frugiperda* dura cerca de 30 dias durante o verão, 60 dias na primavera e outono e de 80 a 90 dias durante o inverno (CAPINERA, 1999).

No Brasil, um dos fatores que pode estar contribuindo para a dificuldade do manejo de *S. frugiperda* é a grande oferta de plantas hospedeiras ao longo do ano, seja com sucessão de culturas, como milho ou soja no verão, ou milho ou sorgo na “safrinha”. Além disso, nas regiões onde é utilizada alta tecnologia, como no Centro-Oeste brasileiro, o plantio de milho, durante o inverno, é irrigado com pivô central, o que aumenta a disponibilidade de hospedeiros nesse período.

2.1.2 *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782)

Spodoptera eridania, comumente chamada de lagarta-da-vagem, está presente em uma extensão territorial que vai desde os EUA até a Argentina e no Caribe (POGUE, 2002), na Ásia (GAIKWAD, 2021), Europa (KARSHOLT & NIELSEN, 2013; EPPO, 2022) e África (GOERGEN, 2018). É uma praga altamente polífaga e com registro de 102 espécies de plantas que servem como hospedeiras para a lagarta, que se alimenta de brotos, folhas, frutos e flores destas plantas (POGUE, 2002). A ocorrência da referida praga é frequente em cultivares de soja e no algodoeiro, além de ser considerada praga do feijoeiro, tomateiro, abacateiro, tabaco, arroz, milho, citros, girassol, entre outros (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; MONTEZANO et al., 2014).

Nas leguminosas, causam danos nas vagens e a desfolha da planta; no algodoeiro, as lagartas atacam as folhas no início do desenvolvimento e posteriormente podem danificar os botões florais, flores e maçãs. No final do ciclo da soja, as lagartas migram para outras plantas hospedeiras, e essa disponibilidade de hospedeiros facilita a ocorrência da praga (SANTOS et al., 2005).

O adulto de *S. eridania* tem as asas anteriores com coloração cinza e marrom com marcas irregulares marrom-escuras e pretas e as asas posteriores são branco-opacas (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; POGUE, 2002; MIRANDA, 2010; MIRANDA et al., 2015). Os ovos de *S. eridania* possuem forma elíptica com aproximadamente 0,45 mm de diâmetro e 0,35 mm de altura, e a duração média dessa fase é de quatro a seis dias. Os ovos, ou massa de ovos, são cobertos com as escamas do corpo da mariposa e apresentam coloração esverdeada ficando mais escuros próximos à eclosão da lagarta (MIRANDA, 2010; MIRANDA et al., 2015).

Uma fêmea de *S. eridania* coloca cerca de 800 ovos durante seu ciclo de vida; isso pode variar de acordo com o hospedeiro sobre o qual a lagarta se desenvolveu (SANTOS et al., 2005). A duração média do período de ovo a adulto é, de 28 até 35 dias, mas pode variar em função de fatores como o alimento e a temperatura (SANTOS et al., 2005).

As lagartas têm seis ínstaes, são verdes ou verde-enebrecidas com cabeça castanha ou castanho-avermelhada; apresentam uma linha fina longitudinal e faixas laterais mais largas e, em cada lado, normalmente, encontra-se uma faixa amarelada ou esbranquiçada, interrompida por um colar preto no primeiro segmento abdominal; usualmente exibe uma série de triângulos negros na porção látero-dorsal (POGUE, 2002; MIRANDA, 2010; MIRANDA et al., 2015). As lagartas são mais ativas à noite e normalmente podem ser encontradas na parte

adaxial da folha e completar a fase de pupa no solo, enterrada de 5 a 10 cm da superfície (MIRANDA, 2010).

As fases de ovo, lagarta, pupa e adulto, a 25 °C têm, em média, 5, 17, 12 e 9 dias, respectivamente e o período ovo-adulto dura cerca de 30 a 40 dias (MIRANDA, 2010; PARRA et al., 2021a). Em baixa temperatura, a 18 °C, o período ovo-adulto é de 81,7 dias, em contrapartida, essa espécie não tolera temperatura muito elevada e não há desenvolvimento a 34 °C (PARRA et al., 2021a).

2.1.3 *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858)

Spodoptera cosmioides ocorre do Panamá até o sul da Argentina e nas ilhas de Trinidad-Tobago (POGUE, 2002). Tem o “status” de inseto praga principalmente da soja e do algodoeiro, mas pode ocorrer como praga do tomateiro, feijoeiro, eucalipto, arroz, girassol, entre outros (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; SPECHT; ROQUE-SPECHT, 2016). A lagarta, é vulgarmente conhecida como lagarta-preta-da-soja e alimenta-se de vagens, grãos e folhas, inclusive podendo causar danos logo após a emergência da planta, reduzindo o estande inicial (TEODORO et al., 2013). A sobrevivência de *S. cosmioides* é maior em soja e algodoeiro e em milho fica abaixo dos 2%. Entretanto, na safra de 2013 essa praga foi relatada presente em cultivos de milho transgênico *Bt* nas regiões de Carira – SE e Paripiranga – BA (TEODORO, et al., 2013).

Os adultos de *S. cosmioides* possuem as asas anteriores com coloração cinza-claro mosqueada longitudinalmente, enquanto as asas posteriores são branco-pérola (POGUE, 2002; MIRANDA et al., 2015). As fêmeas depositam seus ovos sobre a superfície abaxial das folhas, em três a cinco camadas sobrepostas cobertas de escamas (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000). Os ovos têm formato oval com cristas radiais transversais conspícuas e córion translúcido e possuem diâmetro médio de 0,47 mm e altura de 0,36 mm (ZENKER; SPECHT; CORSEUIL, 2007).

Ao eclodirem, as lagartas são marrons com a cabeça preta e em ínstares avançados possuem cabeça castanho-amarelada ou alaranjada; a cor do corpo varia de cinza-claro, castanho ao preto; com listra médio dorsal e látero-dorsal amarela ou tons de amarelo mais próximos do marrom; a área dorsal pode ser mais clara entre as manchas segmentais triangulares pretas e possuem uma faixa mais escura entre o tórax e o abdômen; normalmente, as lagartas têm seis ínstares (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; POGUE, 2002; ZENKER; SPECHT; CORSEUIL, 2007; MIRANDA et al., 2015). As pupas são do tipo obtecta e podem ser encontradas enterradas no solo entre 5 a 10 cm, têm coloração inicial verde-clara e,

conforme vão se desenvolvendo, ficam de coloração castanho-claro, tornando-se mais escuras próximo à emergência (ZENKER; SPECHT; CORSEUIL, 2007). A 25 °C, as fases de ovo, lagarta, pupa e adulto duram em média 5, 21, 13 e 13 dias; o período ovo-adulto é de, aproximadamente, 39 a 57 dias (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000; GALLO et al., 2002; SPECHT; ROQUE-SPECHT, 2019; PARRA et al., 2021a). A faixa de temperatura mais adequada para o desenvolvimento de *S. cosmioides* é entre 25 °C e 28 °C. Nessas temperaturas, em condições de laboratório, podem ocorrer de 9,6 a 11,7 gerações anuais do inseto, contudo, é uma espécie que se desenvolve relativamente bem desde temperaturas mais baixas como a de 18 °C até as mais elevadas como a de 32 °C (BAVARESCO, 2002; PARRA et al., 2021a). *Spodoptera cosmioides* completa o período ovo-adulto mais rapidamente a 32 °C, com 20,6 dias e a 18° C com 93,2 dias (PARRA et al., 2021a).

2.2 Utilização do parasitoide de ovos, *Telenomus remus* Nixon, 1937, no controle biológico tropical, sua distribuição geográfica e aspectos biológicos

Telenomus remus é um parasitoide de ovos de insetos comumente utilizado na Ásia e nas Américas para controle de pragas na cultura do milho, principalmente insetos da ordem Lepidoptera, sendo muitos destes, pragas de grande relevância econômica. Por ser um parasitoide adaptado a regiões de clima tropical e possuir uma elevada taxa reprodutiva torna-se um potencial agente de controle biológico de insetos pragas do gênero *Spodoptera* (GUPTA & PAWAR, 1985; GARDNER & van LENTEREN, 1986; CRUZ & FIGUEIREDO, 1994; CAVE, 2000; FIGUEREIDO et al., 2008; POMARI et al., 2012).

Originário de Sarawak, na Malásia (SCHWARTZ & GERLING, 1974; HERNÁNDEZ; FERRER, LINARES, 1989), *T. remus* foi introduzido em diversos países tropicais para utilização em programas de controle biológico; no Brasil, sua introdução foi em meados da década de 1980, acompanhada de mais duas reintroduções em 1996 e 2011, respectivamente, e recentemente, foi relatada a ocorrência natural no agroecossistema brasileiro, mostrando que a espécie encontra-se estabelecida no país, registrada até o momento nos estados de São Paulo e Paraná (COCK, 1985; WENGRAT et al., 2021).

Os adultos de *T. remus* medem de 0,5 a 0,6 mm e têm o corpo negro brilhante e as fêmeas podem parasitar em média 150 ovos durante sua vida, depositando apenas um ovo por hospedeiro e raramente ocorre o superparasitismo, característica indesejável em programas de controle biológico (CAVE, 2000). As fêmeas possuem o fêmur e a tíbia escuros e antenas clavadas; nos machos o fêmur e a tíbia têm coloração marrom-pálida e antenas filiformes,

características utilizadas para a distinção dos sexos (CAVE, 2000; CAVE; ACOSTA, 1999; NIXON, 1937; WENGRAT et al., 2021).

Quanto ao ovo de *T. remus*, de início é arredondado e após o contato com o embrião do hospedeiro, é projetado um pecíolo e o ovo torna-se peciolado e em geral possui dimensões de 100 μm de comprimento e 40–50 μm de largura (GERLING, 1972). As larvas passam por dois ínstares; no primeiro instar, a larva não é segmentada, possui mandíbulas, um par de espinho caudal e cerdas circundam o abdômen, com função provavelmente relacionada à locomoção; a larva de segundo instar, possui o corpo segmentado com aberturas espiraculares na região dorso lateral do corpo (GERLING, 1972; PICHÓ, 1988; CAVE; ACOSTA, 1999; CAVE, 2000).

A pupa, inicialmente, possui coloração branca-opaca com olhos levemente avermelhados; a coloração muda gradualmente até que o corpo se torne cinza e depois preto (GERLING, 1972; PICHÓ, 1988; CAVE; ACOSTA, 1999; CAVE, 2000). Os adultos emergem por um orifício feito no córion do ovo do hospedeiro, os machos emergem primeiro e possuem longevidade inferior à das fêmeas, que é de 9 dias; logo após a emergência, eles ficam sobre os hospedeiros aguardando a emergência das fêmeas, que ocorre em média 24 horas depois da dos machos, em condições controladas (SCHWARTZ & GERLING, 1974; CAVE, 2000). Após a emergência das fêmeas, ocorre imediatamente a cópula com duração de 5 a 10 segundos. Terminada a cópula as fêmeas iniciam prontamente a busca por hospedeiros para iniciar a oviposição (GERLING, 1972; SCHWARTZ & GERLING, 1974; CAVE, 2000).

O período de desenvolvimento de ovo a adulto em *S. frugiperda* varia de 8 a 47 dias, quando a 31°C e 15°C, respectivamente, sendo que a 15°C há redução na viabilidade e a 35°C não há desenvolvimento biológico do parasitoide (BUENO et al., 2008). Mesmo quando se muda a espécie hospedeira, os valores ainda são bem próximos, por exemplo, em *S. eridania* e *S. cosmioides* a 25 °C, o período ovo-adulto é de 13 dias (POMARI et al., 2012). As fases de ovo, larva e pupa ocorrem no ovo do hospedeiro e a 25 °C, duram, na ordem citada, de 10 a 24 horas, de 5 a 8 dias, de 5 a 6 dias; a fase adulta, tem longevidade média de nove dias para os machos e de 18 dias para as fêmeas (CAVE, 2000). A longevidade do adulto diminui quando é exposto a altas densidades de ovos do hospedeiro, provavelmente devido ao excesso de energia gasta para ovipositar uma maior quantidade de ovos (MORALES et al., 2000).

A viabilidade do parasitismo costuma ser alta: em *S. frugiperda* é de 96 % e em *S. eridania* chega até 100%; somente em *S. cosmioides*, a viabilidade diminui um pouco, sendo de 62,95%, valores observados quando o inseto é criado a 25 °C e 70% de umidade relativa

(POMARI et al., 2012). A razão sexual varia conforme a idade da fêmea e o estágio do desenvolvimento do ovo do hospedeiro; a melhor relação, macho/fêmea (1:5,4) é obtida com fêmeas de *T. remus* e ovos de *S. frugiperda* com idade de até 24 horas (MORALES et al., 2000).

As variáveis citadas anteriormente como, capacidade de parasitismo, viabilidade do parasitismo, razão sexual, são essenciais para avaliar a qualidade de um inseto criado em laboratório (van LENTEREN, 2003). Outro parâmetro importante é a capacidade de voo, pois trata-se de um atributo que pode ser alterado quando o inseto é mantido por sucessivas gerações em laboratório e está relacionado com o desempenho dos parasitoides em condição de campo (PREZOTTI et al., 2002; van LENTEREN, 2003). De modo geral, há relatos que o percentual de indivíduos voadores de *T. remus* emergidos de ovos de *S. frugiperda* é de 75 a 85%, em condições laboratoriais (POMARI-FERNANDES et al., 2016).

Existem registros de parasitismo por *T. remus* na cultura de milho em diversos locais do mundo como Antígua, Barbados, Brasil, Colômbia, Guiana, Honduras, Nicarágua, Suriname, Trinidad-Tobago, EUA, em cultivo de hortaliças na República Dominicana, Guadalupe, Porto Rico e EUA e, em plantações de sorgo na Guiana e EUA (MOLINA-OCHOA et al., 2003).

No campo, a introdução e estabelecimento de *T. remus* também foi bem sucedida para a regulação da população de *S. frugiperda* na ilha de Barbados (ALAM, 1978; HERNÁNDEZ; FERRER; LINARES, 1989). Na América Latina, esse parasitoide foi utilizado comercialmente para o controle de lepidópteros pragas (van LENTEREN, 2012; COLMENAREZ et al., 2022); por exemplo, as liberações inundativas realizadas em áreas comerciais de milho na Venezuela, onde foi obtido um percentual de 50 a 80% de parasitismo, em ovos de *S. frugiperda* (FERRER, 2001) e na Colômbia, onde o índice de parasitismo foi por volta de 80% (GARCÍA-ROA et al., 2002).

No Brasil, a utilização de *T. remus* é promissora para milho e soja, além de outras culturas nas quais o gênero *Spodoptera* é considerado praga (CRUZ; FIGUEIREDO & DELLA-LUCIA, 1999; POMARI et al., 2013). Recentemente, *T. remus* foi registrado pela primeira vez parasitando ovos de *S. frugiperda* na cultura do milho no sul da China (LIAO et al., 2019) e nas regiões leste, sul e oeste da África (KENIS et al., 2019; AGBOYI et al., 2020).

Por fim, há também registros do parasitismo natural de *T. remus* em ovos de *S. frugiperda*, e *S. cosmioides* no Brasil e nos EUA, essa ocorrência de parasitismo natural

indica que esse parasitoide pode ser um agente de controle biológico eficiente no controle de *Spodoptera* spp. (WENGRAT et al., 2021).

2.3 Limitações para o desenvolvimento e criação de parasitoides em laboratório de pesquisa e/ou produção massal

É importante ressaltar que para criar um parasitoide, é necessária a criação de duas espécies, o parasitoide propriamente dito e seu hospedeiro. O hospedeiro pode ser de dois tipos, hospedeiro natural, ou seja, é o mesmo hospedeiro parasitado na natureza, ou pode ser um hospedeiro alternativo, ou seja, outro hospedeiro, que não o natural, e que supra as demandas nutricionais do parasitoide mantendo sua performance comparável ao de parasitoides selvagens.

De acordo com Leppla & Adams (1987), criação massal pode ser definida como uma atividade sistemática e automatizada, em instalações integradas, tendo como objetivo a produção relativamente grande de insetos para distribuição. Essa atividade, nada mais é, do que uma produção econômica de milhões de insetos, em uma linha de montagem, que deve conter o mínimo possível de mão-de-obra e espaço, além de um número máximo de fêmeas férteis no menor tempo de produção (FINNEY & FISCHER, 1964).

Portanto, o sistema de produção necessita de operações iguais às de uma fábrica, que sirvam de suporte para um programa de controle biológico visando à melhor relação custo/benefício (CHAMBERS, 1977; PARRA, 2002). Este é o caso do controle biológico aumentativo/inundativo, onde há uma demanda muito grande de inimigos naturais, de alta qualidade e a um custo razoável para o agricultor (NASREEN et al., 2011). Para que um programa de controle biológico seja eficaz, deve-se primeiro estudar e conhecer a biologia básica da espécie (ou espécies) a ser criada, e qual a melhor forma de fazer essa criação, levando-se em conta os aspectos biológicos de desenvolvimento do inseto em questão (SORENSEN et al., 2012).

Vale ainda lembrar que as limitações para a produção de inimigos naturais também são análogas às de uma fábrica, tendo limitações para gerir os gastos operacionais. No caso da produção massal de parasitoides, majoritariamente feita *in vivo*, é necessário também a criação do hospedeiro natural (ou alternativo) (NASREEN, et al., 2011).

Para o uso com eficiência de parasitoides em programas de controle biológico, a qualidade das fêmeas utilizadas é indispensável. Essa alta qualidade dos parasitoides é exigida, pois quando liberados, eles devem possuir performances fisiológicas e comportamentais comparáveis às apresentadas naturalmente pelo inseto selvagem, ou seja, a

capacidade de voar e caminhar para localizar o hospedeiro na lavoura, assim como a capacidade de parasitismo, ou de encontrar parceiros para reprodução. Esta variação de comportamento do inseto, criado em laboratório, varia de espécie para espécie e essas características desejáveis demandam cada vez mais estudos sobre o assunto (van LENTEREN, 1991; BIGLER, 1994; CHAMBERS, 1997; BERNAL et al., 1999; BUENO, 2009; GANDOLFI et al., 2003).

No caso do parasitoide *T. remus*, seja para fins comerciais ou para pesquisa, a produção é uma realidade e já ocorre em diferentes países, destacando-se países da América Latina e da África (COLMENAREZ et al., 2022). No Peru, empresas privadas produzem *T. remus* em ovos de *S. frugiperda* (MUJICA & WHU, 2020), enquanto na Venezuela, desde 2005 três laboratórios produzem *T. remus*, visando a liberações inundativas e o produto é distribuído gratuitamente ou a baixo custo para produtores rurais (VASQUEZ et al., 2020; COLMENAREZ et al., 2022), em áreas de milho que realizam programas de manejo integrado de pragas; a taxa de parasitismo dos ovos de *S. frugiperda* por *T. remus* é altíssima, chegando a 90% (FERRER, 2001).

Entretanto, a utilização em campo de *T. remus* ainda é limitada, devido principalmente à dificuldade de sua produção em larga escala (POMARI et al., 2014). Um dos principais desafios para se ter uma grande produção de *T. remus* é a dificuldade de se criar seu hospedeiro natural, *S. frugiperda*, pois as lagartas da referida praga possuem o comportamento canibal, necessitando que sejam criadas individualmente, aumentando o custo de produção e exigindo maior espaço físico (COLMENAREZ et al., 2022).

Além disso, no Brasil e em outros países, os resultados de campo e o número de indivíduos indicados para liberação no controle de *S. frugiperda* por *T. remus* são bastante contraditórios (HERNÁNDEZ et al., 1989; FERRER, 2001; VARELLA et al., 2015; SALAZAR-MENDOZA et al., 2021; COLMENAREZ et al., 2022). A frequência de aplicações e os intervalos entre elas também apresenta grandes variações, tornando a literatura um pouco confusa e incerta para aqueles que buscam informações sobre estes dados, especialmente o agricultor que pretende fazer o manejo em sua lavoura (LINARES, 1998; GARCÍA-ROA; FERRER 2001; FIGUEIREDO et al., 2002; VARELLA et al., 2015; SALAZAR-MENDOZA et al., 2021).

Outro fator importante utilizado no controle de qualidade de parasitoides, seja no laboratório ou no campo, é o percentual de parasitismo (PARRA et al., 2002), mas esse fator sempre apresenta divergências entre os trabalhos já publicados, apresentando valores que variam de 9% (VARELLA et al., 2015; SALAZAR-MENDOZA et al., 2021), a valores que

são superiores a 60%, ou até mesmo 100%, variável dependendo da espécie (HERNÁNDEZ et al., 1989; CAVE & ACOSTA, 1999; GARCÍA-ROA, 1999; FERRER, 2001; FIGUEIREDO et al., 2002).

Dentre outros motivos, esses são alguns pelos quais existem estudos visando à busca de hospedeiros alternativos para a criação massal do parasitoide *T. remus* (POMARI et al., 2014; Chen et al., 2021).

2.4 Breve histórico no uso de hospedeiros alternativos para criação de *Telenomus remus* Nixon, 1937

Há mais de 35 anos introduzido no Brasil (PEDRASI; PARRA, 1986) e, apesar da sua comprovada eficiência no controle de *Spodoptera* spp., *T. remus* é criado apenas em pequena escala, isso porque seu hospedeiro natural possui hábito canibal durante a fase imatura tornando necessário criar a lagarta de *S. frugiperda* individualmente em frascos, conforme comentado anteriormente, o que conseqüentemente dificulta e aumenta o custo para sua produção em larga escala (CHAPMAN et al., 2000). Em algumas situações, o alto custo de produção pode dificultar a utilização do inimigo natural em campo (PARRA, 1997).

Uma das alternativas mais eficientes para viabilizar o uso de um inimigo natural é utilizar hospedeiros alternativos para sua criação, o que permite aumentar a eficiência da produção em larga escala e assim, reduzir o custo (KANNAN, 1931; PARRA, 1997). O hospedeiro alternativo é aquele hospedeiro aceito pelo parasitoide, porém que não é o hospedeiro natural, e que pode ser criado com mais facilidade, que tenha alta capacidade reprodutiva e o custo da produção dos ovos é menor em relação ao hospedeiro natural (PARRA, 1997). Atualmente, os dois principais hospedeiros alternativos para criação massal são: a traça da farinha *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) e a traça do amendoim *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865). *Ephestia kuehniella* é utilizada para a criação massal de *Trichogramma* spp., um dos principais agentes biológicos da agricultura brasileira (PARRA; ZUCCHI, 2004; QUERINO; ZUCCHI, 2012).

Algumas pesquisas indicam que *T. remus* consegue se desenvolver nos ovos do hospedeiro alternativo *C. cephalonica* (POMARI, 2013; QUEIROZ et al., 2017a; QUEIROZ et al., 2017b), porém a criação neste hospedeiro afeta o tamanho do parasitoide, pois são gerados parasitoides menores, embora não afete a capacidade de voo dos mesmos (POMARI-FERNANDES et al., 2016). Entretanto, quando *T. remus* é criado por várias gerações em ovos de *C. cephalonica*, produz parasitoides com menor capacidade de parasitismo em comparação aos criados em ovos de *S. frugiperda* (QUEIROZ et al., 2017a). Os problemas

gerados na criação de *T. remus* em ovos de *C. cephalonica*, podem estar relacionados com o tamanho do ovo desse hospedeiro, que é menor quando comparado ao do hospedeiro natural, *S. frugiperda* (QUEIROZ et al., 2017a).

2.5 Hospedeiros alternativos

2.5.1 *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae) um enfoque biológico

Também popularmente chamada de traça-do-amendoim, *C. cephalonica* pertence à família Pyralidae e subfamília Galleriinae. É uma praga polífaga, considerada praga primária do amendoim e do arroz polido e secundária para outros produtos, como, grãos e farinhas de cereais, cacau, chocolate, frutas secas, e farinhas de oleaginosas. As infestações de *C. cephalonica* são maiores nos grãos de amendoins sem casca, e os ataques são em toda parte do grão, atacando preferencialmente os descascados, por não haver a proteção da casca, que, quando íntegra, é o suficiente para impedir o ataque da praga (BITRAN & OLIVEIRA, 1975; FARONI & SOUSA, 2006).

A traça é comumente encontrada em regiões tropicais e sua condição ideal para o desenvolvimento é de 30°C entre 60 a 80% UR e abaixo de 18°C, o seu desenvolvimento é interrompido não completando o ciclo. A fêmea coloca entre 100 e 200 ovos de forma aleatória, sobre as superfícies rugosas dos grãos ou produtos armazenados, e nas superfícies das paredes, muros e pisos (FARONI & SOUSA, 2006; GABRIEL, 2016). Logo após a eclosão, as lagartas procuram ativamente por alimentos e quando encontram grãos trincados ou com fendas, abrem uma galeria para poder se alimentar, levando à perda do peso e qualidade do grão atacado. Quando os grãos não estão trincados, são atacados na região do embrião.

A lagarta apresenta coloração branco-creme, com a cabeça, escudo torácico e último segmento abdominal castanhos, possuem listras azuladas e verdes ao longo do corpo, sendo o período de duração dessa fase de aproximadamente 25 dias. A lagarta passa por seis ínstars, chegando a atingir 15 mm quando está completamente desenvolvida. Sua presença é detectada por grumos formados por uma teia que adere aos grãos e é nesta teia que ela faz o casulo. A pupa é castanha-escura e mede cerca de 8 mm, sendo a pupa de fêmeas maior que a de machos.

Os adultos de *C. cephalonica* medem de 7 a 13 mm de envergadura e possuem as asas anteriores de cor marrom clara, sem manchas visíveis e as nervuras são ligeiramente mais escuras; as asas posteriores são pequenas, terminando em uma ponta arredondada,

transparente com nervuras muito visíveis e rodeada de uma extremidade com pequenos pelos. Apresentam palpos labiais retos. O ciclo biológico em condições ideais, dura aproximadamente seis semanas e o adulto tem vida curta, de 6 a 22 dias, e as fêmeas morrem antes dos machos (FARONI & SOUSA, 2005; GABRIEL, 2016).

2.5.2 *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), um enfoque biológico

Popularmente conhecida como traça-da-farinha, *E. kuehniella* é uma mariposa holometábola pertencente à família Pyralidae e subfamília Phycitinae. É uma praga secundária de grãos e cereais sadios e inteiros e praga primária de outros produtos processados moídos, tal como farinha-de-trigo, e oleaginosas (FARONI & SOUSA, 2006). O período embrionário do inseto, tem duração de aproximadamente 5 dias na temperatura de 25°C; no entanto, as condições ótimas para o desenvolvimento de todo ciclo de vida do inseto estão próximas de 20 °C e 70% UR; levando em torno de 70 dias para completar todo o ciclo (FARONI & SOUSA, 2006; STEIN & PARRA, 1987).

A fêmea deposita em média 300 ovos, geralmente colocados em meio às impurezas dos grãos. Os ovos apresentam forma elipsoide, e quando recém depositados possuem coloração branco-amarelada, ficando cada vez mais amarelados conforme o desenvolvimento embrionário avança. Seu comprimento varia entre 0,53 e 0,64 mm, e sua largura é variável entre 0,28 e 0,37 mm. O peso de um ovo varia entre 21 e 25 µg (BRINDLEY, 1930).

Logo após a eclosão as lagartas possuem coloração branca, levemente rosada, com pequenos pontos negros distribuídos pelo corpo e que medem em torno de 12 mm quando totalmente desenvolvidas. O peso das lagartas de primeiro instar é de 0,018 mg, e a cápsula cefálica mede 0,199 mm de largura e 0,87 mm de comprimento (FARONI & SOUSA, 2006; BRINDLEY, 1930). O número de ínstars varia, apresentando 5 ínstars no caso de insetos alimentados com farinha de trigo (BRINDLEY, 1930) ou em alguns casos, apresentam até 6 ínstars (STEIN & PARRA, 1987).

As pupas, por sua vez, medem cerca de 9 mm de comprimento e 2,21 mm de largura (BRINDLEY, 1930) e têm coloração esverdeada, com o passar dos dias a esclerotização muda a cor para um marrom avermelhado na parte dorsal e amarelo escuro na parte ventral. A pupa de macho pesa, no geral, 20,8 mg e as fêmeas 23,4 mg (STEIN & PARRA, 1987). Na fase adulta os insetos medem cerca de 20 mm de envergadura e apresentam a cabeça pequena e globosa; os machos possuem peso médio de 11,5 mg e as fêmeas 15,7 mg (BRINDLEY, 1930). A coloração das asas anteriores é cinza com faixas negras onduladas e as asas

posteriores são mais claras, quase brancas, e apresentam uma faixa de pelos curtos (FARONI & SOUSA, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Todo material biológico utilizado nos bioensaios deste trabalho foram provenientes das criações mantidas no Laboratório de Biologia dos Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da Universidade de São Paulo (USP), unidade Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – (ESALQ), localizada em Piracicaba - SP.

3.1 Criação das espécies de insetos em laboratório envolvidas na pesquisa

3.1.1 *Spodoptera* spp.

As criações de *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858), *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) foram mantidas em duas salas: inicialmente na sala de desenvolvimento de lagartas, mantida a 25 ± 2 °C; UR: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas e escotofase de 10 horas, e na sala de criação dos adultos, mantida nas mesmas condições citadas. Na fase de desenvolvimento, as lagartas, foram alimentadas com dieta artificial desenvolvida por Greene et al., 1976. Copos plásticos de 100 mL receberam 50 mL desta dieta, onde as lagartas recém-eclodidas foram “inoculadas” com auxílio de um pincel macio de pelos de marta. Ao atingirem o terceiro ínstar, as lagartas eram individualizadas em copos descartáveis de 25 mL contendo 5 mL da mesma dieta, fechados com tampas acrílicas, evitando a fuga dos insetos. As lagartas foram mantidas nessa sala até tornarem-se pupas, por um período de 20 dias, aproximadamente.

Para a manutenção dos adultos, foram utilizadas gaiolas confeccionadas com um tubo de policloreto de vinila (PVC) com 200 mm de altura por 100 mm de diâmetro; sua parede interna foi revestida com folha de sulfite branca e um leque no centro feito com metade de uma folha de sulfite, ambos como substrato de oviposição. Na parte inferior da gaiola, foi colocada uma tampa de plástico de 6 cm de diâmetro como base para um disco de algodão, de mesma dimensão, embebido em uma solução de mel a 10% para alimentação dos adultos. Para a transferência do inseto da dieta artificial para as gaiolas de adultos, o inseto foi retirado na fase de pupa e separadas por sexo (BUTT; CANTU, 1962); a seguir, foram colocadas nas gaiolas na proporção de 15♀:10♂. Em média, 3 dias depois, as mariposas emergiram e ocorreu a cópula; dois dias após a cópula, (período de pré-oviposição) os insetos iniciaram a postura. A partir de então, foi realizada diariamente a coleta de posturas, efetuando a troca do substrato de oviposição, também diariamente. Os substratos com posturas foram recortados, individualizando-se cada postura, e acondicionados em uma placa de Petri vedada com filme plástico para armazenamento em uma câmara climatizada do tipo BOD, regulada a -5 °C. Os

adultos produziam ovos durante cerca de 5 dias e eram mortos por congelamento e descartados.

3.1.2 Traças da família Pyralidae utilizadas: *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) e *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879)

Para a criação de *C. cephalonica*, foi utilizada a dieta artificial à base de germe-de-trigo (97%) e levedura de cerveja (3%) (BERNARDI, 1992), onde eram “inoculados” 0,15 gramas de ovos (3.750 ovos) com idade de até 24 horas. Para evitar a presença do parasitoide larval, *Habrobracon hebetor* Say, 1836 (Hymenoptera: Braconidae), as aberturas para troca de ar, presentes nas tampas das bandejas, foram revestidas com tecido “voile” em camada dupla e o espaço entre a tampa e a bandeja foi vedado com fita adesiva a fim de evitar a fuga das lagartas e a entrada dos parasitoides larvais (PARRA et al., 2014).

As bandejas ficaram em uma sala climatizada regulada a 25°C; aproximadamente sessenta dias depois da inoculação houve a emergência dos insetos, os quais foram transferidas para a sala de coleta das mariposas que, por sua vez, eram coletadas diretamente na gaiola de postura por meio de um sistema de PVC acoplado a um aspirador comum (PARRA et al., 2014). As gaiolas foram elaboradas com tubos de PVC com 200 mm de altura e 150 mm de diâmetro, contendo telas de náilon dobradas no seu interior para pouso e acasalamento dos adultos e foram fechadas com telas nas extremidades com uma braçadeira de metal. Todo os dias, coletavam-se os ovos das mariposas e armazenava-os em uma câmara climatizada do tipo BOD a -5°C (PARRA et al., 2014).

Para a criação de *E. kuehniella*, foi utilizado o mesmo procedimento da criação de *C. cephalonica*. Entretanto, a dieta era composta de farinha de trigo integral (97%) e levedura de cerveja (3%) (PARRA, 1997), onde eram inoculados 0,30 gramas de ovos de *E. kuehniella* (aproximadamente 10.800 ovos) de até 24 horas.

3.1.3 Criação em laboratório de *Telenomus remus* Nixon, 1937

Foi utilizada uma população de *T. remus* com variabilidade genética desconhecida oriunda da Venezuela denominada POOL, mantida no laboratório de Biologia de Insetos da ESALQ por cerca de seis anos e uma população praticamente sem variabilidade genética (isolinagem) (<14%) (LI, 1955) denominada MIC, estabelecida a partir de uma população coletada em ovos de *S. frugiperda* em uma lavoura de milho da fazenda experimental da ESALQ na fazenda Areão, localizada no município de Piracicaba - SP, no ano de 2019, com aproximadamente 192 gerações em laboratório. O primeiro passo para estabelecer a

isolinagem foi selecionar insetos com bons atributos biológicos para um agente de Controle Biológico como, boa capacidade de voo e alto potencial de parasitismo, dentre os parasitoides da população coletada em campo. Para isso, foi realizado uma adaptação na unidade de teste de voo proposta por Prezotti et al. (2002), onde ao invés de colocar uma placa de Petri contendo cola entomológica, na tampa superior, foram fixadas posturas de *S. frugiperda* para serem parasitadas pelos insetos voadores (PAULA, 2020). O procedimento de “seleção” de voadores foi realizado por seis gerações. Em seguida, baseando-se na metodologia adotada por Coelho Jr. et al. (2016), a partir dos insetos obtidos na seleção de voadores, foram separadas aleatoriamente fêmeas, e realizaram-se retrocruzamentos por nove gerações, chegando a um inseto com variabilidade genética menor que 14% (LI, 1955).

Os parasitoides foram mantidos em tubos de vidro de 500 mL, vedados com filme plástico de PVC. A cada 14 dias eram preparadas cartelas, confeccionadas, preferencialmente, com posturas de até 24 horas de idade de *S. frugiperda*; para isso as posturas eram fixadas em um papel cartão branco com cola Henkel® ($\approx 10 \times 10$ cm). Essas cartelas eram oferecidas aos parasitoides por 72 horas; após esse período eram retiradas e transferidas para novos potes de vidro contendo gotículas de mel puro para a alimentação da prole. A criação era mantida em uma câmara climatizada do tipo BOD com temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$, UR: $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.

3.2 Comparação dos hospedeiros alternativos *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) e *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) para desenvolvimento do parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon, 1937 da linhagem com variabilidade genética (POOL) e a isolinhagem sem variabilidade genética (MIC).

3.2.1 Bioensaios para a confecção de tabelas de vida de fertilidade de *T. remus* nos hospedeiros alternativos *C. cephalonica* e *E. kuehniella*, linhagens POOL e MIC, por gerações sucessivas

Para a tabela de vida de fertilidade fêmeas de *T. remus*, POOL e MIC com idade entre 12-24 h, provenientes dos ovos de cada hospedeiro alternativo, *C. cephalonica* e *E. kuehniella*, foram individualizadas em tubos de vidro (12 x 75 mm), e alimentadas com uma gotícula de mel puro. Para cada fêmea, totalizando 25 fêmeas, foram oferecidos cartões com aproximadamente 70 ovos (com idade de 0-24h) dos respectivos hospedeiros, sendo os cartões substituídos a cada 24 h até a morte da fêmea. Antes de serem oferecidos, os ovos dos hospedeiros alternativos foram inviabilizados por uma exposição de 45 min à lâmpada

germicida. Os bioensaios foram realizados na 1^a, 4^a, 7^a, 10^a e 13^a gerações, em condições controladas ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14 horas). Foi determinada a duração do período ovo-adulto, viabilidade do mesmo período, razão sexual ($\frac{\text{♀}}{\text{♀}+\text{♂}}$), capacidade de parasitismo (diária e total) e longevidade das fêmeas, e confeccionada a tabela de vida de fertilidade de *T. remus*.

Os índices extraídos foram: taxa líquida de reprodução (R_0), capacidade inata de aumentar em número (r_m), razão finita de aumento (λ) e tempo para a população duplicar (T). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados de acordo com o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985) utilizando o programa TWSEXMSChart (<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>) (CHI, 2012). As médias e os erros padrão de cada parâmetro populacional foram estimados pelo método de bootstrap seguindo o procedimento proposto por Huang e Chi (2012).

$$R_0 = \sum m_x \cdot l_x \quad r_m = \frac{\ln R_0}{T} \quad \lambda = e^{r_m} \quad T = \frac{\ln R_0}{r_m}$$

Durante o procedimento de bootstrap, os dados de cada parâmetro populacional foram reamostrados 10.000 vezes.

3.2.2 Parasitismo, em laboratório, de *T. remus* (com e sem variabilidade genética) criados em ovos de *C. cephalonica* (hospedeiro alternativo) no complexo *Spodoptera*, representado pelas espécies *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858), *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)

Com base nos resultados obtidos no item 3.2.1, selecionou-se *C. cephalonica* como o melhor hospedeiro alternativo.

Foram separadas 20 posturas com idade de 24 horas de cada hospedeiro natural (*S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*). Cada postura foi considerada uma repetição; as posturas foram individualizadas em tubos de ensaios com 8,5 cm de altura por 2,5 cm de diâmetro, sendo que na parede do tubo foi colocada uma gotícula de mel puro para alimentação do parasitoide. Posteriormente, foram separadas 20 fêmeas de *T. remus* sem experiência de parasitismo (população venezuelana POOL e isolinhagem MIC, mantidas em

ovos de *C. cephalonica* por 11 gerações). Em cada tubo, foi colocada uma fêmea do parasitoide; esta fêmea teve a postura substituída a cada 24 horas, durante 3 dias, sendo a fêmea removida do tudo após as 72 horas de observação, sendo que as posturas parasitadas e retiradas foram transferidas para tubos de ensaio que foram mantidos nas mesmas condições descritas até a emergência dos parasitoides.

O parasitismo dos hospedeiros naturais *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides* foi analisado ao contabilizar o número de insetos emergidos mais o número de ovos parasitados que continham em seu interior pupas inviáveis dos parasitoides. A viabilidade do parasitismo foi determinada calculando-se a relação entre o número de insetos emergidos e número de ovos parasitados. Para todos os hospedeiros estudados os critérios avaliados foram: parasitismo e viabilidade do parasitismo e razão sexual. Realizou-se esse experimento em condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotoperíodo, ou seja, 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ UR e 14 horas de fotofase, respectivamente.

Na confecção das análises estatísticas, foi utilizada a média dos três dias de parasitismo, para cada parâmetro biológico avaliado. Para a análise estatística foram utilizados modelos lineares generalizados GLM (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição quase-Poisson para análise dos dados de parasitismo; GLM com distribuição do tipo quase-Binomial para os dados referentes a razão sexual e viabilidade do parasitismo. Foi verificada a qualidade dos ajustes das distribuições utilizadas pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação do pacote hnp (MORAL; HINDE; DEMÉTRIO, 2017). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey ($p = 0,05$) especialmente desenhada para GLM do pacote Multcomp (HOTHORN; BRETZ; WESTFALL, 2008).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação da tabela de vida na 1ª geração dos hospedeiros alternativos *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) e *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) para desenvolvimento do parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon, 1937 de duas linhagens, com e sem variabilidade genética

Foram analisados estatisticamente os valores dos índices de fertilidade, gerando uma tabela de vida de fertilidade para *T. remus* criado em ambos os hospedeiros alternativos, *E. kuehniella* e *C. cephalonica*, com variação genética, POOL (Tabela 1) e sem variação genética, MIC (Tabela 2). As Tabelas 1 e 2 comparam os valores obtidos na geração F1 de *T. remus* em cada hospedeiro alternativo e em ambos os tratamentos, POOL e MIC.

Com os parâmetros obtidos por meio de tabela de vida de fertilidade (Tabela 1) para *T. remus* criado nos dois hospedeiros alternativos com variabilidade genética (*C. cephalonica* e *E. kuehniella*), observou-se que para *T. remus* criado em *E. kuehniella*, o valor de R_0 (taxa líquida de reprodução) na geração F1 foi significativamente superior, indicando que a população pode aumentar 29 ± 6 vezes a cada geração e que neste hospedeiro alternativo, *T. remus* apresenta desempenho reprodutivo 6 vezes maior que no hospedeiro alternativo *C. cephalonica*. Os demais parâmetros, r_m (capacidade inata de aumentar em número), λ (razão finita de aumento) e T (tempo para a população duplicar) seguiram a mesma tendência e foram, significativamente, superiores no hospedeiro alternativo *E. kuehniella*.

A razão sexual variou nos hospedeiros alternativos estudados, sendo estatisticamente maior em *E. kuehniella* (84% de fêmeas em relação aos 46% em *C. cephalonica*), porém, para a viabilidade do parasitismo não houve diferença estatística, sendo de 62% em *E. kuehniella* e de 56% em *C. cephalonica* (Tabela 1).

De uma forma geral, tais resultados demonstram que o parasitoide de ovos *T. remus* apresenta melhor desempenho reprodutivo, na geração F1, quando criado no hospedeiro alternativo *E. kuehniella*; indicando que neste hospedeiro alternativo o parasitoide apresenta, ao longo de sua vida, maior capacidade de gerar descendentes fêmeas. Em relação ao hospedeiro alternativo, *C. cephalonica*, pode-se afirmar que o parasitoide de ovos *T. remus* apresentou resultados inferiores para os parâmetros analisados na geração F1, indicando dificuldade na transição do hospedeiro natural para o hospedeiro alternativo (Tabela 1).

Por outro lado, os parâmetros obtidos por meio de tabela de vida de fertilidade para os dois hospedeiros alternativos (sem variabilidade genética, isolinhagens) *C. cephalonica* e *E. kuehniella* (Tabela 2), observou-se uma inversão dos resultados, mostrando que para *T. remus* criado no hospedeiro *C. cephalonica* o valor de R_0 (taxa líquida de reprodução), na geração

F1, foi significativamente maior indicando que neste hospedeiro alternativo *T. remus* apresenta maior desempenho reprodutivo com capacidade de aumentar a população de uma geração para a outra em 19 ± 5 vezes, o dobro do observado no hospedeiro alternativo *E. kuehniella*. Os valores de r_m (capacidade inata de aumentar em número) não diferiram entre os hospedeiros alternativo, mas λ (razão finita de aumento) e T (tempo pra a população duplicar) foram superiores no hospedeiro alternativo *C. cephalonica*. A razão sexual e a viabilidade do parasitismo não apresentaram diferenças estatísticas entre *E. kuehniella* e *C. cephalonica* (Tabela 2).

Embora a linhagem de *T. remus* com variabilidade genética tenha demonstrado maior desempenho reprodutivo no hospedeiro alternativo *E. kuehniella*, ambas as linhagens, com e sem variabilidade genética, não sobreviveram neste hospedeiro; por este motivo (como comentado anteriormente), a espécie escolhida para realizar os testes das seguintes etapas foi *C. cephalonica*, pois este foi o único que possibilitou a continuidade da criação em laboratório, muito provavelmente pelo baixo percentual de emergência e de *T. remus* em ovos de *E. kuehniella* e pelo fato de *C. cephalonica* produzir ovos com maior tamanho em relação aos ovos de *E. kuehniella*. Aparentemente, o tamanho dos ovos afetou o desenvolvimento do parasitoide, sendo este melhor nos ovos maiores.

Tabela 1) Tabela de vida de fertilidade de *Telenomus remus* com variabilidade genética (POOL) em ovos do hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica* e *Ephestia kuehniella*, na geração F1. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

	Com variabilidade Genética (POOL)	
	<i>C. cephalonica</i>	<i>E. kuehniella</i>
	Geração F1	
R₀	5,2 ± 1,27 B	29,4 ± 6,14 A
rm	0,010 ± 0,002 B	0,19 ± 0,001 A
λ	1,10 ± 0,002 B	1,21 ± 0,001 A
T (dias)	17,19 ± 0,18 B	17,92 ± 0,30 A
Razão sexual (%)	46 B	84 A
Viabilidade (%)	56 A	62 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). R₀ = taxa líquida de reprodução; rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = razão finita de aumento; T = duração média de cada geração.

Tabela 2) Tabela de vida de fertilidade de *Telenomus remus* sem variabilidade genética (MIC) em ovos dos hospedeiros alternativos *Corcyra cephalonica* e *Ephestia kuehniella*, na geração F1. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

	Sem variabilidade genética (isolinagem) (MIC)	
	<i>C. cephalonica</i>	<i>E. kuehniella</i>
	Geração F1	
R₀	19,12 ± 4,97 A	9,28 ± 2,58 B
rm	0,18 ± 0,002 A	0,15 ± 0,002 A
λ	1,20 ± 0,002 A	1,16 ± 0,002 B
T (dias)	16,06 ± 0,28 A	15,07 ± 0,31 B
Razão sexual (%)	85 A	72 A
Viabilidade (%)	58 A	52 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). R₀ = taxa líquida de reprodução; rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = razão finita de aumento; T = duração média de cada geração.

4.2 Tabela de vida de fertilidade de duas linhagens de *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae), com e sem variabilidade genética, no hospedeiro alternativo *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879)

Embora tenha havido continuidade da população de *T. remus* apenas no hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica*, foi confeccionada uma tabela de vida de comparação entre os parâmetros de fertilidade do hospedeiro alternativo *E. kuehniella* nas duas linhagens, com e sem variabilidade genética (Tabela 3). Foram comparados os índices indicativos de fertilidade: R_0 (taxa líquida de reprodução), rm (capacidade inata de aumentar em número), λ (razão finita de aumento) e T (tempo pra a população duplicar) para as diferentes linhagens, com e sem variabilidade genética (POOL e MIC, respectivamente), apenas para o hospedeiro alternativo *E. kuehniella* (Tabela 3).

Os valores dos padrões observados na Tabela 3 mostram que a linhagem POOL (com variabilidade genética) apresentou todos os parâmetros estatisticamente superiores aos da linhagem MIC (sem variabilidade genética), ou seja, para R_0 , rm , λ e T ; indicando que o desempenho reprodutivo do parasitoide no hospedeiro alternativo com variabilidade genética (POOL) é melhor, sendo o R_0 em POOL de $29,4 \pm 6,14$ e em MIC de $9,28 \pm 2,58$. Estes bons resultados foram apenas na 1ª geração, pois a partir daí houve uma degeneração da população do parasitoide.

A razão sexual e a viabilidade do parasitismo não apresentaram diferença estatística entre *E. kuehniella* com e sem variação genética, com uma viabilidade do parasitismo acima de 50% em ambos os casos e a razão sexual com mais de 70% de fêmeas (Tabela 3).

Tabela 3) Tabela de vida de fertilidade de *Telenomus remus* com e sem variabilidade genética (MIC) em ovos dos hospedeiros alternativos *Ephestia kuehniella*, na geração F1. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

	Com variabilidade genética (POOL)	Sem variabilidade genética (isolinagem) (MIC)
	1ª Geração	
R_0	$29,4 \pm 6,14$ A	$9,28 \pm 2,58$ B
rm	$0,19 \pm 0,001$ A	$0,15 \pm 0,002$ B
λ	$1,21 \pm 0,001$ A	$1,16 \pm 0,002$ B
T (dias)	$17,92 \pm 0,30$ A	$15,07 \pm 0,31$ B
Razão sexual	84 A	72 A
Viabilidade (%)	62 A	52 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). R_0 = taxa líquida de reprodução; rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = razão finita de aumento; T = duração média de cada geração.

4.3 Tabela de vida de fertilidade de duas linhagens de *Telenomus remus* Nixon 1937, com e sem variabilidade genética, no hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) por gerações sucessivas

Dando continuidade aos experimentos apenas com o hospedeiro alternativo *C. cephalonica*, foi possível efetuar os bioensaios para análises dos parâmetros de fertilidade em sucessivas gerações. Para a linhagem com variabilidade genética (POOL) foi gerada uma tabela de vida de fertilidade comparando a 1^a, 4^a, 8^a e 11^a gerações (Tabela 4) e para a linhagem sem variabilidade genética (MIC) foi gerado uma tabela de vida de fertilidade comparando a 1^a, 4^a, 8^a, 11^a e 15^a gerações (Tabela 5).

Os valores de R_0 (taxa líquida de reprodução) para a linhagem POOL, apresentaram padrão ascendente entre a 1^a e 11^a gerações; na 1^a geração, o R_0 foi de $5,2 \pm 1,3$ e não diferiu estatisticamente da 4^a geração com taxa líquida de reprodução de $17,04 \pm 3,37$. A partir da 8^a geração houve um incremento nos valores de R_0 levando a uma diferença significativa em relação às gerações anteriores (1^a e 4^a), sendo o R_0 na 8^a geração de $33,24 \pm 4,62$ e não apresentando diferença estatística com a 11^a geração ($R_0 = 34,44 \pm 5,84$) (Tabela 4). Para os demais parâmetros: r_m (capacidade inata de aumentar em número), λ (razão finita de aumento) e T (duração média a cada geração), o mesmo padrão foi observado, sendo estatisticamente menor apenas na geração F1 (Tabela 4).

Para complementar os parâmetros de fertilidade observados foram acrescentados à tabela, a razão sexual e a viabilidade do parasitismo nas respectivas gerações (Figura 2).

A razão sexual de *T. remus* criado em *C. cephalonica* com variação genética (POOL) foi significativamente menor na geração F1, com mais de 46% de fêmeas, e nas demais gerações (4^a, 8^a e 11^a) não apresentou diferença estatística, com média acima de 80% de fêmeas; a viabilidade do parasitismo não apresentou diferença significativa entre as gerações (Figura 2D).

Por outro lado, para a tabela de vida de fertilidade para *T. remus* sem variabilidade genética (MIC) os bioensaios foram efetuados até a 15^a geração; o R_0 apresentou um menor valor, por motivos não identificado, apenas na 4^a geração sendo de $5,72 \pm 2,49$, bem inferior às demais gerações (1^a, 8^a, 11^a e 15^a); elas não diferiram estatisticamente entre si em nenhum parâmetro analisado, apresentando R_0 máximo de $19,84 \pm 4$ na 15^a geração e mínimo de $15,2 \pm 3,34$ na 8^a geração (Tabela 5).

A razão sexual para *T. remus* criado no hospedeiro alternativo *C. cephalonica* sem variação genética (MIC) não diferiu entre as gerações com mais de 70% de fêmeas; a viabilidade do parasitismo sofreu oscilação entre as gerações, com os valores maiores obtidos

na 1^a, 4^a e 11^a gerações (58%, 48% e 59%, respectivamente) e valores menores na 8^a e 15^a gerações (39% e 44%, respectivamente) (Figura 1B e 1D).

Em linhas gerais, *T. remus*, com e sem variabilidade genética, se adaptou a *C. cephalonica* por gerações sucessivas, com um crescimento maior quando se tratou da linhagem com variabilidade genética (POOL) (Tabelas 4 e 5) que apresentou, além da maior capacidade de aumentar em número ao longo das gerações (R_0), um maior λ , ou seja, capacidade de fêmeas produzirem fêmeas, ao longo das 11^a gerações estudadas.

Tabela 4) Tabela de vida de fertilidade de *Telenomus remus* **com variabilidade genética (POOL)** no hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica*. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

Geração		R₀	rm	λ	T (dias)	Razão sexual (%)	Viabilidade (%)
		1^a	$5,2 \pm 1,27$ a	$0,0096 \pm 0,002$ a	$1,1006 \pm 0,0017$ a	$17,19 \pm 0,18$ a	46 a
4^a	$17,04 \pm 3,37$ a	$0,1849 \pm 0,013$ b	$1,2030 \pm 0,0016$ b	$15,34 \pm 0,07$ b	82 b	48 a	
8^a	$33,24 \pm 4,62$ b	$0,2229 \pm 0,001$ b	$1,2497 \pm 0,0012$ c	$15,72 \pm 0,21$ b	87 b	62 a	
11^a	$34,44 \pm 5,84$ b	$0,1946 \pm 0,016$ b	$1,2148 \pm 0,0012$ b	$18,18 \pm 0,28$ c	86 b	44 a	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). R₀ = taxa líquida de reprodução; rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = razão finita de aumento; T = duração média de cada geração.

Tabela 5) Tabela de vida de fertilidade de *Telenomus remus* **sem variabilidade genética (isolinhagem) (MIC)** no hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica*. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

Geração		R₀	rm	λ	T (dias)	Razão sexual (%)	Viabilidade (%)
		1^a	$19,12 \pm 4,96$ a	$0,18 \pm 1,79$ a	$1,20 \pm 0,0021$ a	$16,06 \pm 0,28$ a	85 a
4^a	$5,72 \pm 2,49$ b	$0,010 \pm 3,27$ b	$1,10 \pm 0,0035$ b	$17,47 \pm 0,68$ ab	68 a	48 a	
8^a	$15,2 \pm 3,34$ a	$0,16 \pm 1,384$ a	$1,18 \pm 0,0016$ a	$16,79 \pm 0,17$ b	72 a	39 b	
11^a	$19,08 \pm 3,05$ a	$0,17 \pm 1,00$ a	$1,19 \pm 0,0012$ a	$16,98 \pm 0,11$ b	79 a	59 a	
15^a	$19,84 \pm 3,99$ a	$0,17 \pm 1,17$ a	$1,19 \pm 0,0014$ a	$17,51 \pm 0,37$ b	75 a	44 b	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). R₀ = taxa líquida de reprodução; rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = razão finita de aumento; T = duração média de cada geração.

Após a análise da tabela de vida para fêmeas de *T. remus* criados em ovos do hospedeiro alternativo *C. cephalonica* em duas linhagens, POOL e MIC, foi possível elaborar uma tabela comparando cada geração (1^a, 4^a, 8^a e 11^a gerações) entre as duas linhagens (Tabela 6). Quando comparados os índices, pode-se observar que na geração F1 todos os parâmetros foram superiores para os insetos reproduzidos em ovos do hospedeiro alternativo sem variabilidade genética (MIC), com R_0 bastante superior, de $19,12 \pm 4,96$, enquanto que para o hospedeiro alternativo com variabilidade genética (POOL) foi de $5,2 \pm 1,27$ (Tabela 6). A razão sexual foi significativamente maior, de 85% de fêmeas para MIC e 46% de fêmeas para POOL, enquanto a viabilidade dos ovos não apresentou diferença estatística, sendo ambas acima de 55% (Tabela 6).

Na 4^a geração houve uma inversão e pode-se observar uma degradação nos índices para os insetos criados no hospedeiro alternativo sem variabilidade genética (MIC), tendo o R_0 diminuído para $5,72 \pm 2,49$, enquanto no hospedeiro alternativo com variabilidade genética (POOL) foi observado o oposto, o R_0 aumentou para $17,04 \pm 3,37$, sendo significativamente maior no hospedeiro com variabilidade genética (Tabela 6). Os demais índices r_m , T e λ , assim como a razão sexual, seguiram um mesmo padrão e apresentaram valores estatisticamente superiores no hospedeiro com variação genética (POOL). A viabilidade do parasitismo não apresentou diferença significativa, sendo nos dois casos de 48% (Tabela 6).

Isso indica a linhagem MIC pode estar perdendo vigor e agressividade através das gerações mantidas em criação constante além da menor variabilidade genética. Embora a linhagem de *T. remus* com variação genética (POOL) possa também ter degradado em laboratório (aproximadamente 300 gerações em laboratório), ela apresentou melhor desempenho do que a linhagem sem variabilidade genética (MIC) (<14%), também mantida em laboratório por longo tempo, aproximadamente 192 gerações.

Para a 8^a e 11^a gerações o hospedeiro com variabilidade genética (POOL) apresentou valores significativamente maiores, sendo o R_0 , respectivamente, de $33,24 \pm 4,62$ e $34,44 \pm 5,84$ e no hospedeiro alternativo sem variabilidade genética (MIC) o R_0 foi de $15,2 \pm 3,34$ e $19,08 \pm 3,05$, na devida ordem. Quanto a r_m e λ , ambos foram estatisticamente superiores na 8^a geração ($0,2229 \pm 0,001$ e $1,250 \pm 0,001$, na devida ordem), no hospedeiro com variabilidade genética. (Tabela 6). A razão sexual não apresentou diferença significativa nem na 8^a geração e nem na 11^a geração, sendo iguais para os hospedeiros alternativos POOL e MIC, variando entre 70 e 87% de fêmeas (Tabela 6).

A taxa líquida de reprodução (R_0) e taxa intrínseca de crescimento (r_m) analisadas na tabela de vida de fertilidade foram significativamente maiores para a linhagem do parasitoide

com variabilidade genética (POOL) do que para o parasitoide da linhagem sem variabilidade genética (MIC) (Figura. 2A). Como esperado, a linhagem com variabilidade genética, levou a um maior parasitismo, produzindo significativamente mais descendentes fêmeas com capacidade de gerar outras fêmeas (lâmbda) (λ).

Criações em laboratório por longo tempo pode afetar a atividade e desempenho de parasitoides, como nos trabalhos de Nagarkatti e Nagaraja (1978) e Baitha (2005) que obtiveram melhores parâmetros de fertilidade com linhagens com variabilidade genética maior ao avaliar o crescimento populacional de parasitoides do gênero *Trichogrammatidae*. Em 2022 Oktaviani et al realizaram a tabela de vida de fertilidade da mesma espécie e linhagem utilizada neste trabalho (*T. remus*) no hospedeiro natural (*S. frugiperda*) e reportaram valores de R_0 (67,5), o dobro do valor obtido neste trabalho ($R_0 = 35$). Estas variações são normais em linhagens de diferentes regiões, como observado por Bleicher e Parra (1990), com *Trichogramma pretiosum* de diferentes regiões do Brasil.

O fato do parasitoide *T. remus* ter conseguido “aprimorar” seu desenvolvimento nos hospedeiros alternativos mostra que na ausência do hospedeiro natural o parasitoide investe esforços reprodutivos para parasitar o hospedeiro alternativo, embora *C. cephalonica* não ofereça as mesmas condições para o desenvolvimento que o hospedeiro natural, *S. frugiperda*, os índices de R_0 , r_m e lâmbda (λ), indicam que o parasitoide pode se adaptar bem a este hospedeiro alternativo.

Os dados comparados mostram que embora a razão sexual e a viabilidade do parasitismo não apresentaram diferença estatística entre as duas linhagens do hospedeiro alternativo, *C. cephalonica*, com e sem variabilidade genética, a partir da 4ª geração o hospedeiro alternativo com variabilidade genética (POOL) apresentou melhores índices de fertilidade, indicando que este hospedeiro é o mais indicado para o desenvolvimento do parasitoide de ovos, *T. remus*, em condições laboratoriais.

Para as duas espécies de hospedeiros alternativos foram observadas diferenças nos valores de R_0 , r_m e λ após gerações sucessivas no mesmo hospedeiro. Para *T. remus* (POOL), em *C. cephalonica*, hospedeiro alternativo em que foi observado maior crescimento populacional, os valores de R_0 , r_m e lâmbda (λ) tenderam a aumentar ao longo das gerações, evidenciando uma aparente adaptação desta espécie neste hospedeiro. Muitos trabalhos demonstram a influência de fatores abióticos sobre o potencial reprodutivo de parasitoides (PRATISSOLI et al. 2004a; 2004b, 2007); porém, fatores bióticos, como os hospedeiros alternativos, são normalmente pouco estudados, podendo afetar um programa de controle

biológico, que está relacionado à escolha adequada do hospedeiro para criação massal do parasitoide de ovos.

Porém, especificamente para *T. remus*, este é o primeiro trabalho que avalia tabela de vida de fertilidade em hospedeiros alternativos e diferentes linhagens, por gerações sucessivas, sobre os seus aspectos reprodutivos e capacidade de parasitismo do hospedeiro natural. Segundo Smith (1996), estudos de variações intraespecíficas possibilitam a seleção de linhagens mais apropriadas para liberação de parasitoides em agroecossistemas e assim usá-los em programa de controle biológico.

Tabela 6) Tabela de vida de fertilidade de *Telenomus remus* com variabilidade genética (POOL) e sem variabilidade genética (isolinhagem) (MIC) reproduzidos em ovos do hospedeiro alternativo *Corcyra cephalonica* por sucessivas gerações. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

		Sem variabilidade genética (isolinhagem) (MIC)					
Gerações		R₀	rm	λ	T (dias)	Razão sexual (%)	Viab* (%)
	1^a	19,12 ± 4,96 Aa	0,18 ± 1,79 Aa	1,20 ± 0,0021 Aa	16,06 ± 0,28 Aa	85 Aa	58 Aa
	4^a	5,72 ± 2,49 Ab	0,010 ± 3,27 Ab	1,10 ± 0,0035 Ab	17,47 ± 0,68 Aab	68 Aa	48 Aa
	8^a	15,2 ± 3,34 Aa	0,16 ± 1,384 Aa	1,18 ± 0,0016 Aa	16,79 ± 0,17 Ab	72 Aa	39 Aa
	11^a	19,08 ± 3,05 Aa	0,17 ± 1,00 Aa	1,19 ± 0,0012 Aa	16,98 ± 0,11 Ab	79 Aa	59 Aa
		Com variabilidade genética (POOL)					
1^a	5,2 ± 1,27 Ba	0,0096 ± 0,002 Ba	1,101 ± 0,002 Ba	17,19 ± 0,18 Aa	46 Ba	56 Aa	
4^a	17,04 ± 3,37 Ba	0,1849 ± 0,013 Bb	1,203 ± 0,002 Bb	15,34 ± 0,07 Ab	82 Ab	48 Aa	
8^a	33,24 ± 4,62 Bb	0,2229 ± 0,001 Bb	1,250 ± 0,001 Bc	15,72 ± 0,21 Ab	87 Ab	62 Ba	
11^a	34,44 ± 5,84 Bb	0,1946 ± 0,016 Ab	1,215 ± 0,001 Ab	18,18 ± 0,281 Bc	86 Ab	44 Aa	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula no tratamento (POOL e MIC) e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). R₀ = taxa líquida de reprodução; rm = taxa intrínseca de crescimento; λ = razão finita de aumento; T = duração média de cada geração. *viabilidade do parasitismo.

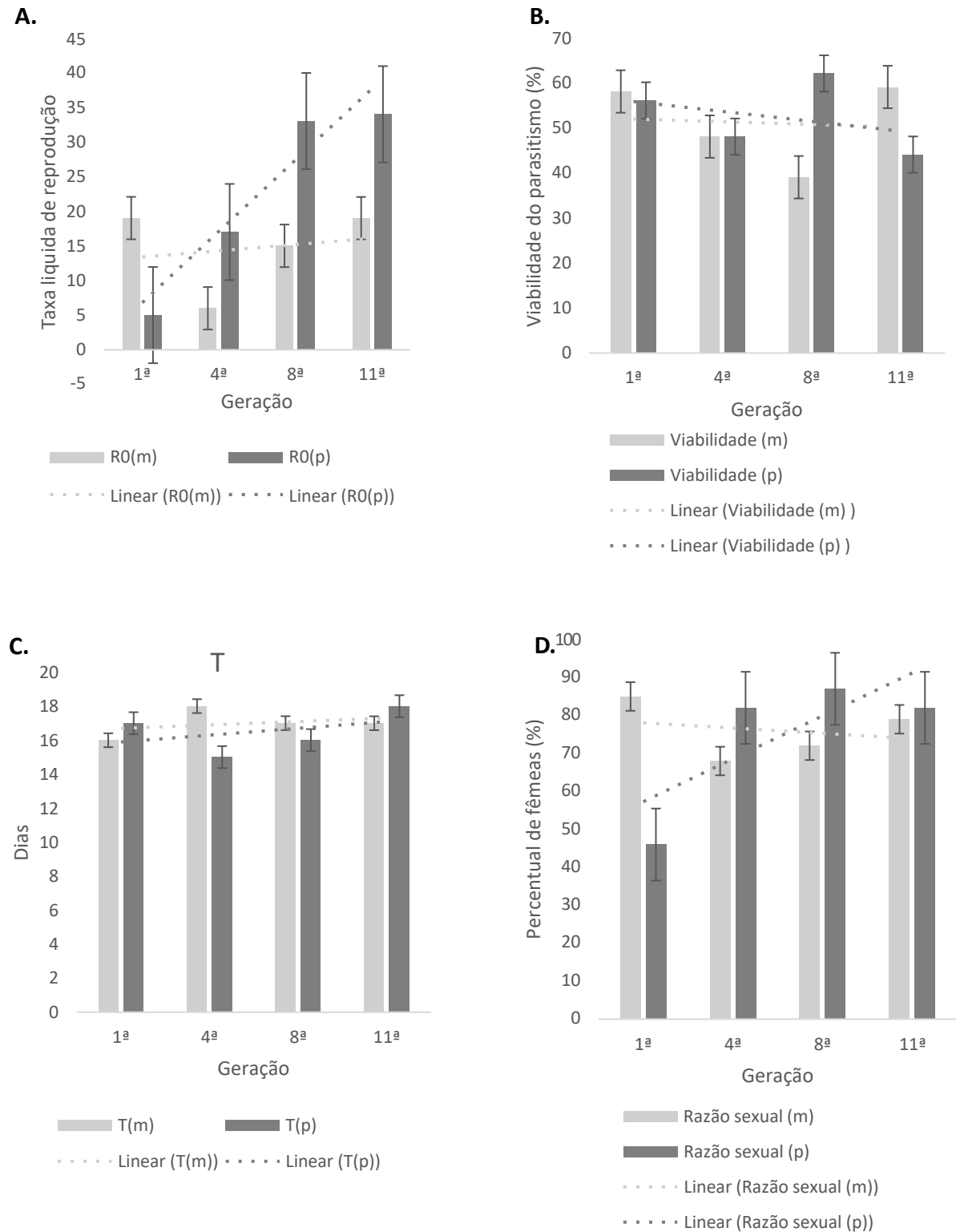


Figura 1. Comparação de parâmetros biológicos entre duas linhagens de *Telenomus remus*, com e sem variabilidade genética, identificadas por **m** (isolinhagem) e **p**, respectivamente, por gerações sucessivas. **A.** R_0 = (taxa líquida de reprodução). **B.** Viabilidade do parasitismo (%). **C.** T = duração média de cada geração (dias). **D.** razão sexual (%). Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

4.4 Parasitismo de *Telenomus remus* Nixon, 1937 (com e sem variabilidade genética) criados em ovos de *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (hospedeiro alternativo) no complexo *Spodoptera*, representado pelas espécies *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858), *Spodoptera eridania* (Stöhl, 1782) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)

Houve diferenças significativas no número médio de ovos parasitados entre todas as espécies de *Spodoptera* estudadas para ambas as linhagens de *T. remus*, com e sem variabilidade genética (POOL e MIC, respectivamente) (Tabelas 7 e 8).

No parasitismo de *T. remus* sem variabilidade genética (MIC), nas espécies do complexo *Spodoptera* durante 72 horas, *S. eridania* apresentou a maior taxa de parasitismo nas primeiras 24 horas (Figura 2A), com um total de ovos parasitados de 79 ± 8 (62%), seguido de um parasitismo de 48 ± 18 ovos (38%) após 24 horas, e não havendo parasitismo no terceiro dia (Tabela 7). Nos hospedeiros naturais, *S. frugiperda* e *S. cosmioides*, a média de ovos parasitados foi estatisticamente semelhante (68 e 42 ovos parasitados, na respectiva ordem), concentrando-se mais de 60% do parasitismo nas primeiras 24 horas para ambos os hospedeiros naturais (Figura 2A). Quando comparados com as duas outras espécies, *S. eridania*, foi superior às demais, parasitando em média um total de 127 ovos em 72 horas, sendo 62% do parasitismo total efetuado no nas primeiras 24 horas, indicando que *T. remus* sem variabilidade genética parasita mais ovos desta espécie (Figura 2A).

Para *T. remus* com variabilidade genética (POOL), nas 72 horas de parasitismo para as três espécies de *Spodoptera*, o hospedeiro natural *S. frugiperda* apresentou a maior taxa de parasitismo com 133 ovos parasitados, sendo significativamente diferente das duas demais espécies, *S. eridania* com 41 ovos parasitados e *S. cosmioides*, com apenas 3 ovos nas 72 horas (Tabela 8), indicando que *S. frugiperda* apresentou um maior parasitismo por *T. remus* com variabilidade genética (POOL). Mais de 80% dos ovos parasitados pelo *T. remus* (POOL) em ambos os hospedeiros naturais, *S. frugiperda* e *S. eridania*, ocorreram nas primeiras 24 horas (Figura 2B).

Verificou-se uma tendência na concentração do parasitismo nas primeiras 24 horas para as duas linhagens; essa mesma tendência também foi observada por Morales et al. (2000) e Bueno et al. (2010) para *T. remus* parasitando ovos de *S. frugiperda*, bem como para outras espécies do gênero como *T. podisi* (PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 1998) ou *T. calvus* (ORR; RUSSI; BOETHEL, 1986).

A diminuição dos ovos parasitados com o aumento da idade da fêmea também foi observada tanto em fêmeas selvagens quanto em fêmeas provenientes de diferentes gerações

de laboratório em diferentes espécies (BAITHA, 2005; OLIVEIRA et al. 2006). Sendo assim, pode-se afirmar que as fêmeas mais novas demonstraram maior capacidade de parasitismo, o que também foi registrado por Morales et al. (2000) e Bueno et al. (2010). Esse comportamento é típico de espécies pró-ovigênicas, pois estas já nascem com uma quantidade de ovos determinada, permitindo parasitar vários hospedeiros logo no primeiro dia de vida. Ao contrário, nas espécies sinovigênicas, os ovos são amadurecidos durante a vida da fêmea (FLANDERS, 1937). Assim, ambas as linhagens de *T. remus* avaliadas (POOL e MIC) podem potencialmente parasitar, de forma eficaz, as três espécies do complexo *Spodoptera* usadas neste trabalho, logo depois da liberação. Não houve diferenças observadas na viabilidade do parasitismo, sendo em todos os casos acima de 95%.

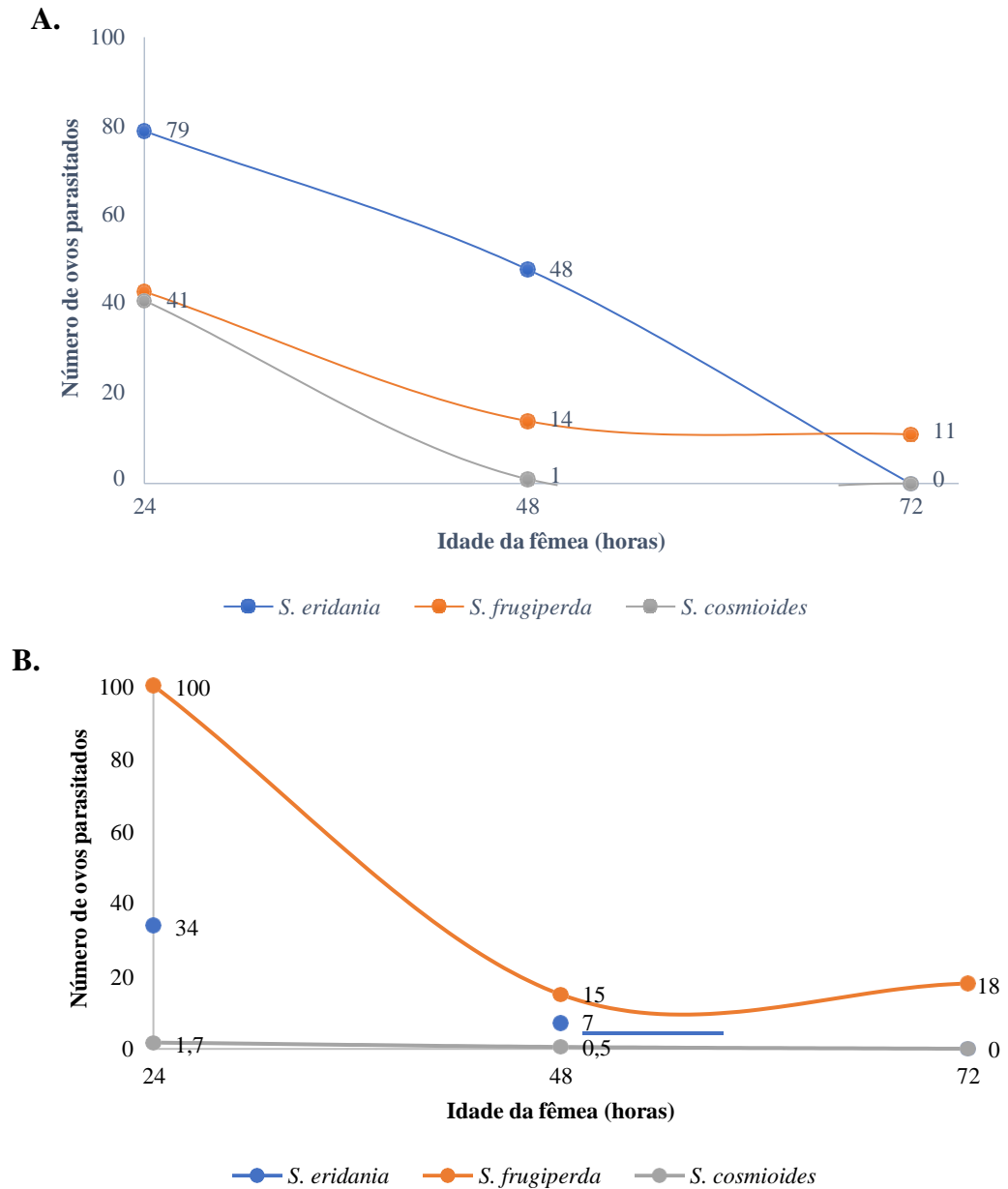


Figura 2. Parasitismo diário de *Telenomus remus* com e sem variabilidade genética nos hospedeiros naturais do gênero *Spodoptera* (*S. eridania*, *S. frugiperda* e *S. cosmioides*) por 72 horas. **A.** linhagem sem variabilidade genética - isolinhagem (MIC). **B.** linhagem com variabilidade genética (POOL). Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas.

Tabela 7) Parasitismo** de *Telenomus remus* sem variabilidade genética (isolinagem) (MIC) em ovos de espécies do complexo *Spodoptera* por 72 horas. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

	Sem variabilidade genética (isolinagem) (MIC)		
	<i>S. eridania</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. cosmioides</i>
24 h	79 ± 8 Aa	43 ± 7 Ba	41 ± 7 Ba
48 h	48 ± 18 Aa	14 ± 2 Bb	$0,75 \pm 0,61$ Cb
72 h	0 ± 0 Ab	11 ± 2 Bb	0 ± 0 Ab
Total*	127 A	68 B	42 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). *média do número de ovos parasitados. ** número médio de ovos parasitados por fêmea

Tabela 8) Parasitismo** de *Telenomus remus* com variabilidade genética (POOL) em ovos de espécies do complexo *Spodoptera* por 72 horas. Temp: $25 \pm 1^\circ\text{C}$; UR: $70 \pm 10\%$; Fotofase: 14 horas

	Com variabilidade genética (POOL)		
	<i>S. eridania</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. cosmioides</i>
24 h	34 ± 7 aA	100 ± 8 aB	$1,7 \pm 0,8$ aC
48 h	7 ± 3 bA	15 ± 2 bA	$0,5 \pm 0,3$ aB
72 h	0 ± 0 cA	18 ± 3 bB	0 ± 0 aB
Total*	41 A	133 B	3 C

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna e minúscula na linha, pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). *média do número de ovos parasitados. ** número médio de ovos parasitados por fêmea.

5. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos na presente pesquisa pode-se concluir:

- i. O hospedeiro alternativo, *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1863), pode substituir o hospedeiro natural para criação de *Telenomus remus* Nixon, 1937 por gerações sucessivas;
- ii. Para isolinhagem (sem variabilidade genética) ou para populações com variabilidade genética, *C. cephalonica* é o melhor hospedeiro para *T. remus*, sendo que para *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879), independente da genética da população, ocorre a degeneração do parasitoide na 1ª geração de laboratório;
- iii. Populações de *T. remus* sem variabilidade genética (MIC) (isolinhagem) parasitam preferencialmente *Spodoptera eridania* (Stöll, 1782) e em menor escala *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e *Spodoptera cosmioides* (Walker, 1858);
- iv. Populações de *T. remus* com variabilidade genética (POOL) parasitam preferencialmente *S. frugiperda*, vindo a seguir *S. eridania* e com pouco parasitismo para *S. cosmioides*.

REFERÊNCIAS

- AGBOYI, L.K.; GOERGEN, G.; BESEH, P.; MENSAH, S.A.; CLOTTEY, V.A.; GLIKPO, R.; BUDDIE, A.; CAFÀ, G.; OFFORD, L.; DAY, R.; RWOMUSHANA, I.; KENIS, M. Parasitoid Complex of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin. *Insects*, v. 11, p. 68. 2020. <https://doi.org/10.3390/insects1102006>.
- ALAM, M. M. Attempts at the biological control of major insect pests of maize in Barbados, W. I. Proceedings of the Caribbean Food Crops Society, Paramaribo, Suriname, v. 15, p. 127–135. 1978.
- ANGULO, A. O. & WEIGERT, T. G. Estados imaduros de Lepidópteros Nóctuidos de Importacia Económica em Chile y Claves para su Determinación (Lepidoptera: Noctuidae). Concepción, Sociedad de Biología de Concepción, Publicación Especia n° 2, p. 153. 1975.
- BAITHA, A. 2005. Growth rate differences of wild vs. laboratory reared sugarcane adapted strains of *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Sugar Tech* 7, 53–56 (2005). <https://doi.org/10.1007/BF02942530>.
- BARCELOS, P. H. S.; ANGELINI, M. R. Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) em diferentes tecnologias bts (*Bacillus thuringiensis*) na cultura do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, Mato Grosso do Sul, v. 5, n. 1, p. 35–40. 2018.
- BAVARESCO, A. Biología e Exigências Térmicas de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 31, n. 1, p. 49–54, 2002.
- BERNAL, J.; LUCK, R.F.; MORSE, J.G. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.92, n.2, p.191-204, maio/1999. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00538.x>.
- BERNARDI, E. B.; HADDAD, M. L. & PARRA, J.R.P. Comparison of artificial diets for rearing *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lep., Pyralidae) for *Trichogramma* mass production. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 60, n. 4, p. 52, fevereiro/ 2000. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082000000100007>.
- BIGLER, F. Quality Control in *Trichogramma* Population. In WAJBERG, E. & HASSAN, S.A. (eds.). *Biological Control with Eggs Parasitoids*. Biddles: Guildford & King's Lynn, p. 93-112, 1994.
- BITRAN, E.A.; OLIVEIRA, D.A. Desenvolvimento de infestações de *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera, Galleriidae) em alguns substratos alimentares. *Arquivos do Instituto Biológico (Brasil)*, v. 42 p. 119-123, 1975.
- BRINDLEY, T.A. The growth and development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera) and *Tribolium confusum* (Coleoptera) under controlled conditions of temperature and relative humidity. *Annals of the Entomological Society of America*, v. 23, n. 4, p. 741-757, dezembro/1930. <https://doi.org/10.1093/aesa/23.4.741>.

BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S.; OLIVEIRA, L. J. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, Curitiba, v. 54, n. 2, p.322–327, 2010b.

BUENO, R. C. O. F.; CARNEIRO, T. R.; BUENO, A. F. B.; PRATISSOLI, D.; FERNANDES, O. A.; VIEIRA, S. S. Parasitism Capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Eggs. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 1.53, n. 1, p. 133–139, 2010a.

BUENO, R. C. O. F.; CARNEIRO, T. R.; PRATISSOLI, D.; BUENO, A. F.; FERNANDES, O. A. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, p. 1–6, 2008.

BUENO, V.H.P. (Ed.) Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade. 2 ed., rev. e ampl, Lavras: Ufla, p. 430, 2009.

BUTT, B.A. AND CANTU, E. Sex determination of lepidopterous pupae. United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, p.7, 1962.

CAPINERA, J. L. Fall Army worm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae), EENY-098. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida, 1999.

CARVALHO, R. A.; OMOTO, C.; FIELD, L. M.; WILLIAMSON, M. S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Plos One*, San Francisco, v. 8, n. 4, e62268, 2013.

CAVE, R. D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. *Biocontrol*, Dordrecht, v. 21, n. 1, p. 21–26, 2000.

CAVE, R. D.; ACOSTA, N. M. *Telenomus remus* Nixon: un parasitoide en el control biológico del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Ceiba*, Morazán, v. 40, n. 2, p. 215–227, 1999.

CHAMBERS, D. L. Quality control in mass rearing. *Annual Review Entomology*, v.22, n.1, p. 289-308, janeiro/1977. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.22.010177.001445>.

CHAPMAN, J. W.; WILLIAMS, T.; MARTINEZ, A. M.; CISNEROS, J.; CABALLERO, P., CAVE, R. D.; GOULSON, D. Does cannibalism in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) reduce the risk of predation? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, New York, v. 48, p. 321–327, 2000.

CHAU, A. & MACKAUER, M. Preference of the aphid parasitoid *Monoctomus paulensis* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) for different aphid species: female choice and offspring survival. *Biological Control*, v. 20, n.1, p. 30-38, janeiro/2001. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0881>.

CHI, H. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. *Environmental Entomology*, College Park, v. 17, n. 4, p. 26-34, 1988.

CHI, H.; LIU, H. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, Taipei*, v. 24, n. 2, p. 225-240, 1985. CHI, H. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis, 2012. Disponível em: <http://www.140.120.197.173/Ecology/>. Download em: 07 jun. 2014.

COELHO-JUNIOR, A.; RUGMAN-JONES, P. F.; REIGADA, C.; STOUTHAMER, R.; PARRA, J. R. P. Laboratory performance predicts the success of field releases in inbred lines of the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Plos One*, São Francisco, v. 11, n. 1, e0146153. 2016.

COLMENAREZ, Y. C.; BABENDREIER, D.; WURST, F. R. F.; VÁSQUEZ-FREYTEZ, C. L.; BUENO, A. F. B. The use of *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae) in the management of *Spodoptera* spp.: potential, challenges and major benefits. *CABI Agriculture and Bioscience*, Wallingford, v. 3, n. 5, 13 p., 2022.

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

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M de L. C; MATOSO, M. J.; Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma*. **Circular técnica, Embrapa**, n. 30, p. 41, 1999.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C. Estudos preliminares do parasitoide *Telenomus* sp. Nixon sobre ovos de *Spodoptera frugiperda*. Sete lagoas: EMBRAPA – CNPS, p. 109, 1994.

CRUZ, J. C.; da SILVA, G. H.; PEREIRA, I. A.; NETO, M. M. G.; MAGALHÃES, P. C. Caracterização do cultivo de milho safrinha de alta produtividade em 2008 e 2009. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete lagoas, v.9, n. 2, p.177-188. 2010. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v9n2p177-188>.

DIEZ-RODRIGUEZ, G. I; OMOTO, C. Herança da resistencia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambda-cialotrina. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 30, n. 2, p. 311–316, 2001.

EPP0 - Global Database. 2022. Disponível em: < <https://gd.eppo.int>>. Acesso em: 23 de junho de 2022.

FARONI, L. & SOUSA, A. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. In book: *Tecnologia de Armazenagem em sementes*, p. 371- 402, 2006.

FATORETTO, J. C.; MICHEL, A. P.; FILHO, M. C. S.; SILVA, N. Adaptive potential of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) limits Bt trait durability in Brazil. *Journal of Integrated Pest Management*, London, v. 8, n. 1, p. 17, 2017.

FERRER, F. Biological control of agricultural insect pest in Venezuela: advances, achievements, and future perspectives. *Biocontrol News and Information*. Dordrecht, v. 22, p. 67–74, 2001.

FERRER, F. Biological control of agricultural insect pest in Venezuela: advances, achievements, and future perspectives. *Biocontrol News and Information*. Dordrecht, v. 22, p. 67–74, 2001.

FIGUEIREDO, M. C. F.; CRUZ, I.; SILVA, R. B. Eficiência de *Telenomus remus* para o controle de *Spodoptera frugiperda* em milho orgânico. In: 27º CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, IAPAR, Londrina, 2008.

FINNEY, G.L.; FISHER, T.W. Culture of Entomophagous Insects and their Host. In: DeBACH, P. & SCHLINGER, E.I. (eds.). *Biological Control of Insects Pests and Weeds*. Chapman & Hall, London, p. 328-355, 1964.

FLANDERS, S. E. Notes on the life history and anatomy of *Trichogramma*. *Annals Entomological Society of America*, Oxford, v. 30, n. 2, p. 304–308, 1937.

GABRIEL, D. Praga de armazenamento, p. 22-24. In: GABRIEL, D. (eds.). *Pragas do Amendoim*. APTA, Campinas, p. 1-25, julho/2016.

GAIKWAD, S. M. First report of *Spodoptera eridania* (Stoll) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] from Kolhapur, Maharashtra, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, New Delhi, v. 9, n. 2, p. 1419–1422. 2021.

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

GANDOLFI, M.; MATTIACCI, L.; DORN, S. Mechanisms of Behavioral Alterations of Parasitoids Reared in Artificial Systems. *Journal of Chemical Ecology*, v. 29, n. 8, p. 1871–1887, agosto/2003. <https://doi.org/10.1023/A:1024854312528>.

GARCÍA-ROA, F.; MOSQUERA, E. A. T.; VARGAS, S. C. A.; ROJAS, A. L. Control biológico, micro- biológico y físico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga del maíz y otros cultivos en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, Bogotá, v. 28, p. 53–60, 2002.

GARDNER, S.M.; LENTEREN, J.C. Characterization of the arrestment responses of *Trichogramma evanescens*. *Oecologia*, Berlin, v. 68, p. 265-270, janeiro/1986. <https://doi.org/10.1007/BF00384798>.

GOERGEN, G. E. Southern armyworm, a new alien invasive pest identified in west and central Africa. *Crop Protection*, Guildford, v. 112, p. 371–373. 2018.

GUPTA, M.; PAWAR, A. D. Multiplication of *Telenomus remus* Nixon on *Spodoptera litura* (Fabricius) reared on artificial diet. *Journal of Advanced Zoology*, Gorakhpur, v. 6, p. 13-17, 1985.

- HASSAN, S. A. The Mass Rearing and Utilization of *Trichogramma* to Control Lepidopterous Pests: Achievements and Outlook. *Pesticide Science, Japan*, v. 37, p. 387–391, 1993.
- HERNÁNDEZ, D.; FERRER, F.; LINARES, B. Introducción de *Telenomus remus* Nixon (Hym.: Scelionidae) para controlar *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) en Yaritagua Venezuela. *Agronomía Tropical, Maracay*, v. 39, n. 1–3, p. 45–61, 1989.
- HERNÁNDEZ, D.; FERRER, F.; LINARES, B. Introducción de *Telenomus remus* Nixon (Hym.: Scelionidae) para controlar *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) en Yaritagua Venezuela. *Agronomía Tropical, Maracay*, v. 39, n. 1–3, p. 45–61, 1989.
- HOFFMANN, M.; ODE, P.R.; WALKES, L.; GARDNER, J.; VAN NOUHUYS, S. & SHELTON, A.M. 2001. Performance of *Trichogramma astrinia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on factitious host, including the target host, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Biological Control*, v.21, n.1, p. 1-10, 2001. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0912>.
- HOFFMANN-CAMPO, B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SASA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Embrapa Soja. Circular Técnica, 30. Londrina. P. 70. 2000.
- HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in genneral parametric models. *Biometrical Journal, German*, v .50, p. 346–363, 2008.
- HUANG, Y. B.; CHI, H. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. *Insect Science, Elmsford*, v. 19, n. 2, p. 263-273, 2012.
- KANNAN, K. K. The mass rearing of the egg parasites of the sugarcane moth borer in Mysore (Preliminary experiment). *Journal of Mysore Agricultural Experiments*, v. 12, p. 57–61, 1931.
- KARSHOLT, O.; NIELSEN, O. S. Revised checklist of the Lepidoptera of Denmark Lepidopterologisk Forening, Copenhagen (DK), p. 120, 2013.
- KENIS, M; DU PLESSIS H; VAN DEN BERG J; BA MN; GOERGEN G; KWADJO KE; BAOUA I; TEFERA T; BUDDIE A; CAFÀ G, et al. *Telenomus remus*, a Candidate Parasitoid for the Biological Control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already Present on the Continent. *Insects*. 2019; 10(4):92.
- KUMAR, D.A.; PAWAR, A.D; DIVAKAR, B.J. Mass multiplication of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) on *Corcyra cephalonica* Stainton (Lepidoptera: Galleridae). *Journal of Advanced Zoology, Gorakhpur*, v. 7, p. 21-23, 1986.
- LEPPLA, N. C.; ADAMS, F. *Insect mass-rearing technology, principles and applications*. p. 20, 1987.
- LI, C. C. *Population Genetics*. Chicago: University of Chicago Press, p. 366, 1955.

LIAO, Y. L.; YANG, B.; XU, M.; LIN, W.; WANG, D.; CHEN, K-W.; CHEN, H-T. First report of *Telenomus remus* parasitizing *Spodoptera frugiperda* and its field parasitism in southern China. **Journal of Hymenoptera Research**, Sofia-Bulgaria, v. 93, p. 95–102, 2019.

LINARES, B. Farm family rearing of egg parasites in Venezuela. *Biocontrol News & Information*. Dordrecht v. 19, n. 76, 1998.

LUGINBILL, P. The fall army worm. *Technical Bulletin of the United States Department of Agriculture*, v. 34, p. 1–91, 1928.

MIRANARANJO-GUEVARA, N.; SANTOS, L. A. O.; BARBOSA, N. C. C. P.; CORRÊA - CASTRO, A. C. M.; FERNANDES, O. A. Long-term mass rearing impacts performance of the egg parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae). *Journal of Entomological Science*, v. 55, n. 1, 2020.

MIRANDA, J. E. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros. Circular técnica 131. Embrapa. Campina Grande, 2010.

MIRANDA, J. E.; RODRIGUES, S. M. M.; SILVA, C. A.; ALMEIDA, R. P.; RAMALHO, F. S. Guia de Identificação de Pragas do Algodoeiro. 1 edição, Embrapa Algodão, Campina Grande, p. 69, 2015.

MOLINA-OCHOA, J.; 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*, Gainesville, v. 86, n. 3, p. 254-289, 2003.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; SOUSA-SILVA, J. C.; PAULA-MORAES, S. V.; PETERSON, J. A.; HUBT, T. E. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas, *African Entomology*, Pretoria, v. 26 m. 2, p. 286-300, 2018.

MONTEZANO, D. G.; SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROQUE-SPECHT, V. F.; BARROS, N. M. Immature stages of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae): Developmental parameters and host plants. *Journal of Insect Science*, Oxford, v. 14, n. 238, p. 1–11, 2014.

MORAL, R. A., HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Half-normal plots and overdispersed models in R: The hnp package. *Journal of Statistical Software*, Áustria, v. 81, p. 1–23, 2017.

MORALES, J.; GALLARDO, J. S.; VÁSQUEZ, C.; RIOS, Y. Patrón de emergencia, longevidad, parasitismo y proporción sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) com relación al cogollero del maíz. *Bioagro*, Barquisimeto, v. 12, n. 2, p. 47–54. 2000.

MUJICA, N.; WHU, M. Biological control in Peru. In: van LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P.; LUNA, M. G.; COLMENAREZ, Y. C. *Biological control in Latin America and the Caribbean: its rich history and bright future*. Wallingford: CABI. Chap. 25, p. 369-389. 2020.

NAGARKATTI, S. & H. NAGARAJA. 1978. Experimental comparison of laboratory reared vs. wild-type *Trichogramma confusum* [Hym.: Trichogrammatidae]. i. Fertility, fecundity and longevity. *Entomophaga* 23: 129–136.

NASREEN, A.; GILLESPIE, D.R.; MUSTAFA, G. Graphical Marginal Analysis of the Economics of Natural Enemy Production: An Example Using a Pilot Mass Rearing System for Green Lacewing. *Biological Control*, v.57, n.1, p. 44-49, janeiro/2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.01.003>.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society, London*, v. 135, p. 370–384. 1972.

NIXON, G. E. J. Some Asiatic *Telenominae* (Hymenoptera: Proctotrupeoidea). *Department of Entomology British Museum (Natural History)*. p. 444–475, 1937.

NORRIS, R.; CASWELL, E.; KOGAN, M. *Concepts in Integrated Pest Management*. Prentice Hall, New York, 2002.

OKUMA, D. M. Bases genéticas e moleculares da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a spinosad. 2015. 104p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Entomologia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

OLIVEIRA, R. C.; CARNEIRO, T. R.; FERNANDES, O. A. Criação de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). In: DE BORTOLI, S.A.; BOIÇA Jr., A.L.; OLIVEIRA, J.E.M. (Ed.). *Agentes de controle biológico: metodologias de criação, multiplicação e uso*. Jaboticabal: Funep, p.151- 166, 2006.

PARRA, J. R. P. Comercialização de inimigos naturais no Brasil: uma área emergente. In: PARRA, J. R.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, S.; BENTO, J. M. S. (eds.). *Controle Biológico no Brasil, Parasitoides e Predadores*, Manole, São Paulo, p. 343-349, 2002.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Ephestia kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: J. R. P. PARRA & R.A. ZUCCHI (eds.). *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. FEALQ, Piracicaba, p. 121–150, 1997.

PARRA, J. R. P.; COELHO, A.; CUERVO-RUGNO, J. B.; GARCIA, A. G.; MORAL, R. DE A.; SPECHT, A.; DOURADO NETO, D. Important pest species of the *Spodoptera* complex: Biology, thermal requirements and ecological zoning. *Journal of Pest Science*, Germany, 2021.

PARRA, J. R. P.; COELHO-JUNIOR, A.; GEREMIAS, L. D.; BERTIN, A.; RAMOS, C. J. Criação de *Anagasta kuehniella*, em pequena escala, para produção de *Trichogramma*. 1. ed. Piracicaba: Occasio, 1ª ed, p. 32, 2014.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. *Neotropical Entomology, Londrina*, v. 33, n. 3, p. 271–281, 2004.

PARRA, J.R.P & CÔNSOLI, F.L. Criação massal e controle de qualidade de parasitoides de ovos. In: BUENO, V.H.P (eds.). Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade. UFLA, p. 169-198, 2009.

PAULA, P. H. A criação de *Telenomus remus* Nixon em laboratório, no seu hospedeiro natural, por gerações sucessivas, altera sua qualidade para o controle biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 2020. 29 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia agrônômica). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2020.

PEDRASI, T.C. & PARRA, J.R.P. Técnica de criação e determinação das exigências térmicas de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae). In: congresso brasileiro de entomologia. Sociedade Entomológica do Brasil, Rio de Janeiro, v.10, p. 227, 1986.

POGUE, G. M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). Memorial Entomological Society of America, Philadelphia, v. 43, 202 p., 2002.

POMARI, A.F., BUENO, A.D.F., BUENO, R.C.O.D.F., JUNIOR, M., DE OLIVEIRAS, A., FONSECA, A.C.P.F. Releasing number of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Platygasteridae) against *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in corn, cotton and soybean. Ciência Rural, v. 43, p.377-382, 2013.

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, Knoxville, v. 105, n.1, p. 72-81, jan. 2012. <https://doi.org/10.1603/AN11115>.

POMARI-FERNANDES, A., BUENO, A.F., QUEIROZ, A.P., DE BORTOLI, S.A. Biological parameters and parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on natural and factitious hosts for successive generations. African Journal of Agricultural Research, v. 10, p. 3225-3233. 2015.

PRATISSOLI, D. & PARRA, J. R. P. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, p. 1281-1288, 2000.

PRATISSOLI, D.; PEREIRA, F. F.; BARROS, R.; PARRA, J. R. P.; PEREIRA, C. L. T. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos de traça-das-crucíferas sob diferentes temperaturas. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n. 4, p. 754-757, 2004.

PREZOTTI, L.; PARRA, J. R. P.; VENCOVSKY, R.; DIAS, C. T dos S.; CRUZ, I.; CHAGAS, M. C. M. Teste de vôo como critério de avaliação da qualidade de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae): Adaptação de metodologia. Neotropical Entomology, Londrina, v. 31, p. 411–418, 2002.

PREZOTTI, L.; PARRA, J. R. P.; VENCOVSKY, R.; DIAS, C. T.; CRUZ, I.; CHAGAS, M. C. M. Teste de voo como critério de avaliação da qualidade de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae): adaptação de metodologia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 3, p.411-417, 2002.

QUEIROZ, A. P.; BUENO, A. F.; FERNANDES, A. P.; BRAZ, E. C.; SILVA, G.V.; SILVA, D. M.; GRANDE, M. L. M. Controle de qualidade de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) em ovos de *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) por diferentes gerações). X Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, v.10, n.359, p. 256-264, 2015.

QUEIROZ, A. P.; BUENO, A. F.; POMARI-FERNANDES, A.; BORTOLOTTI, O. C.; MIKAMI, A. Y. & OLIVE, L. Influence of host preference, mating, and release density on the parasitism of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera, Platygasteridae). Revista Brasileira de Entomologia. v. 61, n. 1. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.12.004>.

QUERINO, R.; ZUCCHI, R. A. Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil. 2a ed. [s.l.] Embrapa, 103 p., 2012.

RORIZ, V.; OLIVEIRA, L.; & GARICA, P. Host suitability and preference studies of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biological Control, v.36, n. 3, p. 331-336, março/2006. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.09.002>.

ROSA, A. P. A.; TRECHA, C. O.; ALVES, A.C; GARCIA, L.; GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em linhagens de milho. Arquivos do Instituto Biológico. São Paulo, v. 79, n. 1, p. 39–45, 2012.

RUKMOWATI-BROTODJOJO, R.R.; WALTER, R.R. Oviposition and reproductive performance of a generalist parasitoid (*Trichogramma pretiosum*) exposed to host species that differ in their physical characteristics. Biological Control, v. 39, n. 3, p. 300-312, dezembro/2006.

SALAZAR-MENDOZA P, PERALTA-ARAGÓN I, ROMERO-RIVAS L, SALAMANCA J, RODRIGUEZ-SAONA C (2021) The abundance and diversity of fruit flies and their parasitoids change with elevation in guava orchards in a tropical Andean Forest of Peru, independent of seasonality. PLoS ONE 16(4): e0250731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250731>.

SANTOS, K. B.; MENEGUIM, A. M. E NEVES, P. M. O. J. Biologia de *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) em Diferentes Hospedeiros. Neotropical Entomology, Londrina, v. 34, n. 6, p. 903-910. 2005.

SANZOVO, A.W.; POMARI, A.F; BUENO, A.F; QUEIROZ, A.P.; BARBOSA, G.C.; BORTOLOTTI, O.C.; STOPA, Y.C.; BRAGA, K. Capacidade de Vôo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) criado em hospedeiro natural e alternativo. VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja v. 8, n. 339, p. 25-28, 2013.

SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. Bioscience Journal, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.

SORENSEN, J.G.; ADDISON, M.F.; TERBLANCHE, J.S. Mas-rearing of insects for pest management: challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. Crop Protection, v. 38, p. 87-94, Mar. 2012.

SPECHT, A.; ROQUE-SPECHT, V. F. Biotic potential and reproductive parameters of *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in the laboratory. *Brazilian Journal of Biology*, v. 79, n. 3, p. 488–494, 2019.

SPECHT, A.; ROQUE-SPECHT, V. F. Immature stages of *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae): Developmental parameters and host plants. *Zoologia*, Curitiba, v. 33, n. 4, p. 1–10, 2016.

STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Uso da radiação ultravioleta para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (zeller, 1879) visando estudos com *Trichogramma* spp. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, Itabuna, v. 16, n. 1, p. 229–331, 1987.

TEODORO, A. V.; PROCÓPIO, S. de O.; BUENO, A. de F. B.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; CARVALHO, H. W. L. de; NEGRISOLI, C. R. de C. B.; BRITO, L. F.; GUZZO, E. C. *Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae): novas pragas de cultivos da região Nordeste. *Embrapa Tabuleiros Costeiros*, n. 131, 7 p. 2013.

VALICENTE, F. H. Manejo Integrado de Pragas na Cultura do Milho. Circular técnico 208. EMBRAPA. Sete Lagoas, MG, 2015.

van LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, Dordrecht, v. 57, n. 1, p. 1–20, 2012.

van LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, Dordrecht, v. 57, n. 1, p. 1–20, 2012.

van LENTEREN, J.C. Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures. CABI, Wallingford, p. 327, 2003. <https://doi.org/10.1079/9780851996882.0000>.

van LENTEREN, J.C. Quality control of natural enemies: hope or illusion. In: BIGLER, F. (Eds.). *Proceedings of the 5th workshop of the global iobc working group quality control of mass reared organism*. The Netherlands, Wageningen, p. 1-14, 1991.

VARELLA, A. C.; MENEZES-NETTO, A. C.; SOUZA ALONSO, J. D.; CAIXETA, D. F.; PETERSON, R. K.; FERNANDES, A. O. Mortality dynamics of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) immatures in maize. *Plos One*, v. 10, n. 637, p.12, 2015.

VASQUEZ, C.; FERRER, F.; COLMENAREZ, Y. C.; MORALES, S. J. Biological control in Venezuela. In: van LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P.; LUNA, M. G.; COLMENAREZ, Y. C. *Biological control in Latin America and the Caribbean: its rich history and bright future*. Wallingford: CABI. Chap. 31, p. 457-472, 2020.

WAQUIL, J.M. Manejo fitossanitário e ambiental: milho transgênico Bt e resistência das plantas ao ataque da lagarta-do-cartucho. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/manfito/index.htm. Acesso em: 22 de fev. 2021.

WENGRAT, A. P. G. S.; COELHO JUNIOR, A.; PARRA, J. R. P.; TAKAHASHI, T. A.; FOERSTER, L. A.; CORRÊA, A. S.; POLASZEK, A. J.; NORMAN F.; COSTA, V. A. Integrative taxonomy and phylogeography of *Telenomus remus* (Scelionidae), with the first record of natural parasitism of *Spodoptera* spp. in Brazil. *Scientific Reports*, v. 11, n. 1, p. 9, 2021.

WORDELL-FILHO, J. A.; RIBEIRO, L. P.; CHIARADIA, L. A.; MADALÓZ, J. C.; NESI, C. N. Pragas e doenças do milho diagnose, danos e estratégias de manejo. Boletim técnico Nº 170. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. ISSN 0100-7416.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Immature stages of *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 99–107, 2007.