

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRIAÇÃO DE *Telenomus remus* NIXON (1937)  
(HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE): SELEÇÃO DE  
INSETOS E AVALIAÇÃO DE ALIMENTIOS PARA  
ADULTOS**

**Mariana Bonifácio Amancio**

Engenheira Agrônoma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRIAÇÃO DE *Telenomus remus* NIXON (1937)  
(HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE): SELEÇÃO DE  
INSETOS E AVALIAÇÃO DE ALIMENTOS PARA  
ADULTOS**

**Mariana Bonifácio Amancio**

**Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes**

**Coorientador: Dr. Ivan Cruz**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

Amancio, Mariana Bonifácio

A484c Criação de *Telenomus remus* NIXON (1937) (Hymenoptera: Atygastridae ): seleção de insetos e avaliação de alimentos para adultos  
Mariana Bonifácio Amancio. -- Jaboticabal, 2017

x, 78 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Odair Aparecido Fernandes

Banca examinadora: Sandra Regina Magro, Guilherme Duarte Rossi

Bibliografia

1. Capacidade de voo. 2. Lagarta do cartucho. 3. Vigor do inseto. 4. Parasitismo. 5. Alimentação de insetos. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.79:631.95

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: CRIAÇÃO DE *Telenomus ronus* NIXON (1937) (HYMENOPTERA :  
PLATYGASTRIDAE) : SELECÇÃO DE INSETOS E AVALIAÇÃO DE  
ALIMENTOS PARA ADULTOS

AUTORA: MARIANA BONIFÁCIO AMANCIO

ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES

COORIENTADOR: IVAN CRUZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA  
(ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Pesquisadora Dr. SANDRA REGINA MAGRO  
Koppell, Brasil / Piracicaba/SP



Prof. Dr. GUILHERME DUARTE ROSSI  
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de maio de 2017.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**MARIANA BONIFÁCIO AMANCIO** - nascida em 22 de fevereiro de 1990, na cidade de Curvelo, Estado de Minas Gerais, filha de Geraldo Amancio de Oliveira e de Tânia Maria Bonifácio Amancio. Iniciou os estudos na cidade de Curvelo, MG, onde concluiu o ensino médio em 2007. Em 2009, ingressou no curso de Engenharia Agrônoma na Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), na cidade de Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais. Obteve o título de Engenheira Agrônoma em dezembro de 2014. Em março de 2015 iniciou o mestrado em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), na cidade de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e desenvolveu o projeto da dissertação na linha de pesquisa em Entomologia Agrícola, sob orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes.

*“Conceda-me, Senhor, a serenidade necessária  
para aceitar as coisas que não posso mudar,  
coragem para mudar aquelas que posso  
E a sabedoria para distinguir uma da outra.”  
(Oração da Serenidade)*

## ***DEDICO***

Aos meus pais e familiares, pelo esforço que realizaram para que eu pudesse estudar. Ao meu marido Samuel, pela força, compreensão, amor e amizade.

## ***HOMENAGEIO***

O meu marido Samuel, pelo incentivo e confiança dispensados durante todo o tempo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a **Deus** pela minha vida, e por estar sempre presente em meu caminho em todos os momentos.

Ao professor **Dr. Odair Aparecido Fernandes** pela valiosa orientação na minha carreira profissional, pelos conhecimentos fornecidos e importante colaboração na condução, desenvolvimento e finalização deste trabalho, e acima de tudo, pela amizade e confiança.

Ao pesquisador **Dr. Ivan Cruz** pela coorientação, sempre fornecendo conhecimentos, principalmente com palavras de incentivo e amizade durante a condução deste trabalho.

Às professoras **Nilza Maria Martinelli** e **Adriana C. Morales e Castro**, pela contribuição dada para aprimoramento da primeira versão do trabalho. Ao professor **Dr. Guilherme Duarte Rossi** e a Dra. **Sandra Magro** pelas contribuições realizadas durante a apresentação da tese.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** (CAPES), pela concessão da Bolsa de Mestrado e ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Entomologia Agrícola, pela oportunidade e apoio.

À **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária** (EMBRAPA), em especial ao Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) pelo apoio durante todo o desenvolvimento de meus experimentos. Particularmente, gostaria de agradecer os funcionários **Geraldo Magela da Fonseca**, **Márcio da Costa Teodoro**, **Izaías Tadeu Barbosa Duarte**, **Antônio Eustáquio Alves** e as colegas de laboratório (nomes) que se tornaram grandes amigas, e em especial a Dra. **Ana Carolina Maciel Redoam** que me auxiliou sempre que necessário.

Ao **Laboratório de Ecologia Aplicada** (ApecoLab), pelo auxílio inicial.

Ao **Departamento de Fitossanidade** pela estrutura fornecida.

Aos professores do Departamento de Fitossanidade pelas disciplinas



ministradas, conselhos, amizade e ensinamentos transferidos durante esta caminhada.

A todos os amigos da pós-graduação que de alguma forma ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, principalmente a **Amanda Jardim**, pelos momentos de descontração, companhia e afeição, esta amizade eu vou levar por toda a vida.

E a todos os que não foram mencionados, mas que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

***Muito obrigada...***

## SUMÁRIO

## Página

SUMÁRIO .....	i
LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. Introdução .....	1
2. Revisão bibliográfica .....	1
2.1. Gênero <i>Spodoptera</i> .....	4
2.1.1. <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	4
2.1.1.1. Origem e danos .....	4
2.1.1.2. Características morfológicas e ciclo de vida .....	4
2.1.1.2.1. Ovo .....	5
2.1.1.2.2. Lagarta.....	5
2.1.1.2.3. Pupa.....	6
2.1.1.2.4. Adulto.....	7
2.1.1.3. Formas de controle .....	7
2.2. <i>Telenomus remus</i> .....	8
2.2.1. Origem e distribuição geográfica .....	8
2.2.2. Aspectos ecológicos .....	9
2.2.3. Aspectos morfológicos .....	9
2.2.3.1. Cabeça.....	10
2.2.3.2. Tórax.....	10
2.2.3.3. Abdome.....	10
2.2.4. Aspectos biológicos.....	11
2.3. Criação massal de parasitoides.....	11
2.4. Influência da alimentação sobre o desempenho dos parasitoides.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1. Criação de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	18
3.2. Criação de <i>Telenomus remus</i> .....	18
3.3. Seleção artificial de <i>Telenomus remus</i> voadores dentro da criação .....	19

3.3.1. Caracteres morfométricos .....	23
3.3.2. Caracteres biológicos .....	24
3.3.2.1. Razão sexual .....	24
3.3.2.2. Teste de voo .....	25
3.3.2.3. Capacidade de parasitismo .....	27
3.4. Influência da alimentação de adultos na biologia de <i>Telenomus remus</i> .....	27
3.5. Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS .....	31
4.1. Seleção artificial de <i>Telenomus remus</i> voadores dentro da criação .....	31
4.1.1. Caracteres morfométricos .....	31
4.1.2. Aspectos biológicos .....	34
4.1.2.1. Razão sexual.....	34
4.1.2.2. Teste de voo.....	34
4.1.2.3. Capacidade de parasitismo .....	34
4.2. Influência da alimentação de adultos na biologia de <i>Telenomus remus</i> .....	39
5. DISCUSSÃO .....	41
5.1. Seleção artificial de <i>Telenomus remus</i> voadores dentro da criação .....	41
5.1.1. Caracteres morfométricos .....	41
5.1.2. Caracteres biológicos .....	44
5.2. Influência da alimentação sobre o desempenho dos parasitoides .....	48
5.3. Conclusões.....	52
5.4. Referências .....	53

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Fontes de alimentos ofertadas a fêmeas de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) durante o teste de influência da alimentação sob biologia do parasitoide e suas respectivas origens..... 28
- Tabela 2. Comprimento e largura da asa (mm) ( $\pm$ EPM) de fêmeas e machos do parasitoide de ovos *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) submetido ou não a seleção por 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). ..... 32
- Tabela 3. Tamanho da tíbia posterior direita e comprimento do corpo (mm) ( $\pm$ EPM) de fêmeas e machos do parasitoide de ovos *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) submetido ou não a seleção por 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae)..... 33
- Tabela 4. Razão sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) ( $\pm$ EPM) submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). ..... 35
- Tabela 5. Porcentagem de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) ( $\pm$ EPM) classificados como caminhadores e voadores durante o teste de voo após serem submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). ..... 36
- Tabela 6. Razão sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) ( $\pm$ EPM) classificados como caminhadores e voadores durante o teste de voo após serem submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). ..... 37

Tabela 7. Teste de longevidade de fêmeas *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) alimentadas ou provadas de alimentação, número de descendentes (dias) e razão sexual da prole ( $\pm$ EPM) após serem submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepdoptera: Noctuidae). ..... 38

Tabela 8. Longevidade (dias), razão sexual e número de descendentes ( $\pm$  EPM) de fêmeas de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) submetidas a diferentes fontes de alimento. .... 40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Montagem do experimento denominado Sem seleção. A) confecção da cartela com posturas frescas de *Spodoptera frugiperda* (>24hs) fixadas com cola branca atóxica B) introdução da cartela ao frasco para o parasitismo sem nenhum tipo de barreira da mesma forma que ocorre nas criações massais. Como fonte de alimento, ofereceu-se uma gotícula de mel disposta na parte interna do frasco com auxílio de um estilete. .... 20

Figura 2. Montagem do experimento denominado Com seleção. A) Cartela com posturas frescas de *Spodoptera frugiperda* (>24hs) fixada com cola branca atóxica, a cartela se encontra fixada em um palito de picolé B) Fixação da cartela 'a tampa do fresco por meio de uma gota de cola quente, a postura encontra-se rodeada por tiras de armadilha adesiva amarela para promover o parasitismo apenas de parasitoides voadores C) cartela exposta ao parasitismo de insetos voadores, como fonte de alimento, ofereceu-se uma gotícula de mel disposta na parte interna do frasco com auxílio de um estilete. ....22

Figura 3. Caracteres morfométricos avaliados durante o experimento de seleção de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) durante a criação massal.....24

Figura 4. Etapas da montagem do teste de voo de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) ..... 26

**CRIAÇÃO DE *Telenomus remus* NIXON (1937) (HYMENOPTERA:  
PLATYGASTRIDAE): SELEÇÃO DE INSETOS E ALIMENTAÇÃO PARA  
ADULTOS**

**RESUMO** - A criação de insetos em laboratório é de fundamental importância na obtenção de material biológico puro e de qualidade para a realização de estudos entomológicos básicos ou aplicados, além do controle da praga em campo. Portanto, o objetivo desse trabalho foi promover a seleção de *Telenomus remus* voadores durante a criação massal em laboratório e comparar os padrões morfométricos e características biológicas ao longo de 15 gerações, assim como a influência de diferentes fontes de alimento na biologia do parasitoide, visando a produção massal de insetos de melhor desempenho a campo. Cartelas contendo posturas de *Spodoptera frugiperda* foram ofertadas a aproximadamente 1000 parasitoides de duas formas: sem nenhuma dificuldade de acesso ao hospedeiro e cartelas suspensas de forma que os insetos que não voavam não acessariam a cartela. A cada 5 gerações realizou-se medição dos padrões morfométricos e avaliação dos caracteres biológicos (razão sexual, teste de voo e capacidade de parasitismo). Fêmeas e machos adultos de *T. remus* submetidos ao teste de seleção de voadores não tiveram seus padrões morfométricos afetados significativamente pelos tratamentos (seleção e sem seleção) no comprimento e na largura da asa anterior direita. Fêmeas submetidas à seleção apresentaram tibia maior na 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> geração, enquanto os machos não apresentaram qualquer variação significativa no tamanho da tibia ou do corpo. Para a análise de razão sexual e porcentagem de parasitoides caminhadores e voadores não houve diferença significativa entre insetos submetidos ou não à seleção de voadores. Também se avaliou a influência da alimentação (água, mel, fonte de proteína Bio Anastrepha® e pólen de milho isoladamente ou em conjunto com os demais componentes). As fontes de alimento foram disponibilizadas desde a emergência até a morte das fêmeas acasaladas, que foram mantidas individualmente em tubos de vidro. Para avaliação da capacidade de parasitismo, uma postura de *S. frugiperda* (<24h) foi oferecida por 24 h. Esta postura foi substituída diariamente até a morte da fêmea. As posturas parasitadas foram transferidas para novos tubos até a emergência dos parasitoides. As avaliações ocorreram logo após a morte natural de todos os descendentes. Com isso, determinou-se a longevidade da fêmea, razão sexual da prole e a taxa de parasitismo acumulado. As fêmeas que receberam mel apresentaram maior longevidade e eficiência no parasitismo. Neste tratamento também houve maior produção de fêmeas. Assim, o mel é a fonte mais adequada para a criação massal de *T. remus*. Ainda, O pólen de milho afetou significativamente a razão sexual de *T. remus*. A fonte de proteína influenciou negativamente em todos os quesitos estudados. Os resultados são importantes tanto para criações de laboratório como aprimoramento do programa de controle biológico aplicado a campo.

**Palavras chave:** Capacidade de voo, lagarta-do-cartucho, vigor de inseto, parasitismo, alimentação de insetos.

***Telenomus remus* NIXON (1937) (HYMENOPTERA: PLATYGASTRIDAE)**  
**MASS REARING: INSECTSELECTION AND**  
**ADULT FEEDING**

**ABSTRACT** - The insect rearing in the laboratory is of fundamental importance when the objective is to obtain pure and quality biological material to perform basic or applied entomological studies, besides the control of the pest in the field, therefore the objective of this work was to promote Selection of flying *Telenomus remus* during mass rearing in the laboratory and comparing morphometric patterns and biological characteristics over 15 generations, as well as the influence of different food sources on the biology of the parasitoid under study, aiming the mass production of insects of better performance To field and of satisfactory nutrition. Cartels containing *Spodoptera frugiperda* postures were offered to approximately 1000 parasitoids in two ways: without any difficulty of access to the host and hanging cards so that insects that did not fly would not access the card. Every 5 generations, measurements of morphometric patterns and evaluation of biological characteristics (sexual ratio, flight test and parasitism capacity) were performed. Females and adult males of *T. remus* submitted to the flight selection test did not have their morphometric patterns significantly affected by the treatments (selection and without selection) on the length and width of the right anterior wing. Females submitted to the selection presented higher tibia in the 10th and 15th generation. The treatments did not significantly influence the size of the tibia, nor in the body of the males. For the analysis of sex ratio, and percentage of parasitoids, walkers and flyers there was no significant difference between insects submitted or not to the selection of flying, however, there was variation in the values in relation to the generations. The influence of feed (water, honey, Bio Anastrepha® protein source and maize pollen alone or in combination) was also evaluated. The food sources were available from emergence to death of mated females, which were kept individually in glass tubes. To evaluate the parasitism capacity, an egg mass of *S. frugiperda* (<24h) was offered for 24 h. This egg mass was replaced daily until the death of the female. The parasitized egg masses were transferred to new tubes until the emergence of the parasitoids. Assessments occurred shortly after the natural death of all descendants. Thus, the female's longevity, offspring sex ratio, and cumulative parasitism rate were determined. The females that received honey showed higher longevity and efficiency in parasitism. In this treatment there was also greater production of females. Thus, honey is the most adequate source for mass rearing *T. remus*. Maize pollen significantly affected the *T. remus* sexual ratio. The protein source influenced negatively all the studied parameters. The results are important for laboratory insect rearing as well as enhancement of in-field applied biological control program.

**Keywords:** Flight capacity, fall armyworm, insect vigour, parasitism, insect feeding.



## 1. Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor de milho (*Zea mays*) e foi responsável pela produção de 81,0 milhões de toneladas em 2015/16, enquanto que os Estados Unidos 366,54 milhões de toneladas desse cereal durante a safra de 2016/17. A produção mundial chegou a 1040,2 milhões de toneladas, enquanto que o consumo mundial foi estimado em 1033 milhões de toneladas (USDA, 2017). A cultura do milho ocorre em praticamente todo o mundo e, apesar da alta produção, este cultivo sofre ataque de diversas espécies de insetos desde o plantio até a época de colheita, entretanto, na América do Sul, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) também conhecida como lagarta-do-cartucho, é a praga que com maior frequência atinge o nível de dano econômico (GRUTZMACHER, MARTINS e CUNHA; 2000).

A lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* é uma das principais pragas das Américas. Possui grande facilidade de dispersão, permanência e abundância das populações em campo. Este inseto ataca plantas de culturas importantes como arroz, milho, sorgo, cana de açúcar, soja e algodão, além de ter outros hospedeiros (GARCÍA-ROA et al., 2002). Devido às condições climáticas favoráveis, a diversificação e disponibilidade de plantas hospedeiras durante todo o ano, esta praga é encontrada em praticamente todos os estados brasileiros (WAQUIL, 2007).

Em consequência do hábito alimentar da praga, que apresenta capacidade de ataque em todas as fases de desenvolvimento do milho, a redução do rendimento dos grãos pode variar de 17,7 a 55,6% (SARMENTO et al., 2002; CRUZ, 2008). Já Hruska e Gould (1997) verificaram queda de produção de grãos próximo a 73% em casos de ataques intensos. Nas situações de ocorrências tardias, as larvas podem atacar as espigas, destruir os grãos e os colmos, favorecendo a ocorrência de patógenos causadores de podridão (VALICENTE e TUELHER, 2004).

No Brasil, os gastos com controle nessa cultura podem superar US\$ 400 milhões/ano sendo que a principal estratégia adotada é a utilização de produtos químicos (CRUZ et al., 2010). O uso exclusivo desses produtos pode causar efeitos negativos como o desenvolvimento de populações resistentes e contaminação ambiental (DIEZ-RODRIGUEZ e OMOTO, 2001).

Assim, a adoção do controle biológico tem se tornado uma alternativa desejável tanto para a segurança alimentar quanto no que se refere a contaminação ambiental. O controle biológico aplicado surgiu como uma alternativa ao uso de pesticidas químicos, diante da necessidade de manter as pragas em níveis abaixo daqueles que causariam danos econômicos, além de gerar opções de controle

ecologicamente corretas garantindo assim uma produção agrícola sustentável (DeBACH, 1964). Os parasitoides de ovos se destacam entre os inimigos naturais, por apresentar boa capacidade de busca e causar a morte da praga antes mesmo que ela cause qualquer tipo de dano a planta (FIGUEIREDO, DELLA LUCIA e CRUZ, 1999). Os parasitoides de ovos também apresentam um potencial biótico mais elevado em comparação com os predadores, já que são mais especializados em relação à estrutura, especificidade pelo hospedeiro, além das características biológicas (ODUM, 1988). O sucesso de um inimigo natural encontra-se fortemente relacionado à sua habilidade em encontrar a presa ou o hospedeiro (GAZIT, LEWIS e TUMLINSON, 1996).

De acordo com Wojcik, Whitcomb e Habech (1976), *Telenomus remus* NIXON (1937) (Hymenoptera: Platygasteridae) tem se destacado dentre os parasitoides de ovos. Este parasitoide tem preferência por ovos de Noctuidae, entretanto, ovos de espécies de lepidópteros da família Pyralidae e Arctiidae também podem ser parasitados (CAVE, 2000). Diversos países da América do Sul e Central estão fazendo uso de liberações deste parasitoide, já que apresenta bom desempenho no controle da lagarta-do-cartucho, principalmente na cultura do milho (CAVE, 2000; VAN LENTEREN e BUENO, 2003). Este inseto pode causar até 90% de parasitismo em ovos de *S. frugiperda*, com a liberação de 5.000 a 8.000 parasitoides/ha (GAZIT, LEWIS e TUMLINSON, 1996).

Além da vantagem de evitar que a praga provoque qualquer tipo de dano a planta hospedeira, os parasitoides também apresentam a grande vantagem da fácil criação em larga escala, sendo, portanto disponíveis comercialmente em vários países, inclusive no Brasil, podendo ser adquiridos em biofábricas (CRUZ, 2008). Objetivando suprir a demanda de produção de inimigos naturais em larga escala, os laboratórios de criação de insetos visam a produção de grande número de agentes de controle biológico; entretanto, a criação massal em laboratório por longos períodos afeta a atividade e o vigor dos parasitoides, por conseguinte a eficácia do controle biológico (VAN LENTEREN, 2003). Segundo Pratissoli (2004), a criação de parasitoides por sucessivas gerações prejudica a capacidade de localização, parasitismo e emergência, da mesma forma que a alimentação oferecida aos insetos no processo de criação pode afetar o desempenho.

Dessa forma, o objetivo do estudo foi promover a seleção de *T. remus* em ambiente de criação massal, permitindo que apenas insetos voadores tivessem acesso ao hospedeiro, assim como avaliar a influência de diferentes fontes de alimento na biologia do parasitoide em estudo, visando a produção massal de insetos de melhor desempenho a campo. As hipóteses estabelecidas foram as

seguintes: a) acesso exclusivo de insetos que alçam voo ao hospedeiro garante melhoria do desempenho da prole e, conseqüentemente, do controle biológico e b) insetos alimentados com fonte protéica ou energética apresentam melhor desempenho.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Gênero *Spodoptera*

O gênero *Spodoptera* Guenée, 1852 (Lepdoptera: Noctuidae) compõe-se de trinta espécies de distribuição cosmopolita, concentradas em locais de clima quente, com distribuição frequente em regiões tropicais e subtropicais. Entretanto, algumas espécies ocorrem nos dois hemisférios e ocorrem também em regiões temperadas (SANTOS et al. 2004). De acordo com Pogue (2002), das 30 espécies do gênero *Spodoptera* descritas, metade é classificada como praga de culturas de interesse econômico.

#### 2.1.1. *Spodoptera frugiperda*

##### 2.1.1.1. Origem e danos

*Spodoptera frugiperda* tem origem nas zonas tropicais e subtropicais das Américas; entretanto, podem ser encontradas nas zonas temperadas do continente norte americano durante a primavera e verão (SANTOS et al., 2004). Esta espécie foi reconhecida pela primeira vez na Geórgia (EUA), em 1797, sendo nomeada inicialmente como *Phalaena frugiperda*, passando por diversas nomeações até receber o nome atual (POLANCZYK, 2004). No Brasil, as lagartas são conhecidas comumente por “lagarta militar”, “lagarta dos milharais”, “lagarta-do-cartucho”, “lagarta dos capinzais”, “lagarta dos pastos”, “lagarta dos arrozais” e “lagarta das folhas” (CRUZ, 1995; GALLO et al., 2002; BUSATO et al., 2004)

De acordo com, Cruz et al., ainda em 1999, na cultura do milho, *S. frugiperda* representa uma das mais importantes pragas do continente americano, sendo esta responsável por perdas de 15 a 34% da produção agrícola, e prejuízos anuais que podem chegar a 400 milhões de dólares, sendo sua voracidade e presença em todos os estágios da cultura, as características principais características dessa praga. Além da cultura do milho, o algodão, soja, tomate e tabaco também apresentam registros de perdas significativas causadas pela lagarta-do-cartucho (ANDREWS, 1980).

Lesões às plantas são causadas pela fase imatura do inseto. Lagartas neonatas causam injúrias semelhantes à raspagem, contudo, quando desenvolvidas, fazem furos e podem danificar as folhas ainda em desenvolvimento, acarretando na destruição parcial ou total do cartucho (GALLO et al., 2002). De acordo com Cruz (2008), tanto os locais de ataque, quando os tipos de danos provocados pela lagarta-do-cartucho em milho têm variado bastante. As lagartas de *S. frugiperda* se alimentam principalmente das folhas, mas também podem alimentar-se do colmo, e

em situações de infestações tardias, se alimentam do pendão floral antes da saída do cartucho, ou mesmo os estilos-estigmas podem ser utilizados como fonte de alimento, impedindo, portanto a formação de grãos. Podem também penetrar na espiga e danificar diretamente os grãos. (CRUZ e FIGUEIREDO, 1994; PINTO, PARRA e OLIVEIRA, 2004).

O primeiro surto da lagarta-do-cartucho foi registrado em 1899, quando grande parte dos EUA foi invadida, causando grandes perdas em milho, feijão, arroz, trigo e sorgo. Pouco tempo depois, as culturas de aveia, algodão e pastagens também sofreram ataques severos. Já no Brasil, o primeiro surto foi registrado em 1964 em milho, arroz e pastagens (CRUZ, 1995).

### **2.1.1.2. Características morfológicas e ciclo de vida**

#### **2.1.1.2.1. Ovo**

As posturas são realizadas em camadas sobrepostas, preferencialmente na face abaxial das folhas (ALI, LUTTREL e PITRE, 1990), formando massa de ovos. O ovo apresenta formato circular quando visto de cima, com um diâmetro polar de aproximadamente 0,39 mm e formato oblongo esferoidal quando observado de perfil. A superfície exibe forma esculturada com pontos quadrangulares e retangulares na região central e triangulares nos polos, sendo achatados nos pontos de contato do local de oviposição (CRUZ, 1995). As massas de ovos são recobertas por escamas finas e longas que são secretadas pela fêmea logo após a oviposição. Segundo Cruz e Figueiredo (1994), cada mariposa realiza no máximo treze posturas, que podem variar de trinta a trezentos ovos em média, podendo uma única fêmea depositar até oito posturas em um único dia. A 25°C a fase de ovo tem duração de três dias, com viabilidade próxima a 92%, entretanto, em temperaturas inferiores, o período pode estender-se de 8 a 10 dias (MURÚA e VIRLA, 2004; RUBIN, 2009).

#### **2.1.1.2.2. Lagarta**

Após o período de incubação dos ovos, as lagartas eclodem, podendo apresentar coloração clara, modificando para o pardo escuro, esverdeada ou até mesmo preta. Lagartas recém-eclodidas utilizam o córion dos próprios ovos como alimento; passando depois às folhas novas, que passam a apresentar a injúria típica que apresenta aspecto raspado. Lagartas neonatas tecem fios de seda que tem a função de dispersão e/ou escape dos inimigos naturais. Esta habilidade de tecer fios pode ser observada no segundo e início do terceiro instar. O corpo das lagartas recém-eclodidas apresenta mais pêlos e a cabeça é mais larga em relação ao corpo,

quando comparadas, proporcionalmente, a uma larva completamente desenvolvida. Geralmente a lagarta apresenta-se esbranquiçada antes de se alimentar e esverdeada após a alimentação em plantas cultivadas; entretanto, lagartas que se alimentam de dieta a base de feijão apresentam coloração marrom.

No primeiro instar, uma lagarta mede cerca de 1,90 mm de comprimento e sua cápsula cefálica pode medir até 0,30 mm de largura (CRUZ, 1995). Lagartas de segundo instar apresentam o corpo de coloração esbranquiçada e sombreamento marrom no dorso, podem medir de 3,5 a 4,0 mm e a cápsula cefálica mede aproximadamente 0,4 mm (LEIDRMAN e SAUER, 1953; CRUZ, 1995; ÁVILA, DEGRANDE e GOMEZ, 1997). No terceiro instar, o dorso da lagarta é caracterizado pela coloração marrom-claro a esverdeado, com linhas dorsais e subdorsais brancas bem visíveis. O corpo mede de 6,35 a 6,50 mm e a cápsula cefálica, cerca de 0,74 mm. No quarto instar, a cabeça apresenta-se marrom-avermelhada e dorso marrom escuro, com aproximadamente 10 mm de comprimento e cápsula cefálica em torno de 1,09mm. Lagartas de quinto instar se assemelham as lagartas do quarto instar; entretanto apresentam coloração mais escura, sendo que o corpo apresenta 18 mm de comprimento e a cápsula cefálica 1,80 mm de largura.

No último instar, a lagarta apresenta corpo cilíndrico com três linhas extremamente finas longitudinais de coloração branco amareladas na parte dorsal do corpo. Na parte lateral, abaixo a linha branco amarelada, encontra-se uma linha escura mais larga e logo abaixo desta, outra listra irregular amarela, marcada de vermelho. Nas regiões do sétimo, oitavo e nono segmentos abdominais, o corpo é mais amplo; entretanto, este não é um método confiável de detecção. O corpo mede aproximadamente 35 mm e a cápsula cefálica varia entre 2,7 a 2,78 mm de largura. Larvas de último instar apresentam coloração pardo-escuro, verde ou quase preta, além de um “Y” invertido de coloração amarela na parte frontal da cabeça (pináculo dorsal preta com seta primária longa) (CRUMB, 1956). Como as lagartas de *S. frugiperda* apresentam canibalismo, é comum encontrar apenas uma lagarta por planta. O período larval pode variar de 12 a 30 dias, com ocorrência dentro do cartucho da planta de milho. Quando a lagarta se encontra completamente desenvolvida, ela se dirige ao solo, local onde passa por um período pré-pupa e posteriormente transforma-se em pupa (CRUZ, 1995).

#### **2.1.1.2.3. Pupa**

O período pupal compreende a fase de pré-pupa e a pupa, durante esse período o inseto para de se alimentar, se abriga nos restos culturais ou no solo formando uma câmara pupal onde permanece até a emergência do adulto (GALLO

et al., 2002). Esta fase dura em torno de 8 a 25 dias, dependendo da temperatura ambiente (MIRANDA, 2006). Logo após a formação, a pupa de coloração verde claro exibe o tegumento transparente com as vísceras visíveis. Em poucos minutos, a coloração da pupa muda para alaranjado, mais tarde torna-se marrom avermelhada a quase negra quando próximo à emergência do adulto. Seu comprimento varia de treze a desesseis milímetros, com diâmetro de 4,5 mm (CRUZ, 1995).

#### **2.1.1.2.4. Adultos**

Das pupas emergem as mariposas, com 35 mm de envergadura e corpo acinzentado medindo aproximadamente 15 mm de comprimento. Os machos possuem manchas claras nas asas, que os diferencia das fêmeas; entretanto ambos apresentam coloração clara nas asas posteriores, circuladas por linhas marrons. Os adultos apresentam atividade de voo próximo ao por do sol e acasalamento cerca de duas a quatro horas depois, portanto, não são ativos durante o dia (CRUZ e FUGUEIREDO, 1994; PINTO, PARRA e FIGUEIREDO, 2004).

#### **2.1.1.3. Formas de controle**

O controle da lagarta-do-cartucho, geralmente é realizado a partir de sucessivas aplicações de inseticidas químicos, acarretando no aumento do custo de produção, morte dos agentes de controle e seleção de linhagens de pragas resistentes aos inseticidas, além de causar consequências indesejáveis no que se refere a toxicidade ao homem, meio ambiente e animais (DIEZ-RODRIGUES e OMOTO, 2001). Ainda, desde 2008, o milho geneticamente modificado que expressa proteínas inseticidas (milho Bt) passaram a também ser opção de controle da lagarta-do-cartucho (Embrapa, 2011). Atualmente, o milho representa cerca de 15% da área global cultivada com transgênicos, na Argentina, África do Sul, Canadá, Espanha, EUA e França (James, 2010).

Atualmente há um aumento das pressões políticas e sociais que exigem cada vez mais a melhoria da qualidade de vida. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) representa uma prática mais racional e tem direcionado os agricultores a inserir o controle biológico em suas propriedades. Dentre as várias possibilidades, o controle biológico aplicado ou aumentativo visa o controle da população de pragas pelas liberações inundativas de inimigos naturais. Esta tática tem apresentado boa aceitação por parte dos agricultores, pois o controle biológico atua de forma tão eficiente quanto os agrotóxicos convencionais. Ao contrário da maioria dos inseticidas químicos, o uso de produtos biológicos para o controle de pragas é

compatível com as demais táticas de manejo, preservando os inimigos naturais que se encontram nas áreas agrícolas. Dessa forma, enquadram-se na concepção do MIP, em que o objetivo não é a eliminação total da praga e sim a manutenção da população abaixo do nível econômico (NDE), de forma que a produtividade não seja afetada, aliada a preservação do meio ambiente (PARRA et al., 2002).

Como alternativa para o controle da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, O parasitoide *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) foi introduzido no Caribe e América Latina já que tem alta especificidade pelo complexo *Spodoptera* (CAVE, 2000). Estudos relacionados a biologia, exigências térmicas e capacidade de parasitismo de *T. remus* em ovos de *Spodoptera* spp. demonstraram que o parasitoide age de forma efetiva sobre os ovos depositados em camadas, inclusive, ao contrário de outros parasitoides de ovos, como por exemplo *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (BUENO et al., 2008; POMARI et al., 2012).

Por apresentar grande capacidade de parasitismo em ovos de lepidópteros-praga do complexo *Spodoptera*, *T. remus* tem sido utilizado em larga escala por meio de liberações inundativas em áreas de milho em programas de MIP na Venezuela, obtendo-se até 90% de parasitismo em ovos de *S. frugiperda* (FERRER, 2001).

## **2.2. *Telenomus remus***

### **2.2.1. Origem e distribuição geográfica**

*Telenomus remus* tem origem em Sarawak e Nova Guiné. Esta espécie foi introduzida na Índia, Israel, e em algumas regiões do Caribe. No Brasil, foi introduzido em 1986 pelo Dr. F. D. Bennett, devido ao fato de apresentar boa capacidade de busca e regulação de ovos de *S. frugiperda*; portanto, antes mesmo da eclosão das lagartas que são responsáveis pelo dano (PEDRASI; PARRA, 1986; FERNANDES e CARNEIRO, 2006). Este parasitoide já foi observado em ovos de cinco espécies de *Spodoptera*, sendo mais comum em *S. frugiperda* (WOJCIK, WHITCOMB e HABECH, 1976).

O parasitoide *T. remus* é utilizado em vários países em programas de controle biológico contra pragas (Van LENTEREN e BUENO, 2003). Este parasitoide vem sendo criado massalmente com finalidade comercial ou propostas experimentais em sete países da América Latina. Insetários privados na Venezuela e na Colômbia produzem o parasitoide com fins comerciais e de pesquisa. Laboratórios públicos em Honduras, República Dominicana, Peru, Bolívia e Cuba na qual, pequenas quantidades foram produzidas para liberação em campo (CAVE, 2000). Segundo CAVE (2000), *T. remus* foi introduzido no Caribe e América Latina para o controle de noctuídeos.



### 2.2.2. Aspectos bioecológicos

O gênero *Telenomus* encontra-se em diversas regiões, em virtude de introduções realizadas. As taxas de parasitismo variam de 2,5 a 83,14%, dependendo da localização na qual os parasitoides ocorrem (CAVE, 2000). *Telenomus remus* apresenta preferência por ovos de Noctuides (Lepidoptera), apesar dos registros de parasitismo de ovos de uma espécie de Pyralidae e outra de Arctiidae (CAVE, 2000).

É de grande importância ressaltar que *T. remus* possui partenogênese arrenótoca, ou seja, fêmeas virgens produzem somente descendentes machos (ROJAS e GARCÍA-ROA, 1995). Geralmente, quando o número de hospedeiros é menor que o número de parasitoides, ocorre maior emergência de machos. Uma fêmea mantida a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  parasita aproximadamente 82 ovos de *S. frugiperda* durante as primeiras 24 horas, chegando a produzir até 270 descendentes (MORALLES et al. 2000). As fêmeas parasitam apenas um ovo do hospedeiro por vez, podendo parasitar todos os ovos de uma postura, mesmo que estes estejam agrupados em camadas, como no caso de posturas de *Spodoptera* spp. Observou-se que *T. remus* apresenta resposta funcional do tipo III e estabilização da taxa de parasitismo na densidade de 200 ovos (GUEVARA, 2013).

A razão sexual varia de 0,6 a 0,7; já em condições de superparasitismo, esses valores diminuem para 0,5. O superparasitismo, apesar de raro, ocorre quando a disponibilidade de hospedeiro é pequena, mas mesmo nessas condições, apenas um adulto emerge de cada ovo. A mortalidade é frequente nessa situação devido a competição larval e/ou limitação nutricional do ovo permitindo que apenas uma larva de *T. remus* complete seu desenvolvimento (CAVE, 2000). Fêmeas com idade entre 2 e 3 dias de vida apresentaram prole com proporção sexual de 60-70% de fêmeas, sofrendo queda de 22% com fêmeas de idade mais avançada, parasitando seu hospedeiro natural *S. frugiperda* (SCHWARTZ e GERLING, 1974).

Cave (2000) citou a elevada agressividade de *T. remus* em comparação com outros parasitoides de ovos sobre massas de ovos de *Spodoptera* spp. devido ao seu maior e mais robusto corpo, o qual permite que o parasitoide penetre em todas as camadas da postura e parasite cada ovo.

### 2.2.3. Aspectos morfológicos

De acordo com ZUCCHI (2002), a correta identificação dos agentes de controle biológico representa o primeiro passo para o sucesso do programa. A identificação do gênero *Telenomus* tem sido baseada em características morfológicas. No entanto, esses insetos podem exibir plasticidade. Os adultos de *T.*

*remus* têm coloração preta brilhante, medem aproximadamente 0,5-0,6mm de comprimento.

### 2.2.3.1. Cabeça

A cabeça é marcadamente transversal e mais extensa que o tórax. O vértice não apresenta declive posterior na superfície. Em vista dorsal, observa-se uma linha perpendicular na cabeça entre o ocelo posterior. A margem occipital quase toca a linha imaginária entre os ocelos posteriores. Os olhos se distanciam distância entre eles de uma vez e meia sua largura. Vértice entre ocelos quase lisos (NIXON, 1937).

As antenas apresentam 1-4 funículos muito pequenos, grânulos mais estreitos que o pedúnculo, na quantidade de 6-8 apresentando-se de forma igual ao tamanho. As fêmeas apresentam antenas de coloração pálida acastanhada com funículo dilatado em direção ao ápice; 4-9 segmentos de funículo curtos transversais (NIXON, 1937).

As fêmeas possuem antenas do tipo clavadas, enquanto que os machos possuem antenas do tipo filiforme, permitindo assim a separação dos sexos (CAVE, 2000).

### 2.2.3.2. Tórax

Tórax encontra-se elevado acima do nível do abdome. Mesonoto uniformemente convexo, fracamente brilhante. Asas dianteiras de cor acinzentada, com as franjas da asa traseira consideravelmente maior que a largura da asa anterior. Além disso, a asa traseira é muito estreita na região após a enervação (NIXON, 1937).

Os fêmures e as tíbias possuem coloração escura nas fêmeas e claras nos machos, além de tarsos pálidos em ambos os sexos (CAVE, 2000). As fêmeas apresentam pernas de coloração mais pálida do que os machos, que possuem pernas mais inclinadas e amarelas (NIXON, 1937).

### 2.2.3.3. Abdome

O abdome apresenta-se pequeno quando comparado com o tórax, sendo mais estreito. O órgão genital feminino apresenta-se bastante curto e largo, representando uma característica bem distinta em comparação com as outras espécies de *Telenomus*. O órgão genital masculino representa uma ajuda inestimável para a identificação, entretanto a dificuldade no preparo dessa estrutura de forma satisfatória faz com que este material se torne um critério susceptível a erro para a identificação da espécie (NIXON, 1937).

#### 2.2.4. Aspectos biológicos

O processo de oviposição pelo parasitoide tem início a partir da detecção de voláteis liberados tanto pelas fêmeas, no momento em que as mariposas iniciam o forrageamento em busca do local adequado para a realização das posturas. Em seguida, fêmeas de *T. remus* iniciam um processo conhecido como “drumming”, no qual as fêmeas tocam as antenas sobre os ovos com a finalidade de reconhecer a qualidade do hospedeiro (CAVE, 2000). Caso o hospedeiro já esteja parasitado, a fêmea de *T. remus* continua o processo de busca até encontrar hospedeiro adequado. Uma vez encontrado, a fêmea pousa sobre o ovo (hospedeiro) e imediatamente introduz o ovipositor. O estágio de ovo do parasitoide pode durar de 10 a 20 horas, dependendo da temperatura. O hospedeiro (ovo parasitado) possui aparência enegrecida após quatro dias de oviposição, essa coloração permanece até mesmo a saída do parasitoide. Quando a fêmea realiza oviposição de apenas um ovo por hospedeiro (CAVE, 2000; CARNEIRO, 2005).

O parasitoide *T. remus* possui dois instares larvais. As larvas se alimentam do tecido do hospedeiro por um período de 5 a 8 dias até a fase de pré-pupa. A fase de pupa ocorre dentro do hospedeiro e tem duração de 5 a 6 dias. Cerca de 48 horas da fase de pupa, as fêmeas já se apresentam atrativas para os machos emergidos (SCHWARTZ e GERLING, 1974; CAVE, 2000). Machos possuem ciclo de vida de 9 dias, em média, que é inferior ao das fêmeas. Logo após a emergência, os machos ficam sobre os hospedeiros, a espera da emergência das fêmeas, que ocorre em média 24 horas depois da emergência dos machos, em condições controladas (SCHWARTZ e GERLING, 1974; CAVE, 2000). Após a emergência das fêmeas, ocorre imediatamente a cópula com duração de 5 a 10 segundos. Terminada a cópula, os machos perdem a atração pelas fêmeas, que iniciam prontamente a busca por hospedeiros para iniciar a oviposição (SCHWARTZ e GERLING, 1974).

#### 2.3. Criação massal de parasitoides

A criação de insetos em laboratório é de fundamental importância quando se objetiva a obtenção de material biológico puro e de qualidade para a realização de estudos entomológicos básicos ou aplicados, além do controle da praga em campo (PARRA, 2001). É importante conhecer a qualidade dos parasitoides, assim como a qualidade dos hospedeiros, avaliando-se sua eficiência em laboratório e campo, de modo a garantir o padrão de qualidade dos inimigos naturais produzidos em criações massais (POMARI, 2013).

A Organização Internacional de Controle Biológico (IOBC Global Working Group: Quality Control of Mass Reared Arthropods) é o órgão responsável pela

padronização dos métodos empregados na avaliação da qualidade dos inimigos naturais produzidos (Van LENTEREN, 2003). Dentre as características importantes para o desempenho do inimigo natural, a capacidade de voar e caminhar em condições de campo merece atenção, pois estão relacionadas com o forrageamento e a dispersão (GARDNER e VanLENTEREN, 1986).

De acordo com Bueno (2000), os fatores que influenciam a mudança nas populações de campo quando introduzidas em laboratório são: características de dispersão e especialmente no comportamento de voo do adulto, pois, elas podem ser severamente restringidas em condições de laboratório. Os fatores que influenciam as mudanças nas populações de campo quando mantidas em laboratório são: a) as populações de laboratório são mantidas em ambientes constantes com fatores abióticos (luz, temperatura e umidade) e bióticos (alimento, ausência de predação ou parasitismo), ou seja, não há seleção para contrapor as pressões inesperadas, resultando em uma mudança nos critérios que determinam a adaptação, e uma mudança em todo o sistema genético; b) não ocorre competição intraespecífica nas populações de laboratório resultando em uma possível mudança na variabilidade genética; c) as condições de laboratório são apropriadas para um genótipo médio, ou para aquele mais pobre. Nenhuma mudança ambiental é possível se todos os indivíduos forem confinados no mesmo ambiente. Vários atributos comportamentais são influenciados pela variação genética intraespecífica. para que ocorra a seleção dos inimigos naturais com melhor desempenho para o controle biológico, torna-se necessário a melhoria das estimativas da avaliação de capacidade do agente de controle biológico em resposta às condições ambientais e melhoria da sobrevivência no campo (WAJNBERG, 1994).

A capacidade de voar e caminhar são características de suma importância para o forrageamento e dispersão em condições de campo (GARDNER e Van LENTEREN, 1986). Esses atributos podem se modificar ao longo do processo de multiplicação no laboratório, devendo ser monitorados. Para tanto, é fundamental o monitoramento das populações em laboratório. Prezotti (2001), por exemplo, averiguou que em programas de controle de qualidade de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), o monitoramento em laboratório pode ser simplificado, pela análise da longevidade, parasitismo e atividade de voo.

Ao se levar em conta o aprimoramento do genótipo de um animal, está, portanto, fazendo-se o melhoramento genético. Como exemplo, pode-se citar os trabalhos relacionados às abelhas, *Apis mellifera* classificador (Hymenoptera: Apidae), que é o inseto modelo de melhoramento genético. Visando maior produção de geleia real, por meio da alimentação baseada em proteínas constatou-se que

uma alimentação estimulante com proteínas não corresponderia a um programa de aumento de produção de geleia real se as abelhas fossem “fracas” geneticamente, pois não teriam capacidade de maximizar o aproveitamento das vantagens oferecidas. Por isso, a importância que os fatores genéticos e ambientais exercem sobre qualquer desempenho das colônias de abelhas. O melhoramento genético de abelhas teve início na década de 1930, com importantes trabalhos nas décadas de 1960 e 1970, objetivando aprimorar o aumento de produtividade de mel, própolis, geleia real, pólen ou cera, além dos mecanismos de resistência a doenças, redução da atividade enxameatória, boa atividade de posturas das rainhas, baixa agressividade e comportamento higiênico (GRAMACHO, 2004).

Em 1974, Ashley, Gonzalez e Leigh realizaram experimentos objetivando a seleção e hibridação visando explorar a possibilidade de potencialização de parasitismo em *Trichogramma*. Unidades populacionais biparentais foram cruzadas e selecionadas pela sua capacidade de sobrevivência e reprodução dentro de faixas de temperatura consideradas extremas que podem ser encontrados na área de liberação. Em um estoque uniparental, foi feita a seleção para locomoção, tolerância ao calor, além de uma combinação de locomoção e tolerância ao calor, e a capacidade de encontrar hospedeiros. O programa de seleção para o estoque uniparental produziram resultados positivos estatisticamente significativos ao nível de 10%.

Baya et al. (2007) desenvolveram trabalho baseado no interesse de produção massal e comercial de *Trichogramma* no controle biológico de *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) no leste da África. Os resultados confirmaram a possibilidade de melhoramento genético através do cruzamento em combinações recíprocas com foco na progênie e fecundidade feminina para melhorar o potencial de parasitismo em campo apresentando grande importância para produção comercial. Os autores concluíram que a fecundidade e o número da prole feminina representaram os fatores mais importantes nos cruzamentos heterogâmicos, sendo que os resultados confirmaram que o escopo para o aprimoramento genético por meio de cruzamentos pode melhorar o potencial em campo, tornando-se importante para a produção em laboratório com foco comercial.

#### **2.4. Influência da alimentação sobre o desempenho dos parasitoides**

A elucidação das exigências nutricionais de inimigos naturais de pragas objetiva maximizar a eficiência o controle biológico (FUCHSBERG et al, 2007). Exigências nutricionais dos insetos adultos variam, entre espécies, havendo espécies que não necessitam de alimento, pois possuem nutrientes acumulados em

seu organismo, provenientes da fase de larva, até aqueles que possuem complexas exigências nutricionais durante a fase adulta (HOUSE, 1972).

A disponibilidade de nutrientes durante o período de ovogênese (formação dos ovos) é o fator limitante do desempenho reprodutivo dos insetos (NATION, 2002; CHAPMAN, 2006; MILANO, 2008). De acordo com Nation (2002), a composição do alimento também representa grande importância nesse processo. Durante a fase de formação do ovo, grandes quantidades de proteínas e lipídeos são exigidas, além de carboidratos, pois fornecem energia para a síntese dos componentes do vitelo, a água, vitaminas e sais minerais são elementos necessários na dieta de parasitoides para que ocorra a produção máxima de ovos (NATION, 2002; GILLOTT, 2005).

Insetos de curta longevidade, geralmente, acumulam nutrientes para ovogênese durante a fase larval. Estes insetos são denominados sinovigênicos, dentre os quais se encontra o parasitoide de ovos *T. remus*. Já adultos com longevidades maiores apresentam longos períodos de pré-oviposição, no qual ocorre o desenvolvimento dos ovários. Por esse motivo grandes quantidades de alimentos nitrogenados são exigidas para que a fase de produção de ovos seja iniciada, sendo conhecidos como pro-ovigênicos. Dentre os parasitoides da ordem Hymenoptera, essas duas divisões são conhecidas. Entretanto, estes termos vêm sendo substituídos pelo termo Índice de ovigenia (NATION, 2002; JERVIS, FERNES e HEIMPEL, 2003; JERVIS, ELLERS e HARVEY, 2008). Segundo Killick-Kendrick (1999) e Rutledge e Gupta (2002), a reprodução dos insetos pode ser classificada ainda como autógena ou anautógena. Fêmeas autógenas completam o primeiro ciclo gonotrófico sem a necessidade de repasso alimentar; entretanto necessitam se alimentar posteriormente para completar os ciclos reprodutivos subsequentes. Entretanto, fêmeas anautógenas requerem alimentação uma ou mais vezes para que cada ciclo reprodutivo seja completado.

Os alimentos podem ser adquiridos de duas formas: a) direta, pelo consumo da fonte como néctar floral e extrafloral, pólen, sementes e outras fontes alimentares menos comuns como seivas e alguns tecidos e b) indireta, pelo consumo de “honeydew” de homópteros (HEIMPEL e JERVIS, 2005).

Seria esperado que para parasitoides do gênero *Trichogramma*, a alimentação não teria importância significativa. Entretanto, adultos de *Trichogramma* spp. se alimentam de néctar e pólen, havendo vários trabalhos que afirmam que a alimentação melhora o desempenho desses insetos como agentes de controle biológico (HOHMANN et al., 1989; SOMEHOUDHURY e DOUTT, 1988). Bleicher e Parra (1991) demonstraram que a alimentação com mel puro proporcionou aumento na longevidade de *Trichogramma* sp. em comparação aos demais tratamentos (mel

a 10% e privação de alimento). Portanto, a presença de suprimento alimentar representa o principal fator de interferência em algumas características biológicas, como verificado por NICOLI (2002), em que fêmeas de *Trichogramma atopovirilia* quando alimentadas, proporcionaram um parasitismo que variou entre 61,50 e 94,75% em *A. kuehniella*, já fêmeas privadas de alimentação apresentaram parasitismo entre 58,75 e 72,91%.

Observou-se que fontes de açúcar são necessárias para o prolongamento da longevidade de *Trichogramma platineri* (NAGARKATTI, 1975) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), sendo que a fonte de aminoácidos apenas, não representa ser suficiente para o prolongamento da longevidade do parasitoide estudado. A oferta de mel em concentrações superiores a 10% e de sacarose e frutose acima de 43% aumentam a longevidade de 10 a 13 vezes em comparação a alimentação com apenas água. Fontes açucaradas naturais como o “honeydew”, promovem o aumento da longevidade dos parasitoides, mas não são melhores que as demais fontes alternativas testadas. Entretanto, mesmo que se faça uso dos estabilizantes, estas fontes de alimento alternativas são inviáveis, pois evaporam de forma rápida (GEREMIAS, 2008). O açúcar na alimentação permite que parasitoides mantenham reservas de energia na forma de glicogênio em altos índices (OLSON et al., 2000; FADAMIRO e HEIMPEL, 2001; GIRON e CASAS 2003; LEE, HEIMPEL e LEIBEE 2004; WYCKHUYS et al., 2008).

De acordo com Meirelles et al. (2009), o mel contém em sua composição 85,48% dos açúcares redutores, glicose + frutose e 3,57% de sacarose. Wackers (2000, 2001) e Lee, Heimpel e Leibe (2004) verificaram ainda a presença de outros oligossacarídeos no mel, tais como a maltose e rafinose. Estes oligossacarídeos demonstram serem fontes não adequadas para a alimentação de parasitoides. A lenta absorção pelo organismo pode permitir que houvesse cristalização em um menor tempo, influenciando na vida útil dos insetos quando comparado com outras fontes de carboidratos como frutose, sacarose e glicose. A diluição do mel na água poderia evitar ou mesmo retardar a cristalização desta fonte de carboidrato. Contudo, a longevidade não foi afetada em nenhuma das duas situações. No que se refere ao uso de frutose, sacarose e glicose como fontes alternativas de alimento ricas em carboidratos para parasitoides, os estudos realizados por Meireles, Carneiro e Fernandes (2009) demonstraram que o mel é a fonte mais adequada para a alimentação de adultos de *T. remus*, pois proporcionou níveis satisfatórios de parasitismo e longevidade, representando ainda uma fonte de fácil aquisição, pouco dispendioso, sendo considerado portanto uma dieta adequada em criações massais.

Diversos estudos foram ainda realizados oferecendo substâncias nutritivas diretamente aos parasitoides. Todavia, a forma com que o parasitoide acessa essas substâncias também deve ser levada em consideração (LEWIS et al., 1998). Flores de *Fagopyrum esculentum* Moench e *Foeniculum vulgare* Mill. foram ofertadas diretamente aos parasitoides *Trichogramma exiguum* Pinto e Platner, 1978 e *Cotesia congregata* Say, 1836 e o desempenho dos parasitoides foi avaliado. A longevidade das duas espécies foi de 6,7 e 5,1 dias, respectivamente. Insetos que entraram em contato com *F. esculentum* apresentaram longevidade 8,5 vezes maior do que insetos que receberam apenas água como fonte alimentar. A mesma flor, assim como o mel, também foi responsável por valores superiores de fecundidade de *T. exiguum* em comparação com água (WITTING-BISSINGER, ORR E LINKER, 2008).

A alimentação adequada dos adultos apresenta grande influência positiva na biologia de parasitoides criados em laboratório. A importância da alimentação apropriada pode ser listada em três itens: lipídios são empregados na produção de ovos, durante a ingestão de açúcares/néctar, reduzindo a taxa de declínio lipídico, pois as reservas lipídicas são economizadas e utilizadas na produção de ovos (ELLERS e VAN ALPHEN 1997, CASAS et al., 2005; ELLERS, 1996; LEE, HEIMPEL e LEIBEE, 2004). Em segundo lugar, a alimentação afeta indiretamente a fecundidade, pois com o aumento da longevidade, há maior tempo para oviposição (BERNDT e WRATTEN, 2005). Em terceiro lugar, a alimentação rica em açúcar pode fornecer energia suficiente para um eficiente forrageamento em busca do hospedeiro, aumentando deste modo a taxa de oviposição (SCHMALE et al., 2001).

O período de oferta do alimento ao parasitoide também é de grande importância para a longevidade. Insetos que receberam alimento apenas por um dia após a emergência tiveram sua longevidade inferior aos insetos que receberam alimento durante todo seu período de sobrevivência. Isto foi verificado em estudos de campo com parasitoides de ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie 1850) (Lepidoptera: Noctuidae). O parasitismo atingiu altos índices em liberações ocorridas em plantas de algodão com nectários extra florais, quando comparados com plantas sem nectários (TREACY et al., 1987; McDOUGALL e MILLS, 1997; SOOD e PAJANI, 2006; GÓMEZ TORRES, 2005).

O pólen do milho representa uma importante fonte de recurso alimentar para parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma*, sendo a produção do pólen maior durante o período que antecede a antese (WANG et al., 2007). O pólen de milho transgênico que expressa a proteína Cry1Ab de *Bacillus thuringiensis* Berliner foi estudado sobre fêmeas de *T. ostriniae* no qual não foi verificada qualquer alteração



na longevidade, número de ovos parasitados, viabilidade e razão sexual dos parasitoides alimentados com pólen transgênico ou não transgênico. Além disso, constatou-se, que a solução de água e pólen aumentou o desempenho reprodutivo e sobrevivência das fêmeas em comparação com as que receberam apenas água (WANG et al., 2007).

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Criação de *Spodoptera frugiperda*

Os insetos utilizados na experimentação foram obtidos da criação massal de *S. frugiperda* do Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) da Embrapa Milho e Sorgo de Sete Lagoas, MG. As larvas foram mantidas individualizadas em copos plásticos com capacidade para 50 ml com dieta artificial estabelecida por Kasten Junior, Precetti e Parra (1978), tampadas com tampas de acrílico. Os suportes de isopor contendo os copos plásticos e as lagartas foram mantidos em sala climatizada com temperatura regulada  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ; UR:  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas, até que os insetos atingissem a fase adulta. Adultos foram mantidos em gaiolas revestidas internamente por papel-ofício branco para servir de substrato para oviposição. Esse papel foi retirado diariamente para coleta dos ovos. A alimentação dos adultos realizada pela disposição de copos plásticos contendo solução de açúcarada a 10%, fechado com um chumaço de algodão em forma de pavio, na parte inferior da gaiola. (SÁ et al., 2009)

#### 3.2. Criação de *Telenomus remus*

Os parasitoides *T. remus* foram criados em ovos do hospedeiro *S. frugiperda*. A linhagem utilizada neste experimento foi obtida pelo Laboratório de Ecologia Aplicada (Apecolab) da empresa MecoiVePal (Movimiento Ecológico Cooperativo de Investigación). A colônia foi estabelecida a partir da importação de 650.000 indivíduos coletados em posturas de *S. frugiperda* em culturas de milho de Barquisimeto, estado de Lara, Venezuela (permissão de importação 363/2011 do MAPA).

Posturas de *S. frugiperda* foram coladas em cartelas de papel cartão branco, medindo 7,5 x 1,7 cm, utilizando-se cola branca atóxica. A data da oviposição foi anotada nas extremidades das cartelas. As cartelas foram submetidas aos parasitoides por um período de 48 horas para oviposição em potes de vidro com capacidade para 500 g, tampados com plástico filme de PVC. No interior destes potes foi disponibilizado, com o auxílio de um estilete, gotículas de mel, para a alimentação dos parasitoides adultos.

Após o período de oviposição, as cartelas foram retiradas e os adultos de *T. remus* a elas aderidas, removidos por meio de leves batidas. As cartelas foram transferidas para potes de vidro vazios devidamente identificados e tampados com plástico filme. Toda a criação foi mantida em sala climatizada, com temperatura mantida a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ; UR:  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas, para permitir o

desenvolvimento dos parasitoides.

### **3.3. Seleção artificial de *Telenomus remus* voadores dentro da criação em laboratório**

Os parasitoides foram submetidos à seleção de insetos voadores. Para tanto, o hospedeiro foi mantido suspenso de forma que somente seriam acessados por adultos que voassem. Desta forma, os tratamentos foram os seguintes:

T1: População de *T. remus* submetida à seleção de voadores,

T2: População de *T. remus* não submetida à seleção de voadores (controle).

No tratamento T1, a cartela (8 x 3 cm) contendo oito posturas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* foi mantida suspensa por um palito de madeira a 4 cm de altura e fixado com cola quente na extremidade internada da tampa do frasco. Esta postura foi ofertada a aproximadamente 1000 parasitoides. A base do palito foi envolvida por tiras de armadilha amarela adesiva para evitar que insetos caminhadores pudessem acessar a cartela de ovos. Deste modo, apenas *T. remus* “voadores” tiveram acesso à cartela ofertada, ocorrendo assim uma seleção de indivíduos voadores dentro da criação de laboratório (Figura 1).

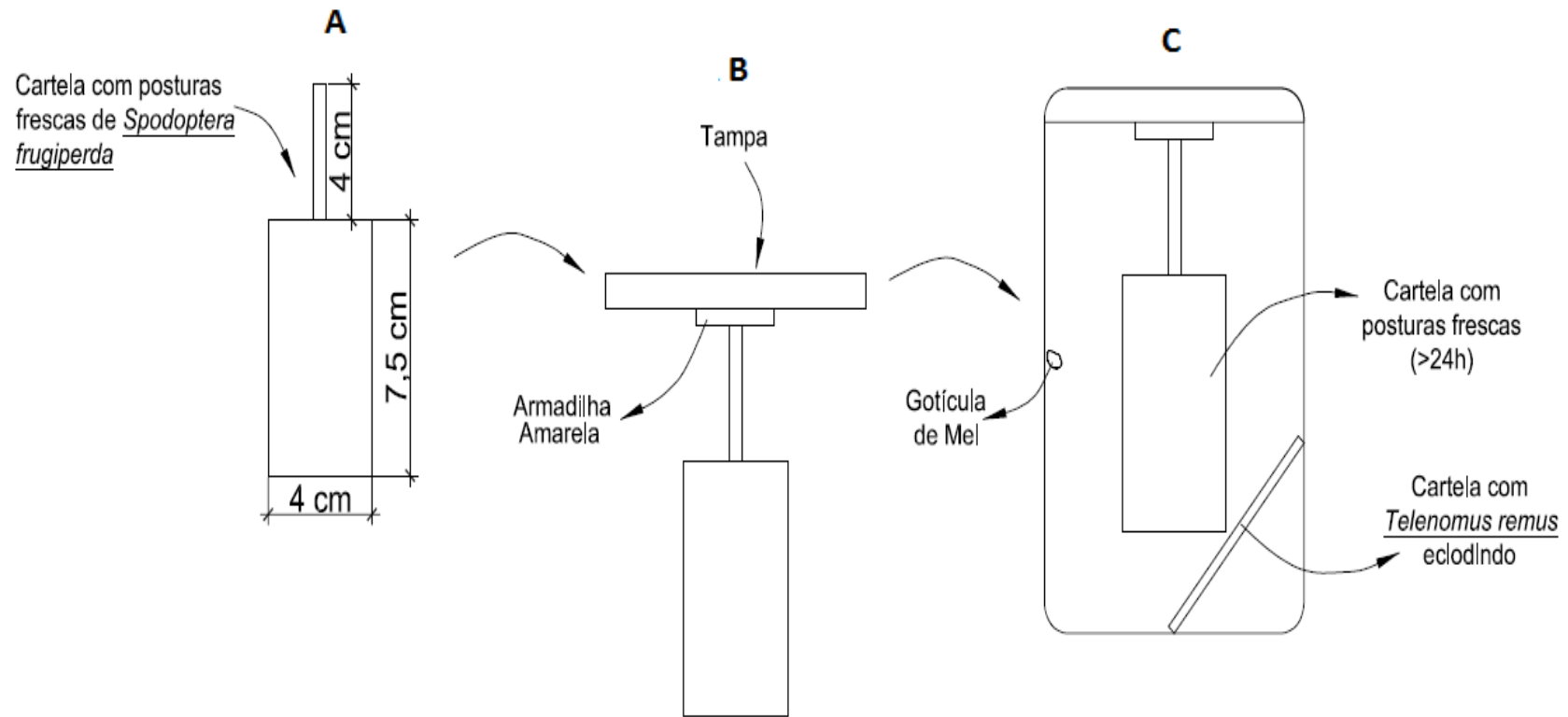


Figura 1. Montagem do experimento denominado Com seleção. A) Cartela com posturas frescas de *Spodoptera frugiperda* (< 24 h) fixada com cola branca atóxica; a cartela se encontra fixada em um palito de picolé; B) Detalhe da fixação da cartela na tampa do frasco de vidro e proteção com tiras de armadilha adesiva amarela C) cartela exposta ao parasitismo de insetos voadores mantida suspensa para ser acessada apenas por insetos voadores emergidos da cartela com ovos previamente parasitados e mantidos no fundo do frasco.

O tratamento T2 foi montado da seguinte maneira: as cartelas contendo oito posturas de *S. frugiperda* foram ofertadas a aproximadamente 1000 parasitoides da mesma forma em que se procede nas criações massais, ou seja, sem nenhuma dificuldade de acesso ao hospedeiro. Dessa forma os ovos foram parasitados tanto por agentes “caminhadores” como por “voadores” (Figura 2).

O experimento foi conduzido em sala climatizada em condições controladas de temperatura  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ; UR  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 h. Os insetos submetidos aos tratamentos do experimento foram obtidos da criação massal. Cada repetição foi constituída de uma cartela com data de emergência dos adultos diferindo da outra em aproximadamente 3-4 dias. Foram adotadas quatro repetições. Os parasitoides receberam como fonte de alimentação uma gota de mel depositada na parede do frasco com auxílio de um estilete. Esta metodologia foi realizada sucessivamente por 15 gerações.

A cada 5 gerações, uma segunda cartela foi ofertada aos parasitoides, na qual permaneceu por 24 h para a realização da oviposição. Após este período, as cartelas contendo ovos parasitados foram retirados do frasco de criação e as massas de ovos foram individualizadas e acondicionadas em tubos de acrílico transparentes (27 ml). Os tubos foram mantidos vedados com plástico filme até a emergência de todos os adultos. Portanto, ovos provenientes da segunda cartela parasitada foram direcionados as avaliações de teste de voo e capacidade de parasitismo (Item 2.4). Cada cartela contendo massa de ovos representou uma repetição. Foram adotadas quatro repetições.

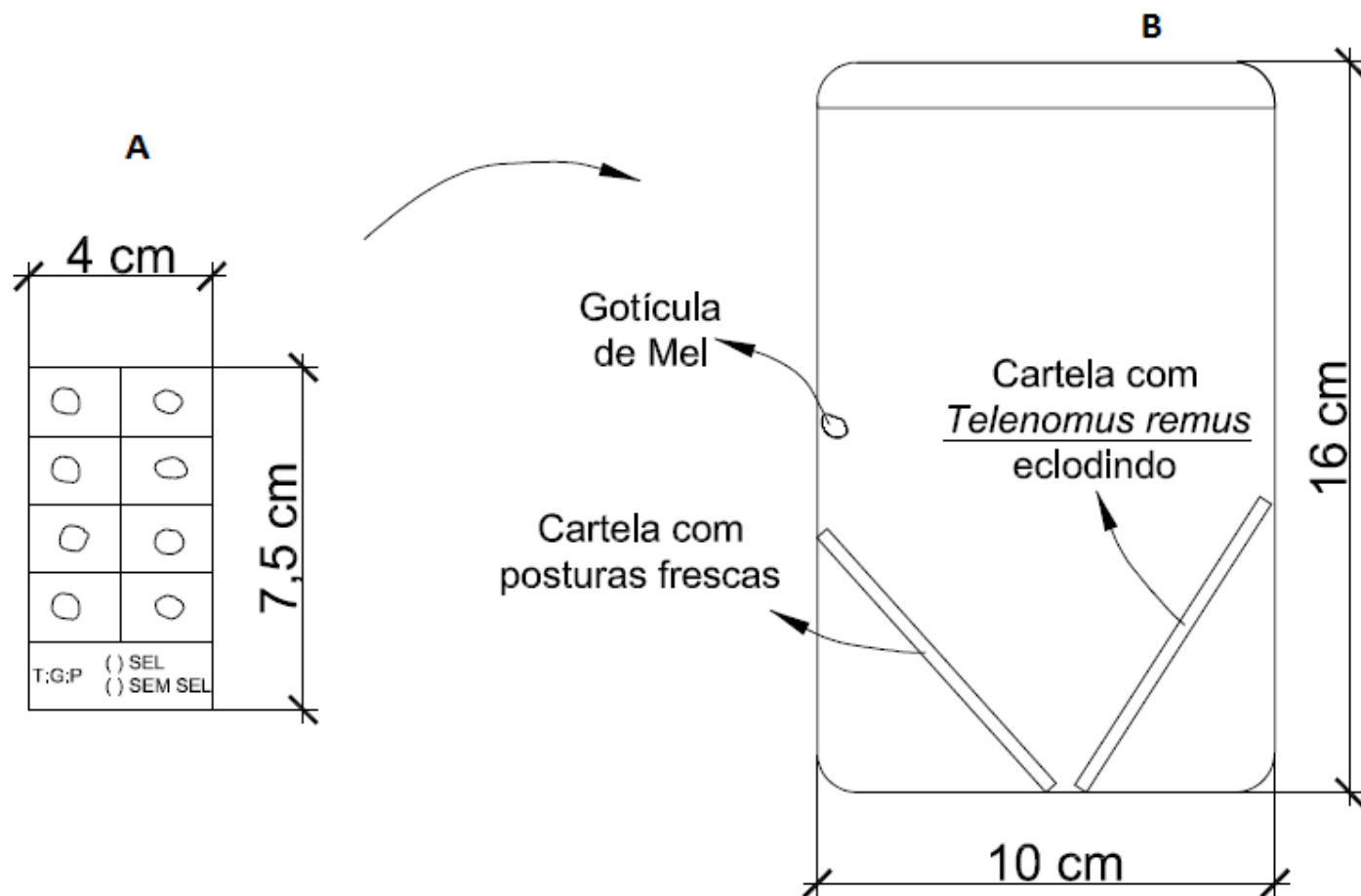


Figura 2. Montagem do tratamento em que não houve seleção. A) Detalhe da confecção da cartela com posturas frescas de *Spodoptera frugiperda* (< 24 h) ; B) Cartela introduzida no frasco de vidro para o parasitismo sem nenhum tipo de barreira da mesma forma que ocorre nas criações massais.

Foram realizadas avaliações dos caracteres morfométricos, aspectos biológicos, teste de voo e capacidade de parasitismo. Para a avaliação dos caracteres morfométricos e aspectos biológicos, os tubos contendo os adultos recém-emergidos foram transferidos para câmara climatizada a 4°C por 4 h objetivando a morte dos indivíduos e posterior avaliação.

### **3.3.1. Caracteres morfométricos**

A cada 5 gerações, uma amostra de aproximadamente 100 indivíduos de cada tratamento foi retirada para as avaliações dos caracteres morfológicos necessárias. Dessa amostra, dez indivíduos fêmeas e dez indivíduos machos, escolhidos aleatoriamente após separação dos sexos, foram avaliados. Os testes foram finalizados na décima quinta geração.

As avaliações dos caracteres morfométricos, foram realizadas com o auxílio de um microscópio estereoscópico (Zeiss Stemi 2000) e consistiram nas medições dos seguintes caracteres: comprimento e largura da asa anterior direita; comprimento do corpo (vértice até o final do abdômen) e comprimento da tíbia posterior direita (Figura 3).

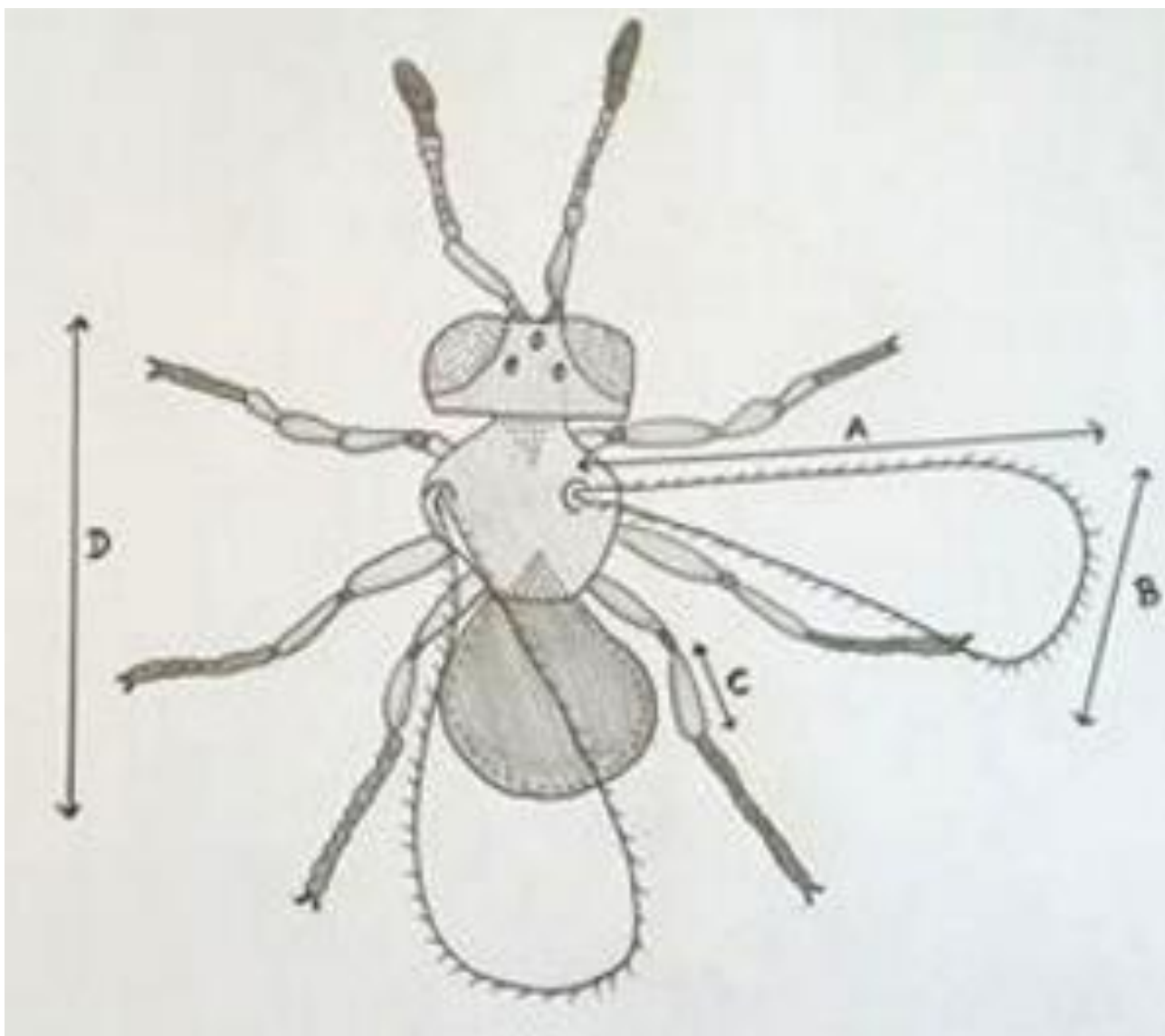


Figura 3. Caracteres morfométricos avaliados durante o experimento de seleção de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) durante a criação massal. A= comprimento da asa; B = largura da asa; C= comprimento da tíbia posterior; D=comprimento do corpo do inseto.

### 3.3.2. Caracteres biológicos

Dentre as características biológicas, foi avaliada a razão sexual da progênie. Assim como na aferição dos caracteres morfométricos, os exemplares foram avaliados utilizando-se um microscópio estereoscópico com régua milimétrica acoplada. Estas avaliações foram realizadas apenas na décima quinta geração.

#### 3.3.2.1. Razão sexual

A cada cinco gerações, cinco amostras de 100 indivíduos cada foram separadas de cada tratamento. Os indivíduos foram separados por sexo sob microscópio estereoscópico baseando-se em características morfológicas do adulto,



como o tipo de antena e a coloração das pernas. A razão sexual (rs) foi calculada através da fórmula:

$$rs = \frac{\text{n}^\circ. \text{ de fêmeas}}{\text{n}^\circ. \text{ de fêmeas} + \text{nc de machos}}$$

### 3.3.3.2. Teste de voo

O teste de voo foi realizado durante a décima e a décima quinta gerações. A câmara de voo foi montada utilizando-se modelo adaptado de DUTTON e BIGLER (1995), que consiste em um cilindro de PVC (Policloreto de vinila) com as mesmas dimensões do modelo original (18 cm de altura e 11 cm de diâmetro), mas com interior pintado com tinta acrílica preta fosca (Figura 4).

A abertura inferior foi vedada com um disco de acrílico transparente de mesmo diâmetro da base da câmara de voo. A este disco de acrílico foi fixado um tubo de acrílico (2,5 x 3 cm) transparente no seu centro, com a finalidade de acondicionar as posturas parasitadas. Na parte superior da câmara de voo, um disco de armadilha amarela de mesmo diâmetro da câmara de voo foi utilizado como vedação a fim de permitir a captura dos insetos voadores. Ambas as extremidades foram vedadas com fita adesiva objetivando evitar a fuga dos insetos. Na parede interna da câmara de voo, uma tira de 1 cm de largura foi fixada ao longo da circunferência a cerca de 10 cm da base, de forma que indivíduos caminhadores fossem capturados e impedidos de acessarem o topo da câmara de voo.

As câmaras de voo foram acondicionadas em prateleiras sobre papel preto, para que o fundo do tubo também se mantivesse escuro, já que o material utilizado (acrílico) para vedação é transparente. Todas as câmaras foram mantidas em sala climatizada com as mesmas condições descritas anteriormente.

Foram utilizadas quatro posturas médias parasitadas de cada tratamento com pelo menos 200 ovos. Estas posturas devidamente identificadas foram acondicionadas no interior dos tubos de acrílico das câmaras de voo. Após 48 h da emergência dos adultos, as câmaras de voo foram transferidas para câmara climatizada a 4°C por 4 h, visando a morte dos parasitoides para posterior avaliação.

A avaliação do teste consistiu na contagem e separação por sexo dos insetos aderidos a tampa (voadores), além dos que se encontram colados à armadilha instalada na parede interna e no fundo do tubo (não voadores), permitindo, desse modo, a estimativa da porcentagem e razão sexual de parasitoides voadores e de não voadores (PREZZOTI, 2001).

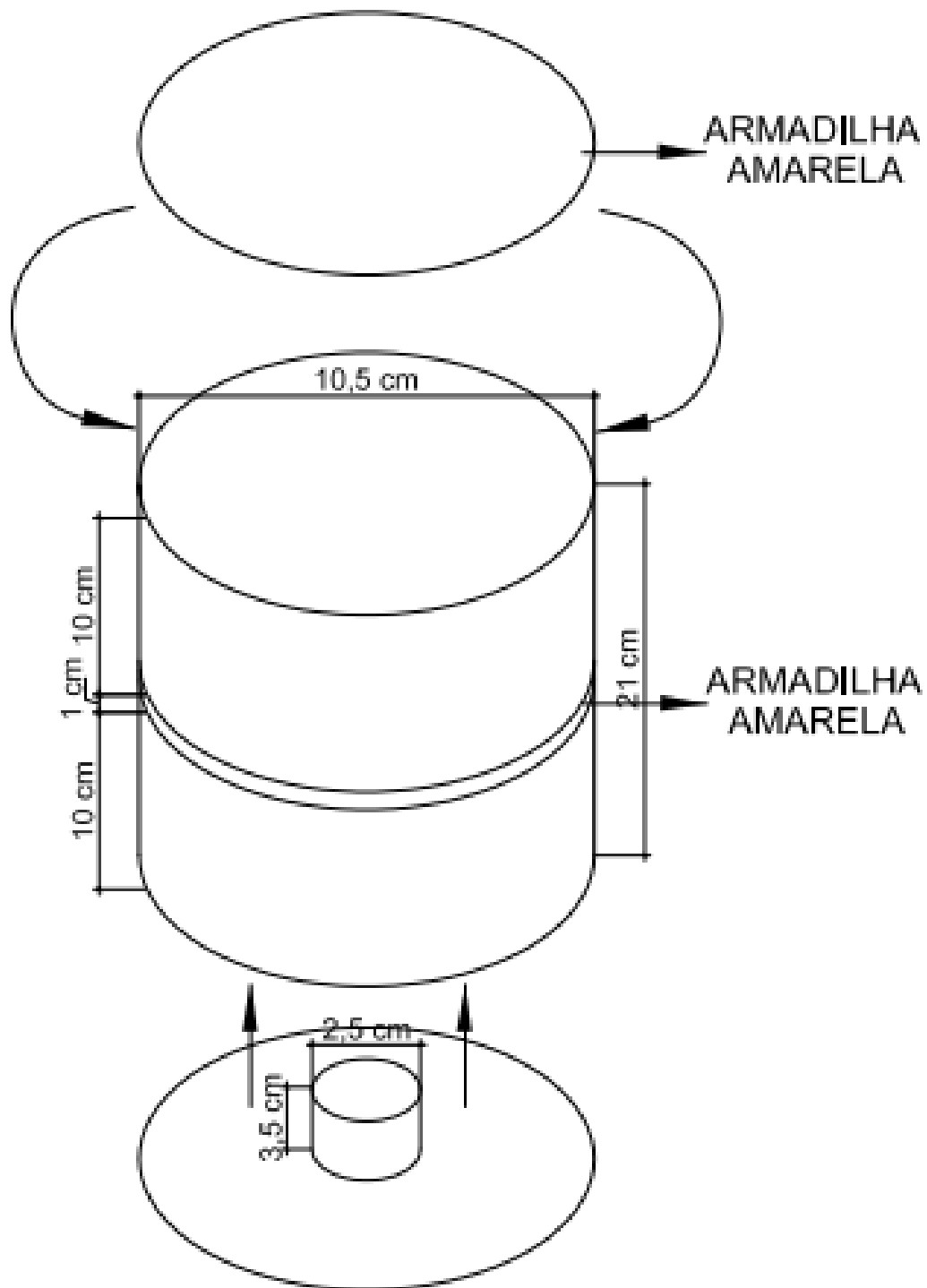


Figura 4. Etapas da montagem do teste de voo de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae)

### 3.3.2.2. Capacidade de parasitismo

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições cada. Estes testes foram realizados com o fornecimento de alimento (mel) e privação de alimentação.

Posturas de *S. frugiperda* com até 24 h de desenvolvimento embrionário foram coletadas das gaiolas de criação em laboratório e transferidas para cada repetição em tubos de acrílico (2,5 x 3 cm) vedados com filme plástico. Posteriormente, fêmeas de *T. remus* oriundas dos tratamentos 1 (com seleção) e 2 (controle), recém-emergidas (com até 24h) e copuladas foram individualmente introduzidas nesses tubos com o auxílio de um pincel de cerdas finas. Os ovos dos hospedeiros foram diariamente substituídos por ovos frescos (< 24 h) até a morte da fêmea. Os ovos retirados diariamente foram acondicionados em tubos de vidro de fundo chato, tampados com plástico filme, devidamente identificados e armazenados em câmara climatizada semelhante ao item 3.2. A longevidade da fêmea, o total de ovos parasitados e a razão sexual da prole gerada foram avaliados na décima quinta geração apenas.

### 3.4. Influência da alimentação de adultos de *Telenomus remus*

O experimento foi conduzido no Laboratório de Criação de Insetos da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, onde fêmeas de *T. remus* foram mantidas e criadas sobre ovos de *S. frugiperda*. O desempenho reprodutivo e a longevidade de fêmeas de *T. remus* foram estudados submetendo-se adultos provenientes da criação massal de manutenção à alimentação com quinze fontes alternativas de alimento. Insetos privados de alimento serviram como controle. As fontes de alimento utilizadas no respectivo trabalho e suas origens encontram-se na Tabela 1.

Foram utilizadas fêmeas recém-emergidas (< 12h de idade) e acasaladas. Estas fêmeas foram inicialmente individualizadas em tubos de acrílico transparente (2 x 3,5 cm) e fechados com plástico filme de PVC.

Tabela 1. Fontes de alimentos ofertadas a fêmeas de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) para avaliação da influência da alimentação sobre aspectos biológicos do parasitoide.

<b>Tratamento</b>	<b>Alimento</b>	<b>Fonte/Descrição</b>
T1	Água destilada	Obtida no Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.
T2	Mel	Mel de florada silvestre (Empresa Favo de Mel)
T3	Bio Anastrepha®*	Proteína hidrolisada utilizada como isca atrativa para moscas-das-frutas (Empresa AgroContinental)
T4	Pólen de milho	Milho Convencional DKB 390 cultivado nos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.
T5	Água + Mel	
T6	Água + Bio Anastrepha®	
T7	Água + Pólen de milho	
T8	Água + Mel + Bio Anastrepha®	
T9	Água + Mel + Pólen de	

---

milho	
T10	Água + Bio Anastrepha® + Pólen de milho
T11	Água + Mel + Bio Anastrepha® + Pólen de milho
T12	Mel + Bio Anastrepha®
T13	Mel + Bio Anastrepha® + Pólen de milho
T14	Mel + Pólen de milho
T15	Bio Anastrepha® + Pólen de milho
T16	Sem alimento

---

Obs.: A fonte de proteína Bio Anastrepha® foi ofertada após a diluição a 5%, seguindo-se a recomendação do fabricante.

As fontes de alimento foram disponibilizadas desde a emergência até a morte das fêmeas em forma de gotículas depositadas na parede interna do tubo de acrílico com o auxílio de um estilete. Ainda, em cada tubo, foi ofertado uma postura média de *S. frugiperda* (com aproximadamente 100 ovos) de até 24h de desenvolvimento embrionário. A cada 24 horas uma nova postura foi ofertada até a morte da fêmea. As posturas parasitadas foram transferidas para novos tubos de acrílico para garantir o desenvolvimento dos parasitoides. As avaliações ocorreram logo após a morte natural de todos os descendentes.

Durante todo o experimento os tubos contendo as fêmeas e cartelas com posturas e posturas já parasitadas de *S. frugiperda* foram mantidos em sala climatizada a  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  UR e fotofase de 12h. Diariamente foram realizadas observações e retirada de lagartas que eventualmente eclodiram, as quais poderiam consumir os ovos parasitados.

Foram usados como parâmetros de avaliação a longevidade e a razão sexual da prole, bem como a taxa de parasitismo acumulado. A contagem dos adultos emergidos foi realizada sob microscópio estereoscópico. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado com dezesseis tratamentos (alimentos) e 10 repetições. Cada parcela foi representada por um tubo contendo uma fêmea. Este teste foi realizado durante a 15<sup>a</sup>. geração.

### **3.5. Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos à análise exploratória para a avaliação das pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade de variância dos tratamentos e aditividade do modelo para permitir a aplicação da ANOVA (SHAPIRO e WILKS, 1965; BURR e FOSTER, 1972). As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2010).

## 4. Resultados

### 4.1. Seleção artificial de *Telenomus remus* voadores dentro da criação massal em laboratório

#### 4.1.1. Caracteres morfométricos

O padrão morfométrico referente à asa do inseto adulto, em geral, não foi afetado significativamente pela seleção tanto em relação ao comprimento como a largura das asas de fêmeas e de machos de *T. remus* (Tabela 2). Na 10ª geração, todavia, fêmeas que não foram submetidas à seleção apresentaram asas com largura significativamente maior. Ao longo da criação e seleção por 15 gerações verificou-se variação no comprimento das asas dependendo da geração, mas não se evidenciou tendência de redução ou aumento nestes parâmetros em função da seleção.

Fêmeas submetidas à seleção apresentaram tíbias maiores durante a 10ª e 15ª gerações. Os machos, por outro lado, não apresentaram variação no tamanho da tíbia. Durante a seleção na criação massal verificou-se que houve variação no tamanho da tíbia, mas isto não foi consistente em todas as gerações para se evidenciar efeito da seleção (Tabela 3).

Durante a quinta geração, fêmeas criadas sem seleção apresentaram corpo de menor comprimento. Entretanto, o tratamento não influenciou de forma significativa o tamanho do corpo dos machos. Assim, como nas demais avaliações, a criação de *T. remus* ao longo de 15 gerações não houve variação no comprimento do corpo, não havendo tendência de redução ou aumento nestes parâmetros em função da seleção (Tabela 3).

Tabela 2. Comprimento e largura da asa (mm) ( $\pm$ EPM) de fêmeas e machos do parasitoide de ovos *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) submetido ou não a seleção por 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

	Geração	Comprimento da asa				Largura da asa			
		Com seleção		Sem seleção		Com seleção		Sem seleção	
<b>Fêmeas</b>	<b>5<sub>a</sub></b>	0,0596 $\pm$ 0,00038	Aa	0,0610 $\pm$ 0,00038	Aa	0,0181 $\pm$ 0,00013	Ab	0,0184 $\pm$ 0,00045	Aa
	<b>10<sub>a</sub></b>	0,0544 $\pm$ 0,00257	Ab	0,0578 $\pm$ 0,00173	Aa	0,0155 $\pm$ 0,00067	Aa	0,0175 $\pm$ 0,0007	Ba
	<b>15<sub>a</sub></b>	0,0613 $\pm$ 0,00058	Aa	0,0618 $\pm$ 0,00073	Aa	0,0177 $\pm$ 0,00026	Ab	0,0182 $\pm$ 0,0002	Aa
	<b>CV</b>			6,22					7,49
<b>Machos</b>	<b>5<sub>a</sub></b>	0,0640 $\pm$ 0,001267	Ab	0,0639 $\pm$ 0,00096	Ab	0,0194 $\pm$ 0,00022	Ab	0,0193 $\pm$ 0,00018	Ab
		Ab							
	<b>10<sub>a</sub></b>	0,0547 $\pm$ 0,00229	Aa	0,0575 $\pm$ 0,00186	Aa	0,0167 $\pm$ 0,00061	Aa	0,0175 $\pm$ 0,00039	Aa
	<b>15<sub>a</sub></b>	0,0634 $\pm$ 0,00058	Ab	0,0633 $\pm$ 0,00073	Ab	0,0186 $\pm$ 0,00026	Ab	0,0180 $\pm$ 0,00023	Aa
	<b>CV</b>			6,52					5,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ), sendo que letras maiúsculas comparam tratamentos dentro do mesmo parâmetro (linha) e letras minúsculas comparam gerações (5<sub>a</sub>, 10<sub>a</sub> e 15<sub>a</sub>) para fêmeas e machos.



Tabela 3. Tamanho da tíbia posterior direita e comprimento do corpo (mm) ( $\pm$ EPM) de fêmeas e machos do parasitoide de ovos *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) submetido ou não a seleção por 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

	Geração	Tíbia posterior direita				Comprimento do corpo*			
		Com seleção		Sem seleção		Com seleção		Sem seleção	
<b>Fêmeas*</b>	<b>5<sub>a</sub></b>	0,0194 $\pm$ 0,0004	Ab	0,0185 $\pm$ 0,004	Ab	0,0388 $\pm$ 0,00056	Aa	0,0554 $\pm$ 0,0008	Ba
	<b>10<sub>a</sub></b>	0,0192 $\pm$ 0,00095	Bb	0,0176 $\pm$ 0,00026	Ab	0,0545 $\pm$ 0,00302	Ab	0,0575 $\pm$ 0,00173	Aa
	<b>15<sub>a</sub></b>	0,0164 $\pm$ 0,00029	Ba	0,0149 $\pm$ 0,00018	Aa	0,0638 $\pm$ 0,00112	Ab	0,0628 $\pm$ 0,00122	Aa
	<b>CV</b>	7,84				21,3			
<b>Machos</b>	<b>5<sub>a</sub></b>	0,0160 $\pm$ 0,00055	Ab	0,0163 $\pm$ 0,00031	Ab	0,0569 $\pm$ 0,00144	Ab	0,0549 $\pm$ 0,00082	Ab
	<b>10<sub>a</sub></b>	0,0142 $\pm$ 0,00074	Aa	0,0144 $\pm$ 0,00039	Aa	0,0478 $\pm$ 0,00209	Aa	0,0513 $\pm$ 0,00204	Aa
	<b>15<sub>a</sub></b>	0,0180 $\pm$ 0,00034	Ac	0,0175 $\pm$ 0,00039	Ab	0,0563 $\pm$ 0,00049	Ab	0,057 $\pm$ 0,00084	Ab
	<b>CV</b>	8,43				7,31			

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ), sendo que letras maiúsculas comparam tratamentos dentro da mesmo parâmetro (linha) e letras minúsculas comparam gerações (5<sub>a</sub>, 10<sub>a</sub>, e 15<sub>a</sub>) para fêmeas e machos.

\*Dados transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$

## **4.1.2. Aspectos biológicos**

### **4.1.2.1. Razão sexual**

Para a análise de razão sexual, insetos submetidos à seleção de voadores não apresentaram valores significativos quando comparados aos insetos criados sem seleção, entretanto, houve variação nos valores na 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> geração. Assim, durante as gerações, não se verificou qualquer tendência de aumento ou redução na quantidade de fêmeas em função da seleção artificial (Tabela 4).

### **4.1.2.2. Teste de voo**

Em ambos os tratamentos, não houve diferença significativa em relação à porcentagem de caminhadores e voadores durante a 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup> geração (Tabela 5).

A razão sexual dos indivíduos voadores que foram submetidos à seleção artificial para insetos voadores e o controle não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, dentro dos tratamentos, houve diferença significativa em relação à quantidade de fêmeas classificadas como caminhadoras e voadoras (Tabela 6).

### **4.1.2.3. Capacidade de parasitismo**

Parasitoides submetidos ou não a seleção, que receberam mel como fontes de alimento apresentaram maior tempo de vida, que variou entre 6 e 7 dias. Os parasitoides que foram privados de alimentação tiveram sua longevidade drasticamente afetada, com duração média de apenas 1 dia (Tabela 7).

A fonte de alimentação também foi responsável pela maior quantidade de descendentes gerados em ambos os tratamentos. Fêmeas que se alimentaram produziram de 110 a 117 parasitoides durante sua vida. Já fêmeas mantidas sem nenhuma fonte de alimento produziram de 36 a 44 indivíduos (Tabela 7), ou seja, menos de 40% do que foi produzido por fêmeas alimentadas.

A prole gerada por fêmeas alimentadas e submetidas à seleção apresentou razão sexual inferior quando comparado aos outros tratamentos (0,54). Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas (Tabela 7).

Tabela 4. Razão sexual ( $\pm$ EPM) de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Geração	Tratamentos	
	Seleção	Sem seleção
5 <sup>a</sup>	0,55 $\pm$ 0,04 Aa	0,60 $\pm$ 0,00 Aa
10 <sup>a</sup>	0,76 $\pm$ 0,05 Ab	0,59 $\pm$ 0,07 Ba
15 <sup>a</sup>	0,59 $\pm$ 0,01 Aa	0,79 $\pm$ 0,04 Bb
CV	13,29	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ), sendo que letras maiúsculas comparam tratamentos dentro da mesmo parâmetro (linha) e letras minúsculas comparam gerações (5<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup>) para fêmeas e machos.

Tabela 5. Porcentagem ( $\pm$ EPM) de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) classificados como caminhadores e voadores durante o teste de voo após serem submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Geração	Caminhadores (%)		Voadores (%)	
	Com seleção	Sem seleção	Com seleção	Sem seleção
10 <sup>a</sup>	81,33 $\pm$ 1,43 Aa	82,47 $\pm$ 2,59 Aa	15,34 $\pm$ 1,43 Aa	14,69 $\pm$ 2,59 Aa
15 <sup>a</sup>	84,65 $\pm$ 2,34 Aa	85,31 $\pm$ 2,08 Aa	18,66 $\pm$ 2,34 Aa	17,52 $\pm$ 2,08 Aa
CV	4,34		16,55	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ), sendo que letras maiúsculas comparam tratamentos dentro da mesmo parâmetro (linha) e letras minúsculas comparam gerações (5<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup>) para fêmeas e machos.

Tabela 6. Razão sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) ( $\pm$ EPM) classificados como caminhadores e voadores durante o teste de voo após serem submetidos à seleção durante a criação massal durante 15 gerações em hospedeiro natural *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Geração	Caminhadores (RS)		Voadores (RS)	
	Com seleção	Sem seleção	Com seleção	Sem seleção
10 <sup>a</sup>	0,37 $\pm$ 0,06 Aa	0,20 $\pm$ 0,02 Aa	0,75 $\pm$ 0,02 Aa	0,70 $\pm$ 0,05 Aa
15 <sup>a</sup>	0,41 $\pm$ 0,12 Aa	0,42 $\pm$ 0,12 Aa	0,70 $\pm$ 0,07 Aa	0,78 $\pm$ 0,01 Aa
CV	9,9		12,52	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ), sendo que letras maiúsculas comparam tratamentos dentro da mesmo parâmetro (linha) e letras minúsculas comparam gerações (5<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup>) para fêmeas e machos.

Tabela 7. Longevidade de fêmeas de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae), número de descendentes e razão sexual da prole ( $\pm$ EPM) sob condição de seleção e alimentação com mel, durante a 15a. geração.

Tratamentos		Longevidade (dias)	N° de descendentes	Razão sexual
<b>Seleção</b>	<b>Com alimentação</b>	7,03 $\pm$ 0,89 A	110,27 $\pm$ 20,13 A	0,54 $\pm$ 0,55 B
<b>Sem seleção</b>	<b>Com alimentação</b>	6,52 $\pm$ 0,37 A	117,11 $\pm$ 5,04 A	0,62 $\pm$ 0,03 A
<b>Seleção</b>	<b>Sem alimentação</b>	1,07 $\pm$ 0,05 B	44,75 $\pm$ 8,29 B	0,68 $\pm$ 0,01 A
<b>Sem seleção</b>	<b>Sem alimentação</b>	1,03 $\pm$ 0,24 B	36,96 $\pm$ 6,99 B	0,66 $\pm$ 0,16 A
<b>CV (%)</b>		27,1	29,55	7,77

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ), sendo que letras maiúsculas comparam tratamentos dentro da mesmo parâmetro (seleção e sem seleção).

#### 4.2. Influência da alimentação de adultos na biologia de *Telenomus remus*

A longevidade de fêmeas de *T. remus* que se alimentaram de mel e mel + água foi mais longa e atingiu, em média, 12,8 dias. Por outro lado, as fêmeas que não se alimentaram atingiram longevidade de apenas 1,2 dias, em média. Os demais tratamentos não influenciaram significativamente na longevidade, pois apresentaram valores próximos àqueles observados para fêmeas alimentadas apenas com água (Tabela 8).

Embora o pólen de milho não tenha sido fator que afetou a longevidade, foi um componente de grande influência na razão sexual da prole gerada. Isto, aliás, também ocorreu com todas as combinações desta fonte com o mel, BioAnastrepha e água. Fêmeas que se alimentaram destas fontes produziram maior número de fêmeas (razão sexual acima de 0,6). As fêmeas privadas de alimento, assim como as que se alimentaram de água, mel, BioAnastrepha, água + mel, água + mel + BioAnastrepha e mel + BioAnastrepha produziram descendentes com razão sexual inferior a 0,60 (Tabela 8).

O parasitismo acumulado causado por *T. remus* foi drasticamente afetado pela ausência de alimento. Entretanto, fêmeas alimentadas apenas com água, fonte de proteína e pólen de milho, assim como as que foram alimentadas com as combinações água + fonte de proteína, água + pólen de milho, água + mel + fonte de proteína, água + fonte de proteína + pólen de milho, água + mel + fonte de proteína + pólen de milho, mel + fonte de proteína + pólen de milho, mel + fonte de proteína, mel + pólen de milho e fonte de proteína + pólen de milho também reduzida progênie. O tratamento mel e água + mel + pólen de milho afetaram significativamente o número de descendentes, que variou de, aproximadamente, 104 a 121. Já o tratamento água + mel diferiu significativamente, apresentando maior quantidade de descendentes que os demais (Tabela 8).

Tabela 8. Longevidade (dias), razão sexual e número de descendentes ( $\pm$  EPM) de fêmeas de *Telenomus remus* (Hymenoptera : Platygastriidae) sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) submetidas a diferentes fontes de alimento.

Tratamento	Fontes de alimento	Longevidade (dias)	Razão sexual*	N <sup>a</sup> de descendentes*
1	Água	1,4 $\pm$ 0,16 C	0,47 $\pm$ 0,08 B	64,80 $\pm$ 5,29 C
2	Mel	12,8 $\pm$ 1,51 A	0,54 $\pm$ 0,05 B	121,70 $\pm$ 12,86 B
3	BioAnastrepha ®	1,8 $\pm$ 0,80 C	0,32 $\pm$ 0,09 B	54,80 $\pm$ 6,80 C
4	Pólen de milho	1,6 $\pm$ 0,31 C	0,74 $\pm$ 0,05 A	52,80 $\pm$ 12,19 C
5	Água + Mel	11,7 $\pm$ 1,48 A	0,52 $\pm$ 0,05B	141,30 $\pm$ 14,8 A
6	Água + BioAnastrepha ®	1,3 $\pm$ 0,15 C	0,62 $\pm$ 0,06 A	51,40 $\pm$ 5,54 C
7	Água + Pólen de milho	2,8 $\pm$ 0,20 C	0,81 $\pm$ 0,02 A	52,90 $\pm$ 7,22 C
8	Água + Mel + BioAnastrepha ®	2,3 $\pm$ 0,21 C	0,48 $\pm$ 0,06 B	59,4 $\pm$ 3,64 C
9	Água + Mel + Pólen de milho	5,3 $\pm$ 0,60 B	0,70 $\pm$ 0,04 A	104,80 $\pm$ 13,62 B
10	Água + BioAnastrepha ® + Pólen de milho	2,8 $\pm$ 0,55 C	0,68 $\pm$ 0,08 A	50,60 $\pm$ 6,64 C
11	Água + Mel + BioAnastrepha ® + Pólen de milho	2,2 $\pm$ 0,33 C	0,66 $\pm$ 0,09 A	50,80 $\pm$ 9,07 C
12	Mel + BioAnastrepha ®	2,0 $\pm$ 0,21 C	0,46 $\pm$ 0,11 B	50,50 $\pm$ 7,66 C
13	Mel + BioAnastrepha ® + Pólen de milho	2,0 $\pm$ 0,00 C	0,64 $\pm$ 0,10 A	49,90 $\pm$ 7,99 C
14	Mel + pólen de milho	3,2 $\pm$ 0,20 C	0,64 $\pm$ 0,08 A	60,40 $\pm$ 9,83 C
15	BioAnastrepha ® + Pólen de milho	1,2 $\pm$ 0,20 C	0,68 $\pm$ 0,08 A	54,70 $\pm$ 3,90 C
16	Sem alimento	1,2 $\pm$ 0,13 C	0,47 $\pm$ 0,09 B	27,9 $\pm$ 4,51 C
	<b>CV</b>	25,54	30,22	23,27

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott ( $P < 0,05$ ).

\*Dados transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$



## 5. Discussão

### 5.1. Seleção artificial de *Telenomus remus* voadores dentro da criação massal em laboratório

#### 5.1.1. Caracteres morfométricos

Neste trabalho não se verificou que a seleção de indivíduos voadores resultasse em mudanças no tamanho das asas ou do corpo. Isto foi avaliado durante a criação de parasitoides por quinze gerações. Indivíduos grandes não necessariamente resultam em maior sucesso no parasitismo de ovos (KAZMER e LUCK, 1995). Por outro lado, estudos com *Trichogramma* spp. sobre diferentes espécies de hospedeiro-alvo demonstraram forte relação entre o tamanho do corpo do parasitoide com sua capacidade de localização das posturas (BENNET e HOFFMAN, 1998). Ainda, Schluter (1988) sugeriu uma relação entre o tamanho da tíbia posterior dos parasitoides com seu desempenho, sendo que testes demonstraram que insetos de tamanho intermediário tendem a ter maior chance de sucesso.

Comumente, encontram-se na natureza indivíduos adultos maiores com maior fecundidade. De acordo com Siqueira e Mackauer (1992), o parasitoide pode reduzir sua taxa de crescimento e aumentar a taxa de desenvolvimento com o objetivo de maximizar seu tamanho quando o mesmo se encontra em desenvolvimento no interior de um hospedeiro de baixa qualidade. A morfologia do inseto é uma característica que deve ser considerada, pois está diretamente relacionada às variações ambientais e do hospedeiro, atuando possivelmente na redução do tamanho do parasitoide (GRENIER et al., 2001). Por este motivo, todo o experimento foi realizado no hospedeiro natural *S. frugiperda*, para que o tamanho do ovo não fosse considerado um fator de variação do tamanho dos caracteres morfométricos de *T. remus*.

Segundo Guatum (1986), insetos que apresentam asas com comprimento e largura reduzidos quando produzidos em hospedeiros alternativos poderiam indicar menor capacidade de voo do inimigo natural. Esse tamanho reduzido das asas pode ser explicado pelo menor tamanho dos ovos de alguns hospedeiros, pois as dimensões do parasitoide são diretamente relacionadas ao tamanho do hospedeiro. De acordo com o autor, adultos de *T. remus* provenientes de ovos de *Agrotis spinifera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) originaram adultos maiores em comparação aos parasitoides provenientes de ovos de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae), reforçando a influência do hospedeiro sobre a morfometria dos indivíduos gerados. Pode-se inferir, portanto, que o tamanho e a quantidade de

recurso alimentar disponível no hospedeiro (ovo), representam um fator determinante para o tamanho do parasitoide. Dessa forma, mesmo que o parasitoide tenha acesso aos ovos pelo voo, não significa necessariamente que a geração seguinte apresentará maior tamanho.

De acordo com Pigliucci (2005), Colinet, Boivin e Hance (2007), mudanças relacionadas às características bióticas e abióticas do ambiente podem causar efeitos drásticos na sobrevivência dos organismos. Mudanças ambientais podem diminuir a aptidão dos indivíduos e esses efeitos podem ser avaliados por meio do desempenho de seus descendentes. Os autores afirmam que mudanças sofridas por um genótipo podem produzir fenótipos diferentes, resultando em modificações na fisiologia, morfologia, ou mesmo no desenvolvimento em resposta as mudanças sofridas pelo ambiente. Mudanças em alguns aspectos morfológicos foram observadas nesse trabalho (Tabela 2 e 3), entretanto, em quinze gerações, as mudanças no ambiente de confinamento, referentes à forma de acesso do parasitoide ao hospedeiro, não influenciou na sobrevivência do organismo (Tabela 7). Tais Mudanças comprometem diretamente a informação genética encontrada nos organismos e em seus caracteres expressados. De acordo com Holfman e Parson (1997), efeitos ambientais já foram identificados em estudos realizados em diferentes condições influenciadas por taxas de recombinação, mutação, estabilidade no desenvolvimento de organismos, além do modo de interação entre os genes e o ambiente, resultando na produção de fenótipos. Estes mesmos autores evidenciaram que o desenvolvimento das taxas de recombinação é resultado de exposições a diferentes condições ambientais na qual a população foi exposta, corroborando os resultados obtidos nesse trabalho, em que a seleção de parasitoides voadores ao parasitismo afetou o tamanho dos insetos após quinze gerações, devido à restrição de acesso dos parasitoides ao recurso (ovos de *S. frugiperda*).

Mudanças ambientais são encontradas em criações massais, que representam uma forma de criação adversa ao campo. Nenhuma mudança ambiental é possível se todos os indivíduos forem confinados no mesmo ambiente. Ocorre, portanto um possível decréscimo na variabilidade genética, situação esta frequentemente observada em criações massais em que os parasitoides são criados da mesma forma durante centenas de gerações, situação já observada por Lerner em 1958. De acordo com Foratini (1996), todo caráter fenotípico é potencialmente dotado de plasticidade, o qual evolui em resposta à variabilidade temporal. Esta evolução se baseia na relação encontrada entre as mudanças fenotípicas e ambientais. Portanto, tratando-se de informações que relacionam a influência da

evolução com as mudanças fenotípicas sofridas pelo organismo, apenas quinze gerações podem não ter sido suficientes para a determinação da influência da seleção durante a criação para *T. remus*. Outras fontes de variação também são importantes na análise da ocorrência de plasticidade fenotípica entre indivíduos, tais como a correlação entre a forma heterogênea com o tamanho e as condições fisiológicas que o hospedeiro oferece (PINTO et al., 1989; SALVO e VALADARES, 1995).

Nesse trabalho foi realizado em ambiente com temperatura e luminosidade controladas; entretanto, diversos estudos relacionam as mudanças morfológicas com a temperatura na qual o inseto foi exposto. Diferenças morfométricas entre indivíduos da mesma espécie, muitas vezes foram demonstradas por especiações divergentes e adaptações ecológicas, em que a expressão de numerosas características morfológicas pode sofrer forte influências pelo ambiente e principalmente pela temperatura (DOUCET et al., 2001). O ectoparasitoide de lepidópteros e de dípteros minadores de folhas *Pnigalio soemius* (Walket) (Hymenoptera: Eulophidae) sofreu modificações na forma e tamanho de suas asas quando criado em duas temperaturas diferentes: 10 e 30°C, em único hospedeiro *Cosmopterix pulchrimella* (Chambers) (Lepidoptera: Cosmopterigidae). Foi constatado que a temperatura de 30°C influenciou em um menor comprimento da asa anterior de *P. soemius*, e a nervura marginal apresentou-se com curvatura em formato côncavo além de maior comprimento quando submetidos a temperaturas intermediárias (BERNARDO, PEDATA e VIGGIANI, 2007).

Mudanças morfométricas também foram comprovadas em outras ordens de insetos. *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) exibiu respostas morfológicas e plasticidade no potencial reprodutivo quando exposto a diferentes temperaturas durante o período de desenvolvimento. A variabilidade fenotípica morfológica nas populações estudadas ocorreu principalmente em função da variação da temperatura, mas também foi influenciado pelos fatores genéticos, exibindo variabilidade para a plasticidade propriamente dita (SCHEINER, 1993). Marinho (2009) relacionou as características ambientais às características morfométricas de duas espécies próximas de *Doryctobracon areolatus* (Szépliget) (Diptera: Tephritidae), proveniente de diversas localidades brasileiras por meio da morfometria geométrica e a análise molecular. Estes insetos foram nomeados de acordo com os padrões de coloração apresentados em *Doryctobracon* sp. 1 (estigma claro) e *Doryctobracon* sp. 2 (estigma escuro).

A Assimetria Flutuante (AF) retrata pequenas variações de forma aleatórias na simetria bilateral, representando um parâmetro bastante usado como medida da

instabilidade do desenvolvimento de animais e plantas (DIAZ , PULIDO e MOLLER, 2004). Observa-se que a avaliação da AF na morfologia de organismos tem se tornado uma ferramenta de grande importância na avaliação de respostas biológicas resultantes de estresse ambiental (FAIR e BRESHEARS, 2005). Foi verificado, por meio de uma meta-análise que a Assimetria flutuante é um bioindicador sensível ao estresse ambiental ao revisar 53 estudos de 42 espécies e 179 relações entre os indivíduos e o meio (biótico e abiótico), na qual se verificou a influência do estresse ambiental em 36% da variação da AF, entretanto, a relação foi mais evidente nos casos de estresses originados pela ação antropogênica ao estresse de origem “natural” (BEASLEY, BONISOLI-ALQUATI e MOUSSEAU, 2013). As dimensões dos caracteres morfológicos demonstram serem muito mais sensíveis às condições de desenvolvimento do que a Assimetria Flutuante (AF), que representa um bom indicativo da influência do impacto ambiental e níveis de estresse (BJORKSTEIN, FOWLER e POMIANKOWSKI, 2000). Uma explicação para este acontecimento seria a de que um grande potencial plástico obstruiria as condições de estresse, admitindo a manutenção do desenvolvimento, estabelecendo as condições ótimas ou normais. Caso isso seja verdade, é possível que organismos com menor habilidade para a plasticidade sejam mais susceptíveis a apresentar maiores índices de assimetria flutuante quando submetidos a situações de estresse. Em uma criação de laboratório, em que os insetos são reproduzidos da mesma forma, geração após geração, sob condições controladas, não há nenhum tipo de seleção imposta quanto a forma de acesso ao hospedeiro. A partir do momento em que se oferece uma barreira para acesso ao recurso alimentar para a progênie (hospedeiro), como realizado nesse trabalho, em que apenas fêmeas voadoras possam ter acesso a postura, ocorre uma situação de estresse, já que se trata de uma situação adversa à forma em que se procede a criação em biofábricas, e mesmo em campo, pois em ambas as situações, as fêmeas podem acessar os ovos tanto por caminhamento como por voo, ainda que na natureza, o inseto possa se beneficiar da direção e velocidade do vento para a dispersão.

### **5.1.2. Caracteres biológicos**

Com relação à razão sexual, *T. remus* apresenta naturalmente maior produção de fêmeas do que machos (CAVE, 2000). Todavia, mesmo com a seleção, não houve maior produção de fêmeas, além do que é naturalmente observado. Apenas a análise dos padrões morfométricos não é suficiente para inferir se estes parasitoides apresentam melhor atividade de voo para dispersão e forrageamento a campo com conseqüente melhor parasitismo. Estudos conjuntos da morfometria, testes

moleculares, teste de voo e testes de campo são necessários para a confirmação da eficiência da seleção dentro da criação massal ou da influência das gerações sobre a capacidade de parasitismo de parasitoides de ovos, conforme também apontado por Pomari (2013).

A seleção artificial não causou mudanças no percentual de parasitoides caminhadores e voadores ou mesmo na razão sexual destes após 15 gerações. A capacidade de voar é de suma importância para parasitoides, a dispersão é uma qualidade que pode sofrer influências durante o processo de criação massal, afetando conseqüentemente o processo de colonização e o sucesso do programa de controle biológico. Provavelmente, isso ocorre devido à produção de adultos com asas deformadas com menor aptidão de voo que podem aumentar na criação de laboratório (SOARES et al. 2012; PREZOTTI et al., 2002). A forma com que os parasitoides são confinados nos laboratórios podem ser um dos fatores responsáveis pela quantidade de adultos com asas deformadas, pois geralmente uma grande quantidade de insetos é colocada em frascos pequenos. Entretanto, fatores genéticos também podem causar deformações nas asas também. Deste modo, a criação por sucessivas gerações pode afetar a capacidade de localização, parasitismo e emergência do parasitoide *Trichogramma* sp. (PRATISSOLI e PARRA, 2004). O efeito de sucessivas gerações em condições de laboratório foi verificado em testes realizados em duas linhagens de *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) após a criação em laboratório por 39 gerações em ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), *Trichogramma sibericum* Sorkina (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e nos ovos de seu hospedeiro natural *Rhopobata naevana* Hubner (Lepidoptera: Tortricidae) nas temperaturas de 16, 21 e 26°C (DUTTON e BIGLER, 1995; PRASAD, ROITBERG e HENDERSON, 1999).

A ausência de fontes de alimentação, como carboidratos, pode afetar a taxa de parasitismo, como relatado por Bai et al. (1992) e Oliveira et al. (2003) para *T. pretiosum* e *Trichogramma maxacalii* Voegalé, Pointel (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Mesmo que a importância da alimentação para os parasitoides seja um assunto bem consolidado no que se refere à criação de insetos em laboratório, não se observa nos trabalhos a oferta de alimento aos parasitoides durante o teste de voo, assim como neste trabalho, em que os insetos não receberam nenhum tipo de fonte de alimento. Novos estudos devem ser realizados objetivando averiguar a relação da alimentação com a atividade de voo dos parasitoides, partindo-se do pressuposto que adultos jovens e bem alimentados poderiam ter maior capacidade de dispersão e colonização, pois após a liberação

teriam o único objetivo de procriação, não precisando mais procurar por fontes de alimento.

Cada espécie de parasitoide possui uma história evolutiva responsável por suas particularidades, dentre elas a adaptação. Grandes variações nas características biológicas podem ser observadas em espécies de alta plasticidade fenotípica, como em espécies de *Trichogramma* (QUERINO e ZUCCHI, 2002). As adaptações são decorrentes da plasticidade fenotípica dos parasitoides, e a capacidade faz com que determinado genótipo expresse diferentes fenótipos como resposta as mudanças ambientais, resultando assim em adaptações para contornar variações ambientais sofridas (ROFF, 2002). As 15 gerações nas quais os insetos foram submetidos a seleção não demonstraram influência sobre a mudança em relação à quantidade de insetos voadores e a razão sexual (Tabelas 5 e 6). Entretanto, a quantidade de indivíduos “voadores” encontra-se acima de 70% de fêmeas em ambos os tratamentos. A justificativa para a quantidade de fêmeas classificadas como “voadores” deve-se ao comportamento de busca por hospedeiros, pois imediatamente após a cópula, as fêmeas alçam voo objetivando a busca por hospedeiros para oviposição. A maior quantidade de machos classificados como “caminhadores”, portanto, sugere que eles tendem a permanecer sob a massa de ovos a procura de novas fêmeas para a realização do acasalamento (Tabela 5).

Testes de voo realizados em laboratório apresentam inúmeras vantagens: são baratos, rápidos, apresentam facilidade em sua repetição em condições padronizadas, além da possibilidade de se comparar com os padrões já conhecidos (BIGLER, 1994). Além da simples aplicação, o teste de voo também permite o reuso de grande parte dos materiais ali empregados (DUTTON e BIGLER, 1995). Prezotti (2002) classifica o teste de voo realizado em câmaras confeccionadas a partir de tubos de PVC como um método eficiente na detecção de perdas de qualidade em populações do parasitoide *T. pretiosum*. Desta forma, a metodologia apresenta alta sensibilidade na discriminação de populações ou linhagens do inseto estudado, reduzindo a porcentagem de erro. O autor sugere inclusive sua utilização em testes de voo no controle de qualidade de populações de *Trichogramma*. Dentre as adaptações realizadas pelo autor, foi dada atenção especial ao tempo gasto para a distensão das asas durante o caminhar. Assim parasitoides denominados “voadores” teriam a oportunidade de ultrapassar a barreira lateral de cola, evitando erros de avaliação. Entretanto, mesmo que se leve em consideração a atividade de caminhar dos parasitoides para a expansão e secagem das asas logo após a emergência dos ovos, não se tem informações a respeito do tempo de caminhar e distância percorrida pelo parasitoide, para que suas asas estejam

aptas para alçar voo, principalmente quando se leva em consideração o reduzido tamanho da câmara de voo usada para os testes em laboratório. Dessa forma, indivíduos voadores ainda podem se prender na armadilha lateral e poderiam ser confundidos como caminheiros após a avaliação. Testes de campo ou semi campo podem fornecer informações mais precisas em relação a qualidade dos insetos produzidos e de sua atividade de voo.

A longevidade das fêmeas está relacionada ao gasto energético necessário para que ocorra o parasitismo (ALMEIDA, 2004). O gasto energético despendido pela fêmea para localizar e realizar o parasitismo deve ser considerado. Pomari (2013) relatou menor quantidade de ovos parasitados por *T. pretiosum* em posturas de *C. cephalonica*, que se encontravam dispostos em uma única camada. Entretanto, durante os testes realizados em ovos de *S. frugiperda*, o autor observou elevada taxa de parasitismo, pois possivelmente houve um menor gasto metabólico durante a oviposição, resultando em maior longevidade das fêmeas. A mesma autora citada anteriormente verificou ainda nesse experimento de capacidade de parasitismo que as fêmeas atingiram 80% de parasitismo nos cinco primeiros dias de vida, pressupondo-se que nas condições estudadas, a longevidade das fêmeas não representa um fator determinante entre os hospedeiros, já que em ambos os tratamentos (com seleção e sem seleção), os parasitoides viveram mais que cinco dias. Entretanto, sabe-se que fêmeas de *T. remus* apresentam número máximo de ovos em seus ovários entre 2-3 dias de vida, produzindo mais de 76% de sua progênie (SCHWARTZ e GERLING, 1974; Van WELZEN e WAAGE, 1987). Esta afirmação corrobora para os resultados aqui obtidos, pois fêmeas privadas de alimentação viveram em média 1 dia, e produzem menos da metade de descendentes em comparação com as fêmeas alimentadas, sendo a fonte de alimentação um fator de grande influência na longevidade das fêmeas, que consequentemente influencia na quantidade dos descendentes gerados. De acordo com Lee e Heimpel (2008), a maioria dos parasitoides adultos depende de carboidrato como fonte de energia.

Para diversos autores, a quantidade e a qualidade do conteúdo do hospedeiro representa um fator de grande influência na aceitação do parasitismo e qualidade dos descendentes gerados. Por esse motivo, nesse trabalho, foram utilizadas posturas de *S. frugiperda*, o hospedeiro natural de *T. remus*. Entretanto, não se encontra na literatura estudos relacionados a influência de alguns componentes das dietas artificiais, como por exemplo os anticontaminantes, sobre a qualidade dos ovos produzidos por insetos que passam todo ciclo de vida alimentando desse recurso.

Segundo Bueno et al. (2008), a razão sexual é um parâmetro de grande importância para as criações massais com o objetivo de liberação para o controle biológico aplicado. Deseja-se um maior número de fêmeas, pois são elas as responsáveis pelo controle da praga alvo. A relação entre o número de fêmeas e machos poderia representar um fator adicional na garantia da qualidade dos insetos utilizados. Dessa forma, os resultados obtidos para os dois tratamentos (com seleção e sem seleção) e nas situações de recebimento ou não de alimento apresentaram valores com maior número de fêmeas, apesar da diferença significativa dos insetos submetidos a seleção que receberam mel como fonte de alimento, o valor encontrado para esta avaliação foi superior a 0,50. A razão sexual dos descendentes de *T. remus* pode sofrer influência pela idade das fêmeas.

De acordo com Van Welzen e Waage (1987), a razão sexual sofre influência da quantidade de ovos (hospedeiros) disponíveis ao parasitismo. Em situações em que há mais parasitoides do que ovos do hospedeiro ocorre maior produção de machos. Por esse motivo, durante o presente estudo, as fêmeas receberam diariamente posturas médias, com aproximadamente 100 ovos, para que a escassez de posturas não se tornasse um fator de interferência nos resultados. A oferta do mel como fonte de alimentação apresentou grande influência na longevidade e no número de descendentes, já que insetos que se alimentaram viveram mais e produziram mais parasitoides. Os demais tratamentos aqui realizados não influenciaram significativamente na longevidade ou no número de descendentes, mas apenas na razão sexual, na qual parasitoides submetidos à seleção apresentaram menor quantidade de descendentes. A determinação dos fatores que interferem negativamente na eficiência de parasitoides representa importante gargalo na produção massal de insetos. Portanto, avanços nesta linha de pesquisa são necessários e poderão ser fundamentais para a ampliação da produção e comercialização de agentes de controle biológico de elevada qualidade.

## **5.2. Influência da alimentação sobre o desempenho dos parasitoides**

Por se tratar de insetos sinovigênicos, comprovou-se que a alimentação demonstrou ser de grande influência na longevidade, razão sexual da prole e parasitismo de *T. remus*. Diversos estudos tem demonstrado a influência da alimentação na biologia de parasitoides. Em espécies de Trichogrammatidae também foi observado que a alimentação interfere diretamente no parasitismo e longevidade das fêmeas (LEATEMIA, LAING e CORRIGAN, 1995; PRATISSOLI et al., 2004). Segundo Pratisoli et al. (2004) e Tenhumberg, Siekmann e Keller (2006), fêmeas submetidas à alimentação a partir de uma fonte de carboidrato produziram



um maior número de descendentes, razão sexual e longevidade. Os autores, afirmam ainda que parasitoides necessitam de uma fonte de carboidrato, já que a fecundidade, longevidade e tempo gasto pelas fêmeas na busca pelo hospedeiro são afetados negativamente pela ausência desta substância, interferindo, portanto, diretamente a capacidade de forrageamento. A maioria dos parasitoides adultos são dependentes de fontes de carboidrato como fonte de energia e estes alimentos afetam significativamente a eficiência dos inimigos naturais (JEVIS et al. 1993; LEE e HEIMPEL, 2008).

A privação alimentar foi responsável pela queda dos padrões analisados, ou seja, parasitoides que não se alimentaram, viveram pouco (média de 1,2 dias), produziram menor número de fêmeas (razão sexual de 0,47) com baixa quantidade de descendentes (27,9 adultos) (Tabela 7). A capacidade de parasitismo das fêmeas em posturas de *S. frugiperda* foi afetada e, desse modo, o controle, em condições de campo pode ser inferior ao desejado. Estes resultados corroboram os estudos realizados por Meirelles, Carneiro e Fernandes (2009) em que a longevidade e a fecundidade de *T. remus* foram reduzidas na situação de ausência de carboidrato. Este composto constitui parte muito importante na alimentação de diversos adultos de parasitoides, afetando seus aspectos biológicos (JERVIS et al., 1993). Quanto à avaliação de razão sexual, durante o presente estudo, fêmeas alimentadas com mel ou privadas de alimento apresentaram valores próximos em relação ao número de descendentes do sexo feminino. O mel é a fonte comumente usada na criação de diversos insetos, em especial as de parasitoides. Resultados semelhantes foram encontrados por Nicoli et al. (2004) a partir do estudo comportamental de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae).

Ainda em relação à importância da fonte alimentar para a produção de descendentes de parasitoides, de acordo com Siekmann, Tenhumberg e Keller (2001), a alimentação, mesmo que ocorrida uma única vez, reduz o risco de inanição em 73% dos casos. A alimentação aumenta a fecundidade por meio de diversos mecanismos. Primeiramente, a alimentação rica em açúcares afeta diretamente a carga de ovos, reduzindo a taxa de reabsorção do ovo ou facilitando a sua maturação (HEIMPEL, ROSENHEIM e KATTARI, 1997; ENGLAND e EVANS 1997; OLSON e ANDOW 1998; TYLIANAKIS, DIDHAM e WRATTEN, 2004). Estudos mais aprofundados devem ser realizados para a confirmação desta situação para o parasitoide *T. remus*.

Entretanto, a partir dos dados aqui obtidos, evidencia-se que mesmo que se

obtenha uma razão sexual desejável quando as fêmeas são criadas sem fonte alimentar (próximo de 0,50), presume-se que as próximas gerações serão fortemente afetadas, pois serão produzidas baixas quantidades de adultos que viverão poucos dias (Tabela 8). Esta situação pode ocorrer tanto em criações em laboratório, na qual a fonte alimentar não é oferecida aos parasitoides adultos, ou mesmo em situações de liberação em campo, na qual os parasitoides se encontram em uma área onde não há nenhuma fonte de recurso alimentar disponível, como exemplo, pode-se citar a liberação em áreas em que a cultura não se encontra em estágio reprodutivo ou em monocultivos. Dentre as fases das criações massais de parasitoides, a alimentação de adultos com gotículas de mel é considerada uma função dispendiosa principalmente em relação ao tempo gasto devido ao grande número de parasitoides produzidos. Portanto, várias gerações são criadas sem nenhum tipo de alimento (CRUZ, informação pessoal\*)

No presente estudo, o mel foi a fonte alimentar que garantiu maior número de indivíduos na progênie quando foi diluída em água (141 parasitoides) (Tabela 8), pois proporciona altos níveis de parasitismo e longevidade. Resultados semelhantes foram encontrados por Meirelles, Carneiro e Fernandes (2009). Porém, fêmeas que se alimentaram apenas do mel puro apresentaram uma redução significativa do número de indivíduos gerados (121 parasitoides), que representa uma redução de 14% dos parasitoides gerados.

A fonte de proteína Bio Anastrepha® não causou qualquer benefício na espécie em estudo (Tabela 8). De acordo com Raga e Vieira (2015), esta fonte de proteína apresenta uma variação em relação ao seu pH que vai de 7,93 a 7,42 em uma situação de campo, durante seu primeiro e o décimo dia de exposição. Em contrapartida, o mel apresenta pH próximo de 3,6. A diferença de pH do mel, que representa a principal fonte alimentar utilizada em alguns laboratórios de criação de insetos com o objetivo de pesquisa, com o pH da fonte proteica Bio Amastrepha®, representa uma provável causa resultados aqui obtidos.

Considerando uma situação de campo, caso os parasitoides sejam liberados em época coincidente a produção de pólen e néctar das plantas, estas fontes poderiam servir como fonte alimentar. Em muitos casos, o néctar e o pólen representam as principais fontes de nutrientes exigidos pela fêmea, da mesma forma que as substâncias excretadas por alguns hemípteros, o *honeydew*, que também pode representar uma forma de alimento para adultos de parasitoides (GARCIA, 1991). Como os principais açúcares encontrados no néctar são glicose, frutose e sacarose, é razoável inferir que estes carboidratos são os mais apropriados para a

criação de parasitoides, pois não só aumenta a longevidade, como também a capacidade de parasitar ao longo da vida (IDRIS e GRAFIUS, 1995; WACKERS, 2001; WILLIAMS III e ROENE, 2007). Estudos mais avançados em relação às fontes alimentares encontradas na natureza devem ser realizados, levando-se em consideração o pólen e o néctar da cultura de interesse, mas também das principais plantas ali encontradas, como as plantas daninhas e frutíferas. Assim como a interação dos parasitoides e demais insetos produtores de substâncias açucaradas, como pulgões e demais hemípteros. Estudos demonstraram que parasitoides se alimentam de néctar floral no campo suplementar ou de outras fontes (CASAS et al. 2003; WÄCKERS e STEPPUHN 2003; HEIMPEL et al. 2004; LAVANDERO et al. 2005; WINKLER 2005; LEE, ANDOW e HEIMPEL, 2006), evidenciando que recursos florais causam aumento das taxas de parasitismo em ambientes agrícolas (ENGLISH-LOEB et al. 2003; TYLIANAKIS, DIDHAM e WRATTEN, 2004; ELLIS et al. 2005; LAVANDERO et al. 2005).

A razão sexual dos parasitoides está diretamente relacionada à idade da fêmea, e pode ser explicada pela queda ou falta de espermatozoides na espermateca, já que a cópula ocorre uma única vez, conseqüentemente há a diminuição do número de ovos férteis, promovendo a queda no número de fêmeas nos próximos parasitismos (HOUSEWEART et al. 1983; HAO-YUAN et al. 2012). Muitos estudos relacionados a produção de descendentes e razão sexual da progênie estão baseados apenas em fêmeas de parasitoides ; entretanto pesquisas voltadas à capacidade de cópula dos machos são raras. Não se observa na literatura estudos com parasitoides, de modo geral, que elucidam a quantidade de fêmeas que um macho pode fecundar e a qualidade desses descendentes gerados a partir do número de cópulas.

Estudos envolvendo as fontes de alimentação de fêmeas de *T. remus* em campo representam uma grande importância, já que desta forma, com a obtenção de uma fonte ideal de alimentação, adultos podem sobreviver por mais tempo, produzindo uma maior quantidade de descendentes e possivelmente estabelecer a espécie em campos agrícolas. Assim, de forma semelhante a Meirelles, Carneiro e Fernandes (2009), sugere-se alimentar as fêmeas antes da liberação ou disponibilizar no campo a fonte de alimento. Estes estudos representam importância fundamental em programas de controle biológico de pragas e podem resultar em aumento do sucesso dos programas de controle biológico.

### 5.3. Conclusões

- O acesso exclusivo de insetos que alçam voo ao hospedeiro resulta no aumento da tibia das fêmeas após 10 gerações, mas não no tamanho da asa ou do corpo.
- A seleção artificial utilizada não resulta em incremento no percentual de indivíduos voadores ou alteração no percentual de machos e fêmeas que caminham ou voam.
- A seleção artificial utilizada não influencia significativamente no nível de parasitismo de *T. remus*.
- Fêmeas alimentadas com mel apresentam maior eficiência de parasitismo, são mais longevas e produzem mais fêmeas.
- A fonte de proteína BioAnastrepha® afeta significativa e negativamente a razão sexual de *T. remus*.
- Insetos alimentados com mel apresentam melhor desempenho em condições de laboratório e, dessa forma, é o melhor alimento para adultos de *T. remus*.

#### 5.4. Referências

- ALI, A.; LUTTREL, R. G.; PITRE, H. N. Feeding sites and distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on cotton. **Environmental Entomology**, v. 19, p. 1060-1067, 1990.
- ALMEIDA, R. P. *Trichogramma* and its relationship with *Wolbachia*: identification of *Trichogramma* species, phylogeny, transfer and costs of *Wolbachia* symbionts. Tese de doutorado, Wageningen University, **The Netherlands**, 2004.
- ANDREWS, K.L. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. **Florida Entomologist**, v.63, p.456-467, 1980.
- ASHLEY, T. R.; GONZALEZ, D.; LEIGH, T. F. Selection and hybridization of *Trichogramma*. **Environmental Entomology**, v.3, p. 43-48. 1974.
- ÁVILA, C. J.; DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, S. A. **Insetos-pragas: reconhecimento, comportamento, danos e controle**. Embrapa- Circular Técnica, v.5, 5p, 1997.
- BAI, B.; LUCK, R. F.; FORSTER, L.; STEPHENS, B.; JANSSEN, J. A. M. The effect of host size on quality attributes of the egg parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 64, p. 37-48, 1992.
- BAYA, J. M.; SITANANTHAM, S.; GITONGA, L. M.; OSIR, E. O.; AGONG', S. G. Scope for genetic enhancement of the parasitisation potential of four native strains of *Trichogrammatoidea* sp. nr. *lutea* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Kenya. **Biocontrol Science and Technology**, v.17, p. 743-755. 2007.
- BEASLEY, D. A. E.; BONISOLI-ALQUATI, A.; MOUSSEAU, T. A. The use of fluctuating asymmetry as a measure of environmentally induced developmental instability: A meta-analysis. **Ecological Indicators**. v. 30, p.218–226, 2013.
- BENNETT, D. M.; HOFFMANN, A. A. Effects of size and fluctuating asymmetry on field fitness of the parasitoid *Trichogramma carverae* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Journal of Animal Ecology**. v. 67, p. 580-591, 1998.

BERNARDO, U.; PEDATA, P. A., VIGGIANI, G. Phenotypic plasticity of pigmentation and morphometric traits in *Pnigalio soemius* (Hymenoptera: Eulophidae). **Bulletin of Entomological Research**. v. 97, p. 101-109, 2007.

BERNDT, L. A.; WRATTEN, S. E. Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. **Biological Control**, v.32, p.65–69, 2005.

BLEICHER, E; PARRA, J. R. P. Efeito do hospedeiro de substituição e da alimentação na longevidade de *Trichogramma* sp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 26, p. 1845-1850, 1991

BIGLER, F. Quality control in *Trichogramma* production, p. 93-112. In E. Wajnberg & S. A Hassan (Eds.), Biological control with egg parasitoids. Wallingford, **CAB International**, 286p. 1994.

BJIRKSTEIN. T. A., FOWLER, K. e POMIANKOWSKI, A. What does sexual trait FA tell us about stress? **Trends in Ecology & Evolution**. v.15, p.163-166, 2000.

BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 206 p. 2000.

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**. v. 38, p.1-6, 2008.

BURR, I. W.; FOSTER, L. A. A test for equality of variances. **West Lafayette: University of Purdue**, 26p. 1972.

BUSATO, G. R.; GRUTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J.; ZOTTI, M. J. Preferência para alimentação de biótipos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) por milho, sorgo, arroz e capim-arroz. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, p. 215-218, 2004.

CARNEIRO, T.R. **Aspectos bioecológicos da interação *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2005. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

CASAS, J.; DRIESSEN, G.; MANDON, N.; WIELAARD, S.; DESOUHANT, E.; VAN ALPHEN, J.; LAPCHI, L.; RIVERO, A.; CHRISTIDES, J. P.; BERNSTEIN, C. Energy dynamics in a parasitoid foraging in the wild. **Journal of Animal Ecology**. v.72, p.691–697. 2003.

CASAS, J.; PINCEBOURDE, S.; MANDON, N.; VANNIER, F.; POUJOL, R.; GIRON, D. Lifetime nutrient dynamics reveal simultaneous capital and income breeding in a parasitoid. **Ecology**, v.86, p.545–554. 2005.

CAVE, R.D. Biology, ecology and use in pest management of *Telenomus remus*. **Biocontrol News and Information**, v. 21, p. 21-26, 2000.

CHAPMAN, R. F. **The Insects: structure and function**. Cambridge: Cambridge University Press, 770p, 2006.

COLINET, H.; BOIVIN, G.; HANCE, T. Manipulation of parasitoid size using the temperature-size rule: fitness consequences. **Oecologia**, v. 152, p. 425-433, 2007.

CRUMB, S.E., The Larvae of the Phalaenidae. USDA Agricultural Research Service, Washington, D. C. **Technical Bulletin Number**. v. 1135, p. 1-356, 1956.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C. **Estudos preliminares do parasitoide *Telenomus* sp. Nixon sobre ovos de *Spodoptera frugiperda*: relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**. Sete Lagoas, v.6, p.104-105, 1994.

CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa: CNPMS, Circular Técnica, v.21, 45p., 1995.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; OLIVEIRA, C. E.; VASCONCELOS, C. A. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. **International Journal of Pest Management**, London, v. 45, p. 293-296, 1999.

CRUZ, I. **Manual de identificação de pragas do milho e de seus principais agentes de controle biológico**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 192p. 2008.

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, p.177-188. 2010.

DeBACH, P. The scope of biological control. In: **Biological control of insect pests and weeds**. New York: Reinhold Pub. p. 2-20. 1964.

DÍAZ, M.; PULIDO, F. J.; MOLLER, A. P. Herbivore effects on developmental instability and fecundity of holm oaks. **Oecologia**, v. 139, p.224–34, 2004.

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

DOUCET, M.; LAX, P.; DI RIENZO, J. A.; PINOCHET, J.; BAUJARD, P. Temperature induced morphometrical variability in an isolate of *Pratylenchus vulnus* Allen & Jensen, 1951 (Nematoda: Tylenchida). **Nematology**, Leiden, v. 3, p. 1-8, 2001.

DUTTON, A.; BIGLER, F. Flight activity assessment of the egg parasitoid *Trichogramma brassicae* (Hym: Trichogrammatidae) in laboratory and field conditions. **Entomophaga**. v.40, p. 223-233, 1995.

ELLERS, J. Fat and eggs: an alternative method to measure the trade-off between survival and reproduction in insect parasitoids. **Netherlands Journal of Zoology**, v.46, p.227–235. 1996.



ELLERS, J.; VAN ALPHEN, J. H. M. Life history evolution in *Asobara tabida*: plasticity in allocation of fat reserves to survival. **Journal of Evolutionary Biology**. v.10 , p.771-785, 1997.

ELLIS, J. A.; WALTER, A. D.; TOOKER, J. F.; GINZEL, M. D.; REAGEL, P. F.; LACEY, E. S.; BENNET, A. B.; GROSSMAN, E. M.; HANKS, L. M. Conservation biological control in urban landscapes: manipulating parasitoids of bagworm (Lepidoptera: Psychidae) with flowering forbs. **Biological Control**. v.34, p.99–107. 2005.

Empresa Brasileira de Milho e Sorgo. Milho: O produtor pergunta, a EMBRAPA responde. **Embrapa Informação Tecnológica**. Brasília (DF), 2011.

ENGLAND, S.; EVANS, E. W. Effects of pea aphid (Homoptera: Aphididae) honeydew on longevity and fecundity of the alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) parasitoid *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Environmental Entomology**, v.26, p.1437–1441. 1997.

ENGLISH-LOEB, G.; RHAINDS, M.; MARTINSON, T.; UGINE, T. Influence of flowering cover crops on *Anagrus* parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in New York vineyards. **Agricultural and Forest Entomology**, v.5, p.173–181. 2003.

FAIR, J. M.; BRESHEARS, D. D. Drought stress and fluctuating asymmetry in *Quercus undulata* leaves: confounding effects of absolute and relative amounts of stress? **Jornal of Arid Environments**. v. 62, p. 235–249, 2005.

FADAMIRO, H. Y.; HEIMPEL, G. E. Effects of partial sugar deprivation on lifespan and carbohydrate mobilization in the parasitoid *Macrocentrus grandii* (Hymenoptera: Braconidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.94, p.909–916. 2001.

FERNANDES, O. A.; CARNEIRO, T. R. Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* no Brasil. In: Pinto, A.S.P; D.E. Nava; M.M. Rossi; D.T. Malerbo-Souza (org.). **Controle Biológico de Pragas na Prática**. p. 75-82. 2006.

FERREIRA, D. F. SISVAR–programa estatístico. **Versão**. v. 4, p. 109-141, 2010.

FIGUEIREDO, M. L. C.; DELLA LUCIA, T. M. C.; CRUZ, I. Effect of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) density on control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses upon release in maize field. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v.1, p.12-19, 2002.

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

FUCHSBERG, J. R.; YONG, T. H.; LOSEY, J. E.; CARTER, M. E.; HOFFMANN, M. P. Evaluation of corn leaf aphid (*Rhopalosiphum maidis*; Homoptera: aphididae) honeydew as a food source for the egg parasitoid *Trichogramma ostrininae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biological Control**. v. 40, p. 230-236, 2007.

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

GARCIA, M. A. Ecologia nutricional de parasitoides e predadores terrestres, p 289–305. *In*: A. R. Panizzi & J. R. P. Parra. (eds.). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. **Manole**. 359 p. 1991.

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

GARDNER, S. M.; Van LENTEREN, J. C. Characterization of the arrestment responses of *Trichogramma evanescens*. **Oecologia**. v. 8, p. 265-270, 1986.

GAZIT, Y.; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. Arrestment of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) by a kairomone associated with eggs of its host, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Control**. v.6, p. 283-290. 1996.

GEREMIAS, L. D. **Seleção de linhagens e efeito da temperatura e do alimento no desempenho de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera : Trichogrammatidae) para o controle de *Diatrea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera : Crambidae) em milho.** 2008. 81p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

GILLOT, C. Entomology. **Springer Netherlands**, 832p. 3a Ed. 2005.

GIRON, D.; CASAS, J. Lipogenesis in an adult parasitic wasp. **Journal of Insect Physiology**, v.49, p.141–147. 2003.

GÓMEZ TORRES, M. L. **Controle biológico de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera : Tortricidae) com *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Planter, 1983.** 101 p. 2005. Dissertação (Mestrado em Entomologia)- Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GRAMACHO, K. P. Considerações sobre o melhoramento de abelhas com base no comportamento higiênico. **XV Congresso Brasileiro de Apicultura- 1ª Congresso Brasileiro de Meliponicultura.** Natal/RN. 2004.

GRENIER, S.; GRILLE, G.; BASSO, C.; PINTUREAU, B. Effects of the host species and the number of parasitoids per host on the size of some *Trichogramma species* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 11, p. 21-26, 2001.

GRUTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. S.; CUNHA, U. S. **Insetos- praga das culturas do milho e sorgo no agroecossistemas da várzea.** In PARFITT, J. M. B. (ED.). Produção de milho e sorgo em várzea. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, v.0, p.81-102, 2000.

GUATUM, R. D. Influence of different noctuid hosts on the parasitisation by *Telenomus* Nixon (Scelionidae: Hymenoptera). **Journal of Entomological Research**, v. 10, p. 70-73, 1986.

GUEVARA, N. N. **Bioecologia comparada de duas linhagens de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) parasitando ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 74f. 2013. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências agrárias e Veterinárias. Jaboticabal. 2013.

HAO-YUAN, H.; CHEN, Z.; DUAN, B.; ZHANG, T. Effects of female diet and age on offspring sex ratio of the solitary parasitoid *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 52, p. 259-262, 2012.

HEIMPEL, G. E.; JERVIS, M. A. Does floral nectar improve biological control by parasitoids: in Plant- Provided for Carnivorous Insects: a Protective Mutualism and its Applications. p. 267-304. 2005.

HEIMPEL, G. E.; ROSENHEIM, J. A.; KATTARI, D. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.83, p.305–315. 1997.

HEIMPEL, G. E.; LEE, J. C.; WU, Z.; WEISER, L.; WÄCKERS, F.; JERVIS, M. A. Gut sugar analysis in field-caught parasitoids: adapting methods originally developed for biting flies. **International Journal of Pest Management**, v.50, p.193–198. 2004.

HOUSE, H. L. Insect nutrition. In : FIENNERS, R. N. (Ed.). **Biology of nutrition**. New York : Plenum Press, chap. 18, p. 513-573, 1972.

HOHMANN, C. L. ; LUCK, R. F. ; OATMAN, E. R. ; PLANTER, G. R. Effects of different biological factors on longevity and fecundity of *Trichogramma platneri* Nagarkati (Hymenoptera : Trichogrammatidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 18, p. 61-70, 1989.

HOLFMAN, A. A; PARSONS, P.A. **Extreme environmental change and evolution**. 2nd ed. London: Cambridge University Press, 259 p. 1997.

HOUSEWEART, M. W.; JENNINGS, D. T.; WELTY, C.; SOUTHARD, S. G. Progeny production by *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) utilizing eggs for *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) and *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Canadian Entomologist**. v.115, p.1245–1252, 1983.

HRUSKA, A. J.; GOULD, F. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatrea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua. **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p. 611-622, 1997.

IDRIS, A. B.; GRAFIUS, E. Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Environmental Entomology**. v.24, p.1726–1735, 1995.

JAMES, C. Global status of commercialized transgenic crops: 2000. **ISAAA Briefs**, ISAAA, n. 21, p.45, 2000.

JERVIS, M. A.; KIDD, N. A. C.; FITTON, M. G.; HUDDLESTON, T.; DAWAH, H. A. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. **Journal of Natural History**. v.27, p.67–105, 1993.

JERVIS, M. A.; FERNES, P. N.; HEIMPEL, G. E. Body size and the timing of egg production in parasitoid wasps : a comparative analysis. **Functional Ecology**. v. 17, p. 375-383, 2003.

JERVIS, M. A.; ELLERS, J. ; HARVEY, J. A. Resource Acquisition Allocation and Utilization in Parasitoid Reproductive Strategies. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 361-385, 2008.

KASTEN JUNIOR, P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, v.53, p.69-78, 1978.

KAZMER, D. J.; LUCK, R. F. Female body size, fitness and biological control quality: Field experiments with *Trichogramma pretiosum*. **Les Colloques de l'INRA**, v. 56, p. 37-40, 1995.

KILLICK- KENDRICK, R. The biology and control of phlebotomine sand flies. **Clinics in Dermatology**. v. 17, p. 279-289, 1999.

LAVANDERO, B.; WRATTEN, S.; SHISHEHBOR, P.; WORNER, S. Enhancing the effectiveness of the parasitoid *Diadegma semiclausum* (Helen): movement after use of nectar in the field. **Biological Control**, v.34, p.152–158. 2005.

LEATEMIA, J. A.; LAING, J. E.; CORRIGAN, J. E. Effects of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **The Canadian Entomologist**. v.127, p.45– 254, 1995.

LEE, J. C.; ANDOW, D. A.; HEIMPEL, G.E. Influence of floral resources on sugar feeding and nutrient dynamics of a parasitoid in the field. **Ecological Entomology**, v.5, p.143–178. 2006.

LEE, J. C.; HEIMPEL, G. E. Floral resources impact longevity and oviposition rate of a parasitoid in the field. **Journal of Animal Ecology**. v.77, p.565–572, 2008.

LEE, J. C.; HEIMPEL, G. E.; LEIBEE, G. L. Comparing floral néctar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrients levels of a parasitoid wasp. **Entomologia Experimentalis at Applicata**. v.111, p.189–199, 2004.

LEIDERMAN, L. M.; SAUER, H. F. G. **A lagarta dos milharais**. v. 19, p. 105-113, 1953.

LERNER, I. **The genetic basis of selection**. Jhon Wiley & Sons, New York, 289p. 1958.

LEWIS, W. J.; STAPEL, J. O. ; CORTESERO, A. M. ; TAKASU, K. Understanding how parasitoids balance food and hosts needs : importance to biological control. **Biological Control**. v. 11, p. 175-183, 1998.

MARINHO, C. F. Análises morfométricas e moleculares de espécies de *Doryctobracon* Enderlein e *Opius* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae), parasitoide de moscas das frutas (Diptera: Tephritidae). Piracicaba, 140p. 2009. **Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2009.**

McDOUGALL, S. J.; MILLS, N. J. The influence of hosts, temperature and food sources on the longevity of *Trichogramma platneri*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 83, p. 195-203, 1997.

MEIRELLES, A. P.; CARNEIRO, T. R.; FERNADES, O. A. Efeito de diferentes fontes de carboidrato e da privação de alimento sobre aspectos biológicos de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 53. p.457-460. 2009.

MILANO, P. **Influencia da nutrição e temperatura na reprodução de representantes de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elachistidae**. 2008. 75p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

MIRANDA, J. E. **Contra-ataque**. Caderno Técnico Cultivar Grandes Culturas, p. 7-10, 2006.

MORALLES, J.; GALLARDO, J.S.; VÁSQUEZ, C.; RÍOS, Y. Patrón de emergencia, longevidad, parasitismo y proporción sexual de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) con relación al cogollero del maíz. **Venezuela: Bioagro**, v. 12, p. 47-54, 2000.

MURÚA, M. G; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina), **Acta Zoológica Mexicana**. v. 20, p. 199-210, 2004.

NAGAKARTI, S. Two new species of *Trichogramma* (Hymenoptera: trichogrammatidae) from de U. S. A. **Entomophaga**, v. 20, p. 245-248, 1975.

NATION, J. L. **Insects physiology and biochemistry**. Gainesville : CRC Press, 485 p. 2002.

NICOLI, E. M. Desenvolvimento e potencial de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* (Hym: Trichogrammatidae), sob a ausência de hospedeiro e de alimentação. 65p. 2002. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

NICOLI, E. M.; PRATISSOLI, D.; REIS, E. F.; SANTOS, H. F. Viabilidade e razão sexual de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sob influência do hospedeiro *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) em condições de laboratório. **Entomologia y Vectores**. v.11, p.521–533, 2004.

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

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 434p. 1988.

OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C.; PRATISSOLI, D.; PICANÇO, M. C. Biological characteristics of *Trichogramma maxacalii* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, p. 647-653, 2003.

OLSON, D. M.; ANDOW, D. A. Larval nutrition effects on longevity and fecundity of female *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Environmental Entomology**. v.27, p. 508–514, 1998.

OLSON, D. M.; FADAMIRO, H.; LUNDGREN, J. G.; HEIMPEL, G. E. Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. **Physiological Entomology**, v.25, p.17–26. 2000.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 6a ed. Piracicaba: ESALQ/FEALQ. 134p.,2001.

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

PEDRASI T. C.; PARRA J. R. P. Técnica de criação e determinação das exigências térmicas de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae). In: X Congresso Brasileiro de Entomologia, Rio de Janeiro. **Anais...** p. 227. 1986.

PIGLIUCCI, M. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, p. 481-486, 2005.



PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado e insetos benéficos do milho e sorgo**. Ribeirão Preto: ESALQ/USP, 2004.

PINTO, J. D.; VELTEN, R. K.; PLATNER, G. R.; OATMAN, E. R. Phenotypic plasticity and taxonomic characters in *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Annals of the Entomological Society of America**. v. 82, p. 414-425, 1989.

POGUE, G.M. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, Philadelphia, v.43, p.1-202, 2002.

POLANCZYK, R. A. **Estudos de *Bacillus thuringiensis* Berliner visando ao controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)**. 144f. 2004. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

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

POMARI, A. F. Características biológicas de *Telenomus remus* Nixon em ovos de *Corcyra cephalonica* (Stainton) e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith): bases para o desenvolvimento de programas de controle biológicos aplicado para as culturas da soja e milho. 110f. 2013. **Dissertação (Doutorado)**. Universidade de São Paulo. 2013.

PRASAD, R. P.; ROITBERG, B. D.; HENDERSON, D. The effect of rearing temperature on flight initiation of *Trichogramma sibiricum* Sorkina et ambient temperatures. **Biological Control**. v.16, p. 291-298. 1999.

PRATISSOLI, D.; OLIVEIRA, H. N.; GONÇALVES, J. R.; ZANUNCIO, J. C.; SCHMALE, I.; WÄCKERS, F. L.; CARDONA, C.; DORN, S. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. **Biological Control**. v.21, p.134–139. 2001.

PRATISSOLI, D.; H. N. DE OLIVEIRA; S. M. J. VIEIRA; R. C. OLIVEIRA; H. B. ZAGO. Efeito da disponibilidade de alimento nas características biológicas de *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. v.48, p.101–104. 2004.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. Seleção de linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phythorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**. v. 30, p. 277-282, 2004.

PREZOTTI, L. **Controle de qualidade de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em criações de laboratório**. 81p. 2001. Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, São Paulo. 2001.

PREZOTTI, L.; PARRA, J. R. P.; VENCOSKY, 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**. v. 31, p.411-417, 2002.

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. Intraespecific variation in *Trichogramma bruni* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with different hosts. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, p. 665-679, 2002.

RAGA, A.; VIEIRA, S. M. J. Atratividade de protein hidrolisada de milho em mistura com borax sobre moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em gaiolões de campo. **Arquivos do Instituto Biológico**. v.10, p.1-8, 2015.

ROFF, D. A. **Life History Evolution**. Sinauer Associates Inc: Sunderland, 2002.

ROJAS, L.; GARCÍA-ROA, F. Comportamiento parasítica de *Telenomus* sp. em *Spodoptera frugiperda*. **Revista Colombiana de Entomología**. Bogotá, v. 21, p.191-197, 1995.

RUBIN, L. A. **Manejo da Lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho.** 76p. 2009. Monografia apresentada ao Curso de Pós graduação em Tecnologias no Manejo Integrado de Pragas e Doenças de Plantas. Porto Alegre (RS). 2009.

RUTLEDGE, L. C., GUPTA, R. K. Moth flies and sand flies (Psychodidae). **Medical and Veterinary Entomology**. Academic Press, New York, NY, p. 153-154, 2002.

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

SALVO, A.; VALLADARES, G. Intraespecific size variation in polyphagous parasitoids (Hymenoptera: Parasitica) of Lefa miners and its relation to hostsize. **Entomophaga**, v.40, p. 273-280, 1995.

SANTOS, L. M.; REDAELLI, L. R.; DIENFEBACH, L. M. G.; EFROM, C. F. S. Fertilidade e longevidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. **Ciência Rural**, v. 34, p. 345- 350, 2004.

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, p. 41-48, 2002.

SCMALE, I.; WACKERS, F. L.; CARDONA, C.; DORN, S. Control potential of three hymenopteran parasitoid species against the bean weevil in stored beans: the effect of adult parasitoid nutrition on longevity and progeny production. **Biological Control**. v. 2, p. 134-139, 2001.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.

SCHEINER, S. M. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. **Annual Review of Ecology Entomol** v.24, p.35-68. 1993.

SCHLUTER, D. **Estimating the form of natural selection on a quantitative trait. Evolution.** (GLMS program website is <http://www.zoology.ubc.ca/schluter/splines.html>). 1988.

SCHWARTZ, A.; GERLING, D. Adult biology of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) under laboratory conditions. **Entomophaga**, v. 19, p. 482-492, 1974.

SIEKMANN, G.; TENHUMBERG, B.; KELLER, M. A. Feeding and survival in parasitic wasps: sugar concentration and timing matter. **Oikos**, v.95, p.425–430. 2001.

SIQUEIRA, R.; MACKAUER, M. Nutritional ecology of an insect host-parasitoid association: the pea aphid *Aphidius ervi* system. **Ecology**, v. 73, p. 183-189, 1992.

SOARES, M. A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; SÁ, V. G. M.; FERREIRA, G. S.; ROCHA, S. L.; PIRES, E. M.; SERRÃO, J. E. Quality control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (hym: Trichogrammatidae) adults reared under Laboratory conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.55, p.305-311, 2012.

SOMEHOUDHURY, A. K.; DOUTT, N. Evaluation of some flower as a nutritional source of *Trichogramma* spp. **Indian Journal of Entomology**. v. 50, p. 371-373, 1988.

SOOD, S.; PAJNI, H. R. Effect of honey feeding on longevity and fecundity of *Uscana mukerjii* (Mani) (Hymenoptera: trichogrammatidae), na egg parasitoid of bruchids attacking stored products (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Stored Products Research**. v. 42, p. 438-444, 2006.

TENHUMBERG, B.; SIEKMANN, G.; KELLER, M. A.. Optimal time allocation in parasitic wasps searching for hosts and food. **Oikos**. v.113, p.121–131. 2006.

TODD, E. L.; POOLE, R. W. Keys and illustrations for the armyworm moths of the Noctuid Genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v.73, p.722-738, 1980.

TREACY, M. F. ; BENEDICT, J. H. ; WALMSLEY, M. H. ; LOPEZ, J. D. ; MORRISON, R. K. Parasitism of bollworm (Lepidoptera : Noctuidae) eggs on nectaried and nectariless cotton. **Environmental Entomology**. v. 16, p. 420-423, 1987.

TYLIANAKIS, J. M.; DIDHAM, R. K.; WRATTEN, S. D. Improved fitness of aphid parasitoids receiving resource subsidies. **Ecology**, v.85, p.658–666. 2004.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.  
<https://www.usda.gov/> USDA-Junho/2016. Acesso dia 20/02/2017.

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. **Ocorrência e controle de pragas durante a safrinha de milho no Sudeste Goiano**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Sete (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica). v. 48, 4p. 2004.

VAN LENTEREN, J.C. Need for quality control of mass produced biological control agents. In: LENTEREN, J.C. (Ed.). Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures. **Wallingford: CABI Publishing**, chap.1, p.1-18. 2003.

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

VAN WELZEN, C. R. L.; WAAGE, J. K. Adaptative responses to local mate competition by the parasitoid *Telenomus remus*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 21, p. 359-365, 1987.

WÄCKERS, F. L. Do oligosaccharides reduce the suitability of honeydew for predators and parasitoids? A further facet to the function of insect-synthesized honeydew sugars. **Oikos**. v.90, p.197– 201, 2000.

WÄCKERS, F. L. A comparison of nectar- and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. **Journal of Insect Physiology**. v.47, p.1077– 1084, 2001.

WÄCKERS, F. L.; STEPPUHN, A. Characterizing nutritional state and food source use of parasitoids collected in fields with high and low nectar availability. *Proceedings of the IOBC/WPRS Study Group on Landscape Management for Functional Biodiversity, Bologna, Italy* (eds W.A.Rossing, H.Poehling & G.Burgio), **International Organization of Biological Control**. p. 203–208. 2003.

WAJNBERG, E. Intra-population genetic variation in *Trichogramma*. In. WAJNBERG, E.; HASSAN, N. A. **Biological Control with Egg Parasitoids**. Wallingford: CABI, cap. 12, p. 245-272. 1994.

WANG, Z. Y. ; WY, Y. ; HE, K. L. ; BAI, S. X. Effects of transgenic Bt maize pollen on longevity and fecundity of *Trichogramma ostrinae* in laboratory conditions. **Bulletin of Insectology**. v. 60, p. 49-55, 2007.

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](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/manfito/index.htm)

Acesso em: 15 de jan. 2017.

WILLIAMS III, L.; ROANE, T. M. Nutritional ecology of a parasitic wasp: Food source affects gustatory response, metabolic utilization, and survivorship. **Journal of Insect Physiology**. v. 53, p.1262–1275, 2007.

WINKLER, K. Assessing the risks and benefits of flowering field edges. PhD Thesis, **Wageningen University, Wageningin**. 2005.

WITTING-BISINGER, B. E.; ORR, D. B. ; LINKER, H. M. Effects of floral resources on fitness of the parasitoids *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera : Trichogrammatidae) and *Cotesia congregata* (Hymenoptera : Braconidae). **Biological Control**. v.47, p.180-186, 2008.

WYCKHUYS, K. A. G.; STRANGE-GEORGE, J. E.; KULHANEK, C. A.; WÄCKERS, F. L.; HEIMPEL, G. E. Sugar feeding by the aphid parasitoid *Binodoxys communis*: how does honeydew compare to other sugar sources? **Journal of Insect Physiology**, v. 54, p. 481-491, 2008.

WOJCIK, B.; WHITCOMB, W. H.; HABECH, O. H. Host range testing of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Florida Entomologist**. v. 59, p. 195-198, 1976.

ZUCCHI, R. A. **A taxonomia e o controle biológico de pragas**. Capítulo 2 em: Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores. 635p. 2002.