

UNICAMP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Fernanda Cabral

INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DE *Anagasta kuehniella* (ZELLER, 1879) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE) NO DESENVOLVIMENTO DE SEU PARASITÓIDE NATURAL, *Bracon hebetor* SAY 1836 (HYMENOPTERA, BRACONIDAE) E SUA TOLERÂNCIA À RADIAÇÃO DE MICROONDAS (2450MHz).

Este exemplar corresponde à redação final
da tese defendida pelo(a) candidato(a)
Fernanda Cabral
e aprovada pela Comissão Julgadora.
02/02/2001

Tese apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Parasitologia

Orientador: Prof. Dr. Mohamed Habib

2001

13-1877



L^o CHAMADA: TI UNICAMP
C 112i
Ex.
OMBO BC/ 44485
ROC. 16-39210-1
C D
REQ. R\$ 11,00
DATA 16/05/01
L^o CPD

CM-00155198-1

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA – UNICAMP**

C112i

Cabral, Fernanda

Influência da alimentação de larvas de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera, Pyralidae) no desenvolvimento de seu parasitóide natural, *Bracon hebetor* Say 1836 (Hymenoptera, braconidae) e sua tolerância à radiação de microondas (2450MHz)/
Fernanda Cabral. -- Campinas, SP. [s.n.], 2001.
97f. ilus.

Orientador: Mohamed Habib

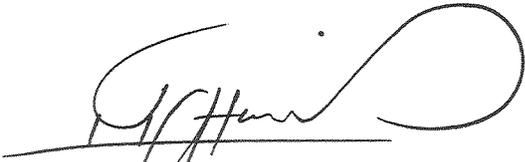
Tese (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas.
Instituto de Biologia.

1. Anagasta. 2. Microondas. 3. Controle biológico. 4. Dieta. I. Habib, Mohamed. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia.
III. Título.

LOCAL E DATA: Campinas, 02 de fevereiro de 2001.

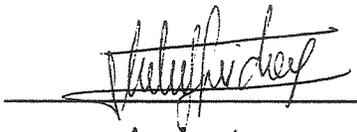
BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Mohamed Habib



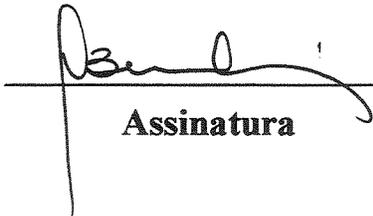
Assinatura

Prof. Dr. Heitor Zochio Fischer



Assinatura

Prof. Dr. Odair Benedito Ribeiro



Assinatura

Prof. Dr. Nelson da Silva Cordeiro

Assinatura

*Ao meu marido Fábio e minha
filha Gabriela, razões do meu
viver.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram de alguma forma, com apoio nos momentos mais difíceis, e principalmente com carinho e compreensão, tanto para a realização deste trabalho quanto ao longo de minha vida de mestrandia.

Aos meus pais Gilvan e Sandra que sempre me incentivaram e ajudaram com muito carinho e amor a viver, lutando pela minha sobrevivência e acreditando sempre na minha vitória.

Um agradecimento muito especial para minha filha Gabriela, pelos fins-de-semana passados no Depto. de Zoologia, pelas tardes de sono nas cadeiras do laboratório e principalmente pela paciência e amor por mim e pela Entomologia.

Ao meu marido Fábio pela paciência, compreensão e carinho indispensáveis para meu trabalho.

Ao Prof. Mohamed pela orientação, incentivo e confiança depositados em mim e no meu trabalho.

À Giovanna, por ter sido uma grande orientadora, incentivadora e principalmente uma amiga verdadeira.

À minha Vó Iara, pelo carinho e orgulho que tinha comigo e aonde estiver estará me olhando.

Aos meus amigos da UNICAMP, Mara, Gílcia, Raquel, Jairo, Joaquim e Priscila pela ajuda e amizade nestes anos de convivência, repletos de cafezinhos, almoços e gargalhadas.

Ao meu sogro e sogra Seu Wilmar e Dona Alda, pela força e ajuda nas tarefas diárias.

Ao Departamento de Parasitologia pelo apoio em todas as etapas do Curso e do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Zoologia pela ajuda na viabilização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelos recursos que tornaram possível a execução deste trabalho.

4. OBJETIVOS.....	41
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
5.1. Coleta de Insetos e Manutenção das Criações Estoque.....	42
5.2. Biologia Comparada de <i>Anagasta kuehniella</i> criada em três dietas.....	42
5.3. Análise do efeito da dieta do hospedeiro <i>Anagasta kuehniella</i> na capacidade de localização e na seleção do hospedeiro pelas fêmeas do parasitóide <i>Bracon hebetor</i>	44
5.4. Avaliação do impacto da radiação de microondas sobre <i>Anagasta kuehniella</i> e <i>Bracon hebetor</i>	45
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
6.1. Biologia comparada de <i>Anagasta kuehniella</i> criada em 3 dietas.....	48
6.1.1. Estágios imaturos.....	48
6.1.2. Estágio adulto.....	55
6.1.3. Ciclo total.....	59
6.2. Avaliação do impacto de diferentes tempos de exposição a microondas sobre larvas de terceiro estágio de <i>Anagasta kuehniella</i> criadas em 3 dietas.....	61
6.3. Análise do efeito da dieta do hospedeiro na capacidade de localização e na seleção do hospedeiro pelas fêmeas do parasitóide.....	67
6.4. Influência de duas dietas no desenvolvimento de <i>Bracon hebetor</i>	69
6.5. Avaliação da tolerância de adultos do parasitóide <i>Bracon hebetor</i> criados em 3 dietas a diferentes tempos de exposição às microondas.....	71
7. CONCLUSÕES.....	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
Tabela 1 – Duração (dias) e mortalidade dos estágios larval, pré-pupal e pupal, e peso de pupa de 24 horas de <i>Anagasta kuehniella</i> , criadas em três dietas, sob condições de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$; $70\pm 10\%$ de U.R. e fotoperíodo de 12 horas.....	50
Tabela 2 – Composição média aproximada por 100 g de farelo, gérmen e farinha integral de trigo.....	53
Tabela 3 – Longevidade (dias) de adultos acasalados e não acasalados, de ambos os sexos, de <i>A. kuehniella</i> criados em farinha integral de trigo, mantidos em condições de $T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$; $70\pm 10\%$ de UR e fotoperíodo de 12 horas (20 casais/ repetição – 2 repetições).....	56
Tabela 4 – Tempo médio de duração (dias) das fases de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição de <i>A. kuehniella</i> criada em 3 dietas ($T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$; U.R.= $70\pm 10\%$ e fotoperíodo=12 horas).....	57
Tabela 5 – Duração do estágio de ovo e número de ovos (Média \pm desvio padrão) depositados por fêmea de <i>A. kuehniella</i> , obtidas em 3 dietas derivadas do trigo, sob condições de $T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$; U.R.= $70\pm 10\%$ e fotoperíodo=12 horas.....	58
Tabela 6 – Razão sexual em adultos de <i>A. kuehniella</i> criados em 3 dietas (farinha integral, gérmen e farelo de trigo), nas condições de $T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$; U.R.= $70\pm 10\%$ e fotoperíodo=12 horas.....	59

- Tabela 7** – Mortalidade acumulada 30 min e 24 horas após tempos de exposição à radiação de microondas (2.450 MHz) em larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, criadas em farinha integral e gérmen (q=1,27)..... 62
- Tabela 8** – Mortalidade acumulada 30 min e 24 horas após tempos de exposição à radiação de microondas (2.450 MHz) em larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, criadas em farelo (q=1,28)..... 63
- Tabela 9** – Valores do tempo de exposição letal mediano (TEL₅₀), em segundos, para larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, criadas em 3 diferentes dietas (farinha integral, farelo e gérmen de trigo) em condições de temp=25±2°C; U.R.=70±10% e fotoperíodo=12 horas..... 64
- Tabela 10** – Número médio de fêmeas de *B. hebetor* observadas durante oito horas, sobre larvas de *A. kuehniella* criadas em farinha integral, gérmen e farelo nas condições de 25±2°C; U.R. de 70±10% e fotoperíodo=12 horas..... 67
- Tabela 11** – Número médio de ovos e de adultos obtidos por larva hospedeira, e duração das fases imaturas (dias) do parasitóide *B. hebetor* criado em larvas de *A. kuehniella* alimentadas em farinha integral e gérmen nas condições de 25±2°C; U.R. de 70±10% e fotoperíodo de 12 horas, durante 8 horas..... 70

Tabela 12 – Valores do tempo de exposição letal mediano (TEL₅₀), em segundos, e respectivos intervalos de confiança para adultos do parasitoide *Bracon hebetor* (24 h) criados em larvas de *A. kuehniella* alimentadas em 2 diferentes dietas, (farinha integral e gérmen de trigo), submetidos à radiação de microondas (T=25±2°C; U.R.=70±10% e fotoperíodo=12 horas)..... 72

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

- Figura 1** - Desenho ilustrativo de um grão de trigo seccionado transversalmente. Observação das estruturas como endosperma (A), casca (B) e gérmen (C)..... 20
- Figura 2** - Frasco de acasalamento (10,0 cm de altura por 7,5 cm de diâmetro) utilizado nos estudos de biologia comparada de *A. kuehniella* para obtenção de ovos e observação dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição e longevidade de macho e fêmeas..... 43
- Figura 3** – Larvas de último estágio de *A. kuehniella* alimentadas em três dietas derivadas do trigo: (A) Larva criada em farinha integral; (B) Larva criada em gérmen e (C) Larva criada em farelo..... 49
- Figura 4** – (A) Pupas de 24 horas de *A. kuehniella* criadas em três dietas derivadas do trigo; (B) Pupa criada em farinha integral; (C) Pupa criada em gérmen; (D) Pupa criada em farelo..... 52
- Figura 5** - Duração dos estágios de ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto não acasalados (A) e acasalados (B) e ciclo total em dias de *A. kuehniella* para larvas criadas em farinha integral, gérmen e farelo de trigo ($T=25\pm 2^\circ$; U.R.= $70\pm 10\%$ e fotoperíodo=12 horas)..... 60
- Figura 6** - Relação entre a taxa de mortalidade e tempo de exposição a microondas (2.450 MHz) em larvas de Terceiro estágio de *A. kuehniella* criadas em três dietas (farinha integral, gérmen e farelo de trigo)..... 65

Figura 7 - Relação linear entre mortalidade e tempo de exposição a microondas (2.450 MHz) para adultos do parasitóide *Bracon hebetor* obtidos de larvas de *A. kuehniella* criadas em duas dietas (farinha integral e gérmen de trigo)..... 73

INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO DE LARVAS DE *Anagasta kuehniella* (ZELLER, 1879) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE) NO DESENVOLVIMENTO DE SEU PARASITÓIDE NATURAL, *Bracon hebetor* SAY 1836 (HYMENOPTERA, BRACONIDAE) E NA SUA TOLERÂNCIA À RADIAÇÃO DE MICROONDAS (2450MHz).

1. RESUMO

Ao contrário do controle convencional de pragas, cujo objetivo é apenas eliminar o inseto-alvo, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) abrange todo o ecossistema, buscando uma utilização consciente de métodos de controle ecologicamente seguros e economicamente viáveis. Neste contexto, torna-se de extrema importância o conhecimento das interações entre os agentes de controle empregados em um sistema, bem como da biologia da praga, para garantir maior eficiência na implantação de tais programas.

Este trabalho teve como objetivo o estudo comparativo da biologia do piralídeo *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) em três dietas derivadas do trigo (farinha integral, gérmen e farelo); o desenvolvimento de seu ectoparasitóide natural *Bracon hebetor* (Say, 1836) nas larvas criadas nas três dietas, além da análise do impacto da radiação de microondas (2450 MHz) sobre esta praga e seu parasitóide, oriundos das mesmas três dietas. Assim, o trabalho visou em última instância, a otimização do uso de microondas, associado ao parasitóide natural, como possível componente no manejo deste piralídeo praga em armazéns de subprodutos do trigo.

Farinha de trigo infestada por *A. kuehniella* e *B. hebetor* foi coletada no moinho Brasway, em Campinas, SP. As colônias de ambos os insetos foram mantidas em sala climatizada com condições controladas de temperatura ($25 \pm 1^\circ \text{C}$), umidade ($70 \pm 10\%$) e fotoperíodo (12 h). Como fonte geradora de radiação usou-se um forno de microondas da marca Panasonic NN 7954 BH / K, emitindo ondas na frequência de 2.450 MHz.

Constatou-se que a dieta influenciou diretamente o desenvolvimento de *Anagasta kuehniella*. Tanto o estágio de larva, como os estágios de pré-pupa e pupa apresentaram

diferenças na duração em dias das fases, onde larvas criadas em farinha integral e gérmen demonstraram menor duração, que as criadas no farelo. Em relação à mortalidade larval as dietas de farinha integral e gérmen de trigo apresentaram-se semelhantes e foram inferiores às encontrada para dieta de farelo. Apesar do período de duração das fases de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição terem sido iguais para as três criações, o número de ovos colocados por fêmeas criadas em farinha integral e gérmen foi superior ao observado para fêmeas criadas em farelo. A longevidade de machos e fêmeas, tanto não acasalados como acasalados, não sofreu interferência da dieta, sendo os machos sempre mais longevos que as fêmeas. Os adultos não acasalados de *A. kuehniella*, obtidos nas 3 dietas, tiveram longevidade maior que os acasalados.

Apesar deste trabalho ter demonstrado que não existe diferença na localização das larvas criadas nos três subprodutos do trigo, farinha integral, gérmen e farelo, pelas fêmeas do parasitóide, pode-se constatar que não houve parasitismo por estas fêmeas sobre larvas criadas em farelo de trigo. A capacidade de oviposição das fêmeas dos parasitóides sobre as larvas das duas dietas, bem como a duração média de todas as fases imaturas, do parasitóide *B. hebetor* foram totalmente eficazes, com resultados semelhantes para farinha integral e gérmen de trigo.

O estágio adulto do parasitóide *Bracon hebetor*, criado em farinha e gérmen, demonstrou ser bastante tolerante à radiação de microondas, quando comparado com seu hospedeiro natural, *A. kuehniella*, que apresentou TEL₅₀ para larvas de terceiro estágio, criadas nas três dietas, menores que os observados para o parasitóide

Sendo assim, pode-se concluir que a dieta como recurso energético e nutricional para *A. kuehniella* influenciou diretamente no desenvolvimento dos estágios imaturos e nas atividades reprodutivas do adulto. Apesar da influência da dieta sobre a sensibilidade de larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, pode-se constatar que a radiação de microondas apresentou-se como um método de controle bastante promissor para a praga criada em três subprodutos do trigo, podendo ser empregado em ecossistemas de armazenagem em associação ao ectoparasitóide *B. hebetor*.

INFLUENCE OF THE FEEDING OF LARVAS OF *Anagasta kuehniella* (ZELLER, 1879) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE) IN THE DEVELOPMENT OF HIS NATURAL PARASITOID, *Bracon hebetor* (SAY 1836) (HYMENOPTERA, BRACONIDAE) AND IN HIS TOLERANCE TO MICROWAVES (2450MHZ).

2. SUMMARY

Unlike the conventional control of pests, whose objective is just to eliminate the target insect, the Integrated Pest Management (IPM) embraces the whole ecosystem, looking for a more conscious use of control methods, ecologically safe and economically viable. In this context, it becomes of extreme importance the knowledge of the interactions among the control agents used in a system, as well as of the biology of the pest, to guarantee larger efficiency in the implantation of such programs.

The objective of this study is to compare the biology of the pyralid *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) in three derived diets of the wheat (whole meal flour, germ and bran); the development of his natural ectoparasitoid *Bracon hebetor* (Say, 1836) in larvae created in that three diets, besides the analysis of the impact of the radiation of microwaves (2450 MHz) on this pest and his parasitoid, originating from of the same three diets. Like this, the main objective is the optimization of use of microwaves, associated to the natural parasitoid, as a possible component in the handling of this pyralid pest in stores of wheat by-products.

Wheat flour infested by *A. kuehniella* and *B. hebetor* was collected in Brasway mill, in Campinas, SP. The stock creations of both insects was maintained in acclimatized room under controlled conditions of temperature ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), humidity ($70 \pm 10\%$) and photo-phase (12 h). A microwave oven, brand Panasonic NN 7954 BH/K, emitting waves in the frequency of 2.450 MHz, was used as a generating source of radiation.

The diet influenced directly in *Anagasta kuehniella* development. The larval stadium, as well as the pro-pupal and pupae stadia presented differences in the duration in days of the phases, where larvae created in whole meal flour and germ demonstrated smaller duration, in relationship of those created in the bran. About larval mortality the diets of whole meal flour

and wheat germ came similar and were found inferior than for bran diet. Despite of the period of duration of the pro-oviposition, oviposition and past-oviposition phases, having being the same for the three creations, the number of eggs placed by females created in whole meal flour and germ was superior to the observed for females maids in bran. The longevity of males and females, as much virgins as to have coupled, didn't suffer interference of the diet, the males had always more longevity than females. The virgin adults of *A. kuehniella*, obtained in the 3 diets, had larger longevity than coupled.

In spite of this work to have demonstrated that difference doesn't exist in the location of the larvae created in three by-products of the wheat, whole meal flour, germ and bran, for the females of the parasitoid, it can be verified that there was not parasitism for these females on larvae created in wheat bran. The capacity of oviposition of the parasitoid females on the larvae of the two diets, as well as the medium duration of all the immature phases, of *B. hebetor* was totally effective and equal for whole meal flour and wheat germ.

The adult of the parasitoid *Bracon hebetor*, created in flour and germ, demonstrated to be quite tolerant to microwaves radiation, when compared with your natural host, *A. kuehniella*, that presented TEL₅₀ for larvae of third instar, created in three diets, much smaller than observed them for the parasitoid

Is possible to come to the conclusion that the diet as energetic and nutritional resource for *A. kuehniella* influenced directly in the development of the immature stages and in the adult's reproductive activities. Despite of the influence of the diet over the sensibility of larvae of third instar of *A. kuehniella*, it can be verified that the radiation of microwaves came as a method of quite promising control for the pest created in three by-products of wheat, and could be used in storage ecosystems in association to the ectoparasitoid *B. hebetor*.

3. INTRODUÇÃO

3.1. A AGRICULTURA E A PRODUÇÃO DE TRIGO.

Há cerca de 20.000 anos, o homem deixou a atividade nômade e passou a se fixar na terra, desenvolvendo atividades agro-pastoris. A utilização do trigo como alimento humano, data de cerca de 17 mil anos (BASTOS, 1998). O primeiro homem a comer trigo, provavelmente mastigou o grão do cereal silvestre e descobriu que poderia se alimentar, cultivá-lo e, com isso, se estabelecer num lugar definitivo, deixando de ter a vida nômade. Esse fato pode ser considerado como a descoberta da agricultura (SILVA *et al.*, 1996).

Com o tempo os humanos descobriram que poderiam estocar algumas categorias de itens agrícolas excedentes da produção, para quando esta estivesse temporariamente interrompida (MUNRO, 1966; HEISER JR., 1977).

Passaram-se muitos anos e a agricultura e a armazenagem sofreram uma série de modificações, ligadas à tecnologia empregada, à relação sócio-econômica e ambiental. Foi com a Revolução Industrial que os processos agrícola e de armazenagem receberam incentivos marcantes, como produção e importação de insumos e energias externas e a quebra de barreiras ambientais. Hoje em dia temos um modelo de agricultura e armazenamento dependentes de recursos tecnológicos e insumos externos (ROMEIRO & SALLES FILHO, 1996).

Atualmente, tanto a produção como o armazenamento de alimentos, estão muito mais comprometidos com a economia, do que com o ideal de garantir a alimentação da população mundial.

A produção de cereais alcançou no ano de 1999 a marca mundial de 582 milhões de toneladas, sendo o trigo o grão mais produzido, ultrapassando a produção de soja e milho. O principal produtor de trigo é a China, responsável por 20% da produção mundial, seguido do Canadá, que apresenta produção anual de aproximadamente 61.950 milhões de toneladas (FAO, 2000). Devido à sua grande variedade de espécies, aproximadamente 17 mil, o trigo pode ser cultivado em quase todas as partes do planeta. Além do trigo ser muito utilizado na alimentação humana na forma de farinhas e derivados, também é muito apreciado como base de rações para animais (BARBOSA *et al.*, 1990), demonstrando um perfil marcante no mercado mundial e importância econômica. Apresenta entre todas as outras culturas alimentícias, a maior área plantada, representando em torno de 20 % de toda a área cultivada do mundo (OSÓRIO, 1999).

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma planta da família das gramíneas, assim como o arroz e o milho, e se originou do cruzamento de outras gramíneas silvestres que existiam nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates, na Ásia, por volta de 15 a 10 mil anos antes de Cristo (SOARES SOBRINHO & SOUZA, 1983). Sua importância está associada ao desenvolvimento da civilização e da agricultura moderna, sendo considerado um alimento sagrado por muitos povos (AYKROYD & DOUGHTY, 1970).

3.2. O GRÃO DE TRIGO.

As flores do trigo aparecem em espigas compostas de um conjunto de espiguetas, dispostas compactamente de forma alternada e opostas ao longo do ráquis (eixo central). O grão de trigo, chamado de cariopse, é pequeno e seco, chegando a medir em torno de 6mm de comprimento (KENT, 1975; SILVA *et al.*, 1996).

O grão de trigo (Figura 1) possui três partes importantes: o endosperma, o gérmen e a casca. O endosperma se caracteriza por ser a parte maior e muito rica em amido, apresentando aproximadamente 80% de toda proteína do grão. É do endosperma que se produz a farinha

branca. Na base da semente encontra-se o gérmen, responsável pela germinação da planta. Rico em gordura e minerais é muito utilizado pela indústria farmacêutica, para a extração de óleos e vitaminas. A farinha de gérmen de trigo é muito empregada como ração animal, por apresentar um óleo rico em vitamina E. A casca (pericarpo), cuja função é proteger o endosperma e o gérmen, é formada por dois tegumentos fibrosos: um mais grosso, externo, chamado de salvado, e um menos fibroso, interno, denominado aleurona. O farelo de trigo corresponde a moagem destes dois tegumentos. Muito usado na fabricação de rações para animais, também é utilizado na alimentação humana. Apresenta um efeito laxante que se deve à grande quantidade de fibra (CHRISTENSEN, 1974; POMERANZ, 1989a; FERRARI, 1998).

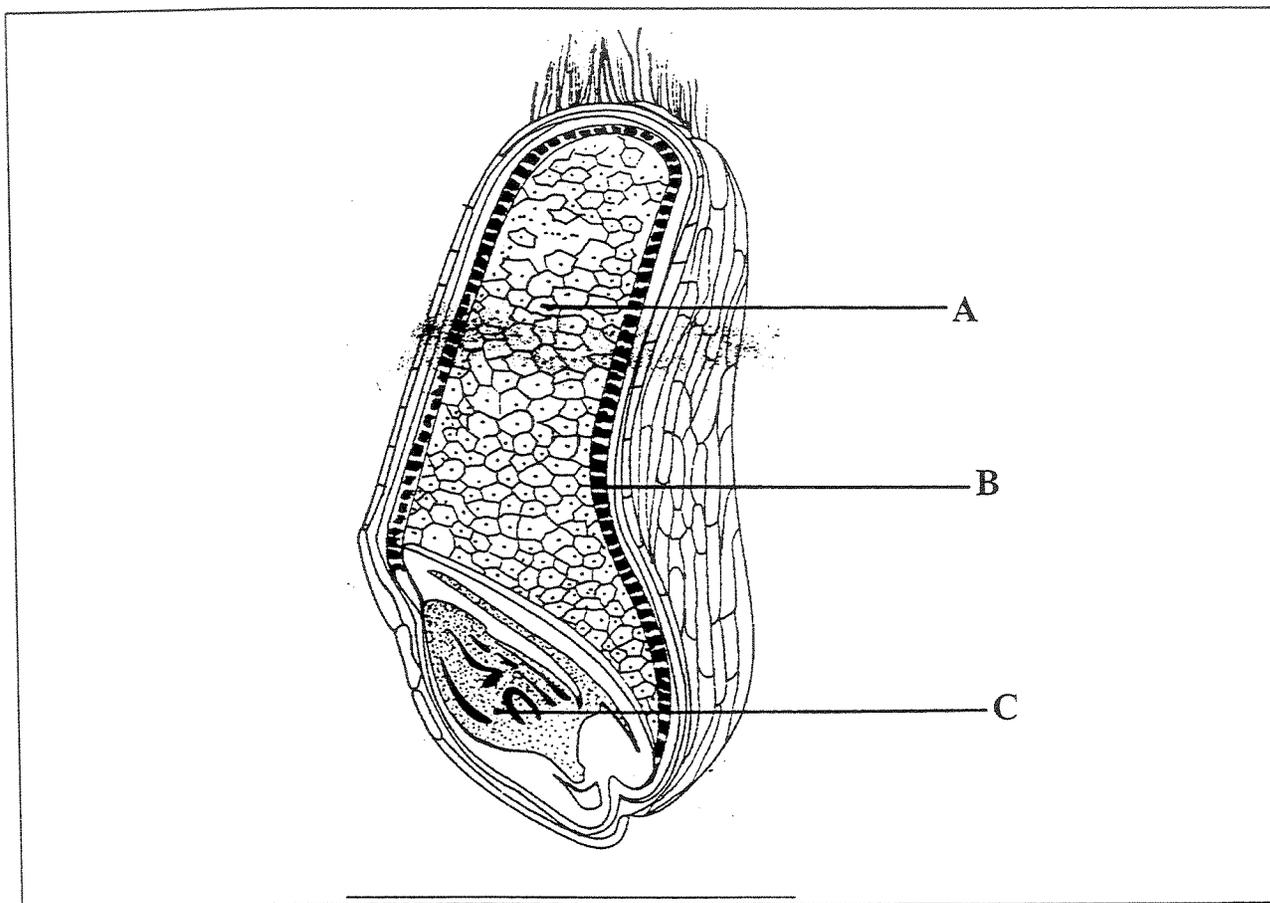


Figura 1: Desenho ilustrativo de um grão de trigo seccionado transversalmente. Observação das estruturas como endosperma (A), casca (B) e gérmen (C).

Fonte: BASTOS, 1998.

Na farinha integral, ocorre a moagem do grão de trigo inteiro, aproveitando todas as partes do cereal (endosperma, casca e gérmen), constituindo um subproduto rico em energia (carboidratos), proteínas e fibras, bem como, importante fonte de ferro, vitaminas B1, B2 e E (POMERANZ, 1989b; BASTOS, 1998)

3.3. PRAGAS E SEU IMPACTO ECONÔMICO.

Os produtos alimentícios armazenados são normalmente atacados por grande número de insetos pragas, os quais, freqüentemente, provocam sérios prejuízos. Segundo dados da “Food and Agriculture Organization” (FAO, 2000), são estimados perdas da ordem de 10% da produção mundial total de grãos, o que representa uma perda anual, aproximadamente, de 205 milhões de toneladas, suficientes para alimentar uma população de cerca de 400 milhões de indivíduos. No Brasil, em função da precariedade da rede de armazenamento e das condições climáticas favoráveis ao crescimento de populações de pragas, as perdas estimadas atingem cerca de 20% do total de grãos (GALLO *et al.*, 1988). Estes dados sugerem que os esforços aplicados tanto no aumento da produção agrícola quanto na expansão das áreas de plantio, podem ser totalmente desperdiçados se não houver um aprimoramento das condições de armazenamento e dos métodos de controle de suas pragas (MOINO JR., 1993).

As pragas mais importantes associadas aos produtos armazenados estão concentradas quase que exclusivamente nas ordens Coleoptera e Lepidoptera. A ordem Lepidoptera inclui as traças que geralmente são maiores que os coleópteros e apresentam larvas e adultos de corpos frágeis ou pouco resistentes, o que dificulta a sua penetração na massa de grãos, restringindo seu ataque a porção superficial do produto armazenado (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976).

De modo geral, as pragas de grãos armazenados apresentam elevado potencial biótico, determinado pela alta capacidade reprodutiva e de sobrevivência e ciclo de vida rápido,

oligofagia e capacidade de desenvolver resistência a métodos de controle químico convencional. Vale a pena salientar ainda as condições favoráveis e estáveis do habitat a essa entomofauna, pois neste tipo de ecossistema o inseto conta com uma elevada disponibilidade de recursos alimentares e abrigo, além de estar sujeito a condições físico-climáticas altamente homogêneas, em comparação com o ambiente externo ao armazém (GALLO *et al.*, 1988). Sendo assim, enquanto as pragas agrícolas e florestais sofrem maiores impactos de fatores naturais de mortalidade, bióticos e abióticos, necessitando com isso de maior tempo para alcançarem o nível populacional economicamente prejudicial à cultura, as pragas de grãos armazenados chegam a este nível mais rapidamente (ALVES, 1998). Em função disso, o controle preventivo para as pragas de produtos armazenados torna-se necessário (SARTORI, 1996).

3.3.1. *Anagasta kuehniella* (ZELLER, 1879).

Anagasta kuehniella (Zeller, 1879), conhecida popularmente como traça da farinha ou mariposa da farinha do Mediterrâneo, é um pirálídeo cosmopolita, que provoca grandes prejuízos, pois os hábitos alimentares da larva fazem-na uma das mais sérias pragas secundárias de moinhos de trigo e cereais em várias regiões do mundo, principalmente nas regiões temperadas (HABIB, 1968, 1982; COX, 1987; GALLO *et al.* 1988). Foi considerada como praga na Europa desde 1840. A primeira ocorrência desse pirálídeo no Canadá foi por volta de 1889 (METCALF & FLINT, 1981). Apesar dos registros no Brasil relatarem o aparecimento de *A. kuehniella* nas regiões sul e sudeste (MARICONI, 1983; SILVA *et al.*, 1968) acredita-se que esta praga ocorra em todo território brasileiro (AMARAL FILHO, 1986; STEIN, 1985).

Os adultos são mariposas de coloração parda, apresentando em média 20 mm de envergadura. As asas anteriores são longas, estreitas, acinzentadas, com pontos e manchas transversais mais escuras. As asas posteriores são mais claras, quase brancas. Normalmente os ovos são depositados sobre os grãos ou sacarias que contenham subprodutos dos grãos, a larva

assim que eclode migra para o fundo do produto e já começa a se alimentar. Larvas de *A. kuehniella* podem apresentar de seis a oito estádios dependendo das condições climáticas e físicas do meio em que se encontram. Ao entrarem no estágio de pré-pupa migram para a superfície e tecem um casulo no interior do qual se transformam em pupa (PARRA *et al.*, 1987; LORINI, 1999).

Ao infestar farinhas, fubás, farelos e outros produtos, as larvas formam grumos devido à secreção de fios de seda e causam mau cheiro devido aos processos de fermentação e deterioração. Este tipo de infestação prejudica a qualidade tecnológica e comercial do produto, além de facilitar o ataque do produto por outros insetos. A deposição de excrementos e restos mortais nos produtos armazenados pode inutilizá-los, tornando-os inadequados ou até imprestáveis para alimentação. Também podem chegar a obstruir a tubulação do moinho, o que reduz o rendimento do maquinário e aumenta o custo de processamento, pois obriga a parada da produção para limpezas na tubulação (DUTRA, 1901; MONTE, 1934; HABIB, 1968). As larvas deste inseto quando não encontram seu alimento preferencial podem atacar também grãos como o milho, arroz e amendoim, além de frutas secas, chocolates e até mesmo carnes (METCALF & FLINT, 1981; AMARAL FILHO, 1986).

Apesar de *A. kuehniella* ser considerada uma das mais sérias pragas secundárias de moinhos e armazéns de trigo e cereais, também é utilizada em programas de controle biológico, pois serve como hospedeiro para vários himenópteros controladores de pragas, como é o caso da criação do ectoparasitóide *Apanteles flavipes*, controlador da broca da cana-de-açúcar, mantidos em laboratório em criações massais de *A. kuehniella*. Nestes casos além do controle nutricional feito nas dietas oferecidas às larvas, procura-se uma dieta econômica viável (PARRA, 1996).

3.4. BIONOMIA E NUTRIÇÃO.

Segundo SINGH & MOORE (1985) um inseto qualquer pode sofrer modificações nas suas funções biológicas por influência de mudanças na temperatura, luz, umidade, alimento, abrigo, pressão parasitóides /predadores, competição, local de postura, vento e feromônio.

Embora UVAROV (1928) e BRUES (1946) tenham feito revisões sobre nutrição e hábitos alimentares de insetos, foi a partir da década de 40, com os trabalhos de G. FRAENKEL (1953), sobre exigências nutricionais de pragas de grãos armazenados, que houve uma grande evolução nesta área da Entomologia.

O crescimento, desenvolvimento e reprodução de insetos são diretamente correlacionados com a quantidade e qualidade de alimento ingeridos. A ingestão depende dele ser encontrado, estar disponível, ser aceito, digerível, assimilável e apto a fornecer todos os nutrientes exigidos para produção de energia e aumento de biomassa (PANIZZI & PARRA, 1991, PARRA, 1996).

Existem, além dos nutrientes, outros componentes químicos sem valor nutritivo, mas que são fundamentais na seleção do hospedeiro. São os semioquímicos, que incluem atraentes, estimulantes de alimentação, repelentes, deterrentes e muitos outros componentes, que são precursores ou fontes de hormônios, feromônios, cairomônios e alomônios e que estão envolvidos na cópula, oviposição, defesa e outros fenômenos inter e intra-específicos em insetos (WHITTAKER & FEENY, 1971; SLANSKY JR. & RODRIGUEZ, 1987; DICKE & SABELIS, 1988).

Trabalhos sobre a nutrição estudam os requisitos alimentares dos organismos (no caso, insetos). A nutrição pode ser enfocada sob o aspecto qualitativo e quantitativo. A nutrição qualitativa envolve exigências nutricionais sob o ponto de vista químico. Os insetos têm como exigências nutricionais básicas (exigências específicas), aminoácidos, vitaminas e sais minerais (nutrientes essenciais para a formação do inseto) e carboidratos, lipídios e esteróis

(nutrientes essenciais para o crescimento do inseto). Já a nutrição quantitativa (dietética) considera que é importante não somente exigências básicas, mas a quantidade (proporção) de alimento ingerido, digerido, assimilado e convertido em tecidos de crescimento (SLANSKY JR & SCRIBER, 1985). Esta quantidade é variável, em função não somente de nutrientes como também de compostos não nutricionais, como os aleloquímicos, existentes no alimento. Os nutrientes essenciais para a formação ou maturamento dos insetos são compostos que devem ser incluídos na dieta porque não podem ser sintetizados nem pelo sistema metabólico do animal, nem pelos simbioses. São as vitaminas, aminoácidos e certos sais minerais. Os nutrientes essenciais para o crescimento e melhor desenvolvimento são elementos que devem ser consumidos para produzir energia, e que são convertidos de uma forma tal que os insetos possam utilizá-los através do processo metabólicos. São os carboidratos, lipídios e esteróis (SLANSKY JR. & RODRIGUEZ, 1987; PANIZZI & PARRA, 1991)

SINGH (1977) estabeleceu, baseando-se em HOUSE (1961), 3 princípios gerais de nutrição em insetos, que são:

1. Princípio de Suplementos Cooperadores, onde “fontes suplementares de nutrientes, fornecidas por simbioses, podem desempenhar um importante papel na nutrição dos insetos”. Os simbioses (bactérias, fungos, leveduras, protozoários, etc.) podem ser a fonte principal do alimento; podem converter internamente alimento de uma forma inaproveitável para uma forma aproveitável (cupins e baratas); podem fornecer fatores auxiliares de crescimento (vitaminas) ou executar funções bioquímicas para dar condições de um inseto sobreviver e crescer em uma dieta inadequada.

2. Princípio de Identidade, onde “independentemente da posição sistemática e do hábito alimentar do inseto as exigências nutricionais qualitativas são semelhantes”. Assim, um mastigador, sugador ou parasitóide têm as mesmas exigências qualitativas, variando, no entanto, a forma como esta dieta é oferecida.

3. Princípio da Proporcionalidade Nutricional, onde “proporções adequadas de nutrientes são exigidas para nutrição normal”. Desta forma é de fundamental importância a proporção dos nutrientes, principalmente proteínas/ carboidratos, proporção esta variável de inseto para inseto, conforme apresentado por DADD (1985). O balanço de nutrientes também varia com a idade do inseto.

Uma dieta que contenha todos os nutrientes pode falhar para produzir o desenvolvimento de um dado inseto, se não houver o estímulo de início de alimentação. Os principais estímulos são químicos, biológicos e físicos. Em relação ao primeiro tipo, são compostos que estimulam o comportamento de alimentação e induzem os insetos a se alimentarem. Para continuar a se alimentar, o inseto depende de estimulantes de alimentação, embora eles não sejam, necessariamente, os mesmos em cada estágio de desenvolvimento (SCRIBER & SLANSKY JR., 1981).

Existem os nutrientes estimulantes de alimentação (açúcares, aminoácidos, sais, esteróis, vitaminas, compostos orgânicos e ácidos orgânicos) e os compostos que não tem valor nutritivo (compostos de metabolismo secundário/ aleloquímicos) incluindo flavonóides, quinonas, taninos, fenilpropanos, entre muitos outros (SLANSKY JR & RODRIGUEZ, 1987)

Em relação ao segundo tipo de estímulos, é sabido que muitas das exigências biológicas de insetos são peculiares à espécie e não são diretamente relacionadas com a nutrição. Entretanto, condições fisiológicas, como idade e diapausa, não podem ser passadas despercebidas na avaliação de resultados de experimentos nutricionais (COX *et al.*, 1984).

Para o terceiro tipo de estímulos, a consistência e estrutura de uma dieta adequada são determinados pelos hábitos alimentares e tipo de aparelho bucal do inseto. Assim, para pragas de grãos armazenados, grilos e baratas, meios em pó ou granulados são preferíveis. As propriedades físicas da dieta como dureza, textura, homogeneização, conteúdo de água, podem ter papel importante para o inseto (RODRIGUEZ & RODRIGUEZ, 1987).

3.5. CLASSIFICAÇÃO DAS PRAGAS DE ALIMENTOS ARMAZENADOS.

A fauna que ataca os grãos armazenados é basicamente a mesma, independente do tipo de ecossistema armazenador (SANTOS, 1993). De maneira geral, insetos que atacam grãos armazenados apresentam como característica o desenvolvimento de adaptações para a exploração de matérias com baixo conteúdo de umidade, possuindo mecanismos altamente eficientes na aquisição e conservação da água (PUZZI, 1977).

Apesar de não ocorrer muita variação na composição da entomofauna associada aos produtos armazenados, o conhecimento do hábito alimentar de cada praga constitui elemento importante para definir o manejo a ser implementado. Segundo este hábito, as pragas de grãos armazenados podem ser classificadas em primárias e secundárias. As pragas primárias são aquelas que atacam grãos inteiros e sadios e, dependendo da parte do grão que atacam podem ser denominadas pragas primárias internas ou externas. As primárias internas perfuram os grãos e neles penetram para completar seu desenvolvimento. Alimentam-se de todo interior do grão e possibilitam a instalação de outros agentes de deterioração dos grãos. As pragas primárias externas prejudicam a parte exterior do grão (casca) e alimentam-se posteriormente da parte interna sem, no entanto, se desenvolver no interior do grão. Há uma destruição do grão apenas para fins de alimentação (LORINI, 1999).

Pragas secundárias são aquelas que não conseguem atacar grãos inteiros, pois requerem que os grãos estejam danificados ou quebrados para deles se alimentar. Essas pragas ocorrem na massa de grão quando estes estão quebrados ou danificados por pragas primárias, ou quando o produto é um subproduto do grão (farinha, farelo, etc.) (LORINI, 1999).

Existem também os insetos associados, que não atacam os grãos, alimentam-se apenas dos detritos e fungos presentes nos produtos armazenados, mas contribuem para prejudicar o aspecto e qualidade dos grãos (VENDRAMIN *et. al.*, 1992).

3.6. MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP).

A filosofia de controle de pragas, baseada no uso exclusivo dos produtos químicos organo-sintéticos, tinha a concepção de controle como sinônimo de ausência total de populações-praga. Porém, mostrou-se insatisfatória e foi inicialmente modificada para uma concepção de controle integrado de pragas, onde propunha-se a combinação de agentes de controle biológico com intervenções de controle químico, buscando diminuir as perdas econômicas e minimizar os efeitos adversos ao ambiente. Entretanto, ainda se propunha a buscar a erradicação total do inseto alvo (VAN DEN BOSCH & MESSENGER, 1973). Porém, verificou-se que aspectos importantes para um real controle estavam sendo ignorados, ocasionando uma série de problemas, como a resistência de insetos a diversos inseticidas; aparecimento de pragas que antes eram consideradas secundárias e efeitos adversos sobre inimigos naturais das pragas (ZUCCHI *et al.*, 1992)

Um novo conceito para o controle de pragas surgiu, chamado de Manejo Integrado de Pragas ou simplesmente Manejo de Pragas, sendo um somatório de tecnologia em várias áreas como, entomologia, agronomia, fisiologia, matemática, economia e muitas outras, formando um pacote tecnológico dinâmico, que previa uma estrutura objetiva para tomadas de decisões relacionadas com o emprego de novos métodos de controle. Esta estrutura considerava os efeitos negativos que cada método de controle pode ter na sociedade e no meio ambiente; procura utilizar ao máximo os agentes naturais de controle (físicos e biológicos), levando em consideração as características ecológicas e econômicas das culturas e das pragas (KOGAN, 1998; VAN DEN BOSCH & MESSENGER, 1973)

A expressão “Manejo Integrado de Pragas (MIP)” surgiu impressa pela primeira vez há 28 anos e até hoje não existe um consenso sobre uma perfeita definição (KOGAN, 1998). Acredita-se que o “MIP” busca manter populações de pragas num nível economicamente aceitável através da utilização de técnicas que, além de compatíveis entre si, contenham todos os requisitos ecológicos, econômicos e de eficiência na sua aplicação (METCALF & LUCKMAN, 1982; GALLO *et al.*, 1988; BUENO & BERTI F°, 1991).

Hoje em dia acredita-se que o sucesso de um programa de “MIP” está muito mais relacionado às técnicas utilizadas para atenuar o impacto de pragas, do que com o extermínio total destas. De forma geral critérios como nível de integração do programa, natureza das pragas, valor do cultivo, disponibilidade das técnicas alternativas e dos riscos econômicos, ambientais e sociais, são fundamentais para o uso de um “MIP” (KOGAN & BAJWA, 1999).

A partir do momento que o homem passou a explorar a terra de maneira indiscriminada, criando ecossistemas inexistentes na natureza, como grandes áreas de plantações em regimes de monoculturas, estocagem de produtos e criações de animais, surgiu o que chamamos de pragas. Insetos pragas são julgados pelo homem como causadores de danos à sua saúde, culturas ou criações. Na agricultura insetos são classificados como praga quando causam prejuízos às safras suficientes para reduzirem os lucros ou a qualidade do produto final (NORTON, 1993, SORENSEN, 1998).

Para a implantação de um programa de manejo integrado eficiente, independentemente do tipo do ecossistema alvo, é necessário o conhecimento das interações e reações biológicas da praga ao seu ambiente (KOGAN, 1998). Para que se possa otimizar ou mesmo introduzir novos métodos de controle de pragas de grãos armazenados, é necessário que se tenha informações detalhadas, tanto do desenvolvimento desses insetos como do impacto de diferentes fatores que possam interferir no seu desempenho (DUNKEL, 1992).

3.7. SUPRESSÃO DE POPULAÇÕES DE PRAGAS DE GRÃOS ARMAZENADOS.

Os produtos armazenados são atacados por pragas que causam sérios prejuízos. Por isso torna-se necessário se dar a devida atenção e importância a essas pragas, pois pouco adiantarão todos os cuidados e despesas para controle das pragas no campo, se o produto for atacado e destruído nos depósitos. É fundamental considerar-se o tipo de unidade armazenadora quando

se pretende estabelecer um planejamento de controle de pragas. Cada tipo de unidade apresenta características próprias que determinam a maior ou menor facilidade à aplicação dos meios racionais de controle das pragas (GALLO *et. al.*, 1988; SANTOS, 1993).

Um bom controle de pragas de grãos armazenados é a utilização de métodos preventivos, como a limpeza das unidades armazenadoras. Estas medidas preventivas consistem na eliminação de todos os resíduos nas instalações que receberão os produtos à serem armazenados, eliminando qualquer foco de infestação existente (SARTORI, 1996).

Ao contrário do que ocorre com as pragas de campo, que requerem uma determinada população para que se torne economicamente compensador o controle, no caso das pragas de grãos e seus subprodutos armazenados o ambiente é tão estável que qualquer população do inseto tende sempre a aumentar, justificando o controle mesmo com baixas populações. Em função disso, para as pragas de produtos armazenados é recomendado o controle preventivo (GALLO *et. al.*, 1988, AMARAL FILHO, 1986).

3.7.1. CONTROLE QUÍMICO.

O método convencional de controle de infestações por insetos em ecossistemas de armazenagem vem sendo o expurgo através de agentes químicos denominados fumigantes. Estes são considerados altamente eficazes já que são substâncias químicas que exalam vapores, possuem alta capacidade de penetração e difusão tanto na estrutura do local de armazenagem quanto no material armazenado, o que permite que as pragas sejam eliminadas de qualquer possível local da instalação desde que esta esteja adequadamente vedada (GALLO *et al.*, 1988; BITRAN, 1989; SANTOS, 1993). Os fumigantes, transformam-se em gases tóxicos quando em contato com o ambiente. Os agentes empregados neste processo são essencialmente o brometo de metila e a fosfina (ANÔNIMOS, 1999).

A fosfina é um gás incolor muito tóxico aos insetos, homens e outras formas de vida animal. Devido à sua periculosidade, apresenta em sua composição a amônia, que serve como gás de alarme para vazamentos. O fosfeto de alumínio, reage com a umidade atmosférica para produzir fosfeto de hidrogênio ou fosfina (PH_3). Sua atuação é a partir do sistema respiratório, provocando elevados índices de mortalidade dependendo das condições de aplicação. Entretanto, é um agente químico de baixa seletividade, atingindo não apenas a praga alvo, como também insetos benéficos, desfavorecendo o controle biológico natural dentro do ecossistema. Além disso, pode provocar a resistência e a ressurgência de populações praga e problemas para a comercialização dos produtos devido à presença de resíduos (PUZZI, 1986; FARRIS *et al.*, 1992). O limite máximo de resíduo estabelecido pela atual legislação fitossanitária é de 0,1 ppm para grãos como amendoim, arroz, cevada, aveia, feijão, milho, sorgo, soja e trigo. Para o caso da farinha preparada a partir de grãos, o limite máximo é bem menor 0,01 ppm (BITRAN, 1989).

O brometo de metila (CH_3Br), é um gás incolor em temperatura ambiente, quase sem cheiro e 3,3 vezes mais pesado que o ar. É altamente inespecífico e tóxico (NAKANO *et al.*, 1977; MARICONI, 1983; GALLO *et al.* 1988). Sua aplicação contínua em alimentos provoca acúmulo de resíduos de bromo acima dos níveis toleráveis para a saúde, podendo provocar intoxicação ao atingir os sistemas nervoso e respiratório, podendo levar à morte. O brometo de metila é utilizado normalmente como esterilizador de solo e na fumigação estrutural de navios e moinhos, pois é altamente eficiente como nematicida, fungicida e inseticida (TAYLOR, 1994).

O brometo de metila é causador de danos à camada de ozônio e é citado no “Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio” (AGENDA 21, 1995), onde é sugerida sua retirada do mercado a curto prazo. Vários países, como Alemanha, Dinamarca e Canadá, proibiram o uso de brometo de metila para controle de pragas de grãos, devido às suas excessivas propriedades tóxicas e poluentes, incentivando o uso de métodos alternativos para o controle de pragas de grãos e produtos armazenados (NIELSEN, 1998; KORUNIC, 1998). O governo brasileiro se propôs a suspender seu uso a partir de 2001 (AGENDA 21, 1995)

Apesar do controle químico ser o método mais usado em ecossistemas de armazenamento, estes apresentam inúmeros prejuízos ao meio ambiente e uma série de danos à saúde humana e animal (FISCHER, 1993). Tais produtos selecionam para resistência com seu uso prolongado, provocando posteriores problemas com o aumento das doses aplicadas, que implicam na elevação do custo da armazenagem além de possíveis riscos à saúde humana (NAKANO *et al.*, 1977). Deste modo podem-se salientar alguns itens negativos quanto ao emprego destes fumigantes, como: a periculosidade para o aplicador, a contaminação dos produtos tratados com resíduos tóxicos que têm ação patológica, a perda de valor comercial dos produtos tratados inadequadamente com estes agentes químicos no mercado mundial e a contaminação ambiental (ASTOLFI *et al.*, 1977; SARTORI, 1996).

Um problema encontrado pelos moinhos e armazéns de grãos do mundo todo é a necessidade de produzirem e estocarem produtos dentro dos conceitos do mercado orgânico, que não aceitam e proíbem terminantemente o uso de tratamentos químicos (FIELDS & MAIER, 1998). Hoje em dia, o consumo de produtos orgânicos vem crescendo muito, e pesquisas da FAO mostram que 20% do mercado mundial será adepto de produtos orgânicos até 2010 (NIELSEN, 1998; DOWDY, 1999).

3.7.2. CONTROLE BIOLÓGICO.

Os problemas advindos do uso dos inseticidas químicos organo-sintéticos, como a contaminação de alimentos e do meio ambiente, o desenvolvimento de resistência nas pragas e o desequilíbrio ecológico ocasionado pela eliminação de inimigos naturais, têm impulsionado a busca de métodos alternativos de controle eficiente, ecologicamente seguros e economicamente satisfatórios (CAMPBELL, 1930; ALVES, 1986; SARTONI *et al.*, 1991; HALVERSON *et al.*, 1996). Dentre estes, o Controle Biológico tem sido considerado como alternativa bastante viável, sendo indicado tanto para agroecossistemas quanto para ambientes

fechados, como silos e armazéns (COPEL & MERTINS, 1977; METCALF & LUCKMAN, 1982; VAN DEN BOSCH *et al.*, 1982).

O controle biológico é um fenômeno que consiste na regulação de populações-praga, através da utilização de inimigos naturais, que podem ser patógenos, predadores e/ou parasitóides (VAN DEN BOCH *et al.*, 1982). Existe o controle biológico natural, que ocorre sem intervenção humana e o controle biológico aplicado, que engloba a introdução e manipulação dos agentes de controle de pragas por humanos (VAN DEN BOSCH *et al.*, 1982).

O conhecimento da existência de inimigos naturais de insetos remonta ao século III com os chineses usando formigas predadoras para o controle de insetos pragas de citros (PARRA *et al.*, 1992). Na Europa, em 1602, Aldrovandi citou a emergência de *Apanteles glomeratus* (L.) de lagartas de *Pieris* sp, confundindo porém as pupas de *Apanteles* com ovos do hospedeiro (HAGEN & FRANZ, 1973). No começo do século XVIII, pássaros predadores foram usados como agentes de controle natural e, em algumas localidades da Europa, efetuaram-se transferências de insetos predadores para combater surtos de insetos pragas. Paralelamente, os naturalistas evidenciaram a importância da família Ichneumonidae, cujos membros parasitavam lagartas. Com a descrição de centenas destes parasitóides, nos primórdios do século XIX, surgiu a idéia de que cada espécie de inseto fitófago possuía seu próprio complexo de parasitóides e predadores. Em 1830 os fungos e, posteriormente, as bactérias e os protozoários foram identificados como agentes causais de doenças em insetos (HAGEN & FRANZ, 1973).

Atualmente, o controle biológico assume uma enorme importância, pois é um dos eixos principais ao redor do qual se elaboram os programas de Manejo Integrado de pragas (MIP) (SCHÖLLER *et al.*, 1997).

O potencial de uso de agentes biológicos, como bactérias e parasitóides, agindo na regulação populacional do grupo de pragas associadas aos grãos e subprodutos armazenados

vem sendo pesquisado por vários grupos, inclusive no Brasil (HABIB, 1983; CLINE & PRESS, 1990; WAIB, 1992). A associação de representantes de diferentes categorias de agentes de controle biológico, constituindo sistemas multiespécies com ação combinada, tem também recebido atenção, procurando-se, assim, evitar impactos negativos dentro do sistema em pauta (McGAUGHEY, 1978; CAMPOS & GRAVENA, 1984). Avaliações das passíveis interações entre patógenos e parasitóides sobre determinadas pragas já foram relatadas e são de extrema importância para a escolha das técnicas a serem utilizadas e para o planejamento da execução do plano de manejo (PRESS *et al.*, 1977; HABIB & GARCIA, 1981; SNEH *et al.*, 1983; BROWER & PRESS, 1990; NEALIS *et al.*, 1992; MARQUES, 1993; FAGUNDES, 1998).

Dentre os inimigos naturais existem os seguintes grupos: animais insetívoros (peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos); insetos (predadores, parasitóides e parasitas) e patógenos (fungos, vírus, bactérias, rickettsia, nematóides e protozoários) (DENT, 2000).

3.7.2.1. PATÓGENOS.

A primeira classificação de um entomopatógeno foi feita por Réaumur em 1726, identificando um fungo do gênero *Cordyceps* atacando um lepidóptero. Mas o interesse científico foi impulsionado pela observação da patologia de dois insetos domesticados e de interesse comercial, o bicho da seda e a abelha, em estudos que se tornaram trabalhos fundamentais quando se trata da natureza das doenças de insetos e seu papel na ecologia das populações (ALVES, 1998).

Os agentes patogênicos de insetos podem invadir o corpo do inseto através de caminhos diferentes, como via tegumento, sistema traqueal, oral, reto e transovigênica (PAYNE, 1988)

Embora já existam no mercado muitos produtos chamados de biopraguicidas que utilizam como princípio patógenos, é necessário o conhecimento do modo de ação, condições

do meio e estratégia de aplicação para se garantir o sucesso ao controle do inseto-praga (WOESSNER, 1997).

Entre os agentes entomopatogênicos pesquisados para uso em programas de controle biológico, destaca-se a bactéria esporulante *Bacillus thuringiensis* (Berliner), atualmente empregada no controle de diversas espécies pragas, tanto na agricultura quanto na saúde pública. (HABIB & ANDRADE, 1998). Sua grande utilização está associada ao fato de possuir estágio de resistência e ser inócuo aos vertebrados, insetos benéficos e plantas (BENZ & ALTWEGG, 1975; AMARAL FILHO, 1986; MARQUES, 1993).

3.7.2.2. PREDADORES E PARASITÓIDES.

Os predadores de insetos podem ser insetos entomófagos ou vertebrados. Os vertebrados inimigos naturais dos insetos-praga se encontram nas cinco classes animais, embora apenas os pássaros e mamíferos apresentem uma atenção maior, como controladores de pragas, pois são animais que apresentam uma interação grande com ecossistemas criados pelo homem. Répteis e anfíbios apresentam baixas taxas de consumo de pragas e com isso apresentam pouco potencial de agente biocontroladores (BUCKNER, 1966). Apesar dos peixes serem bons predadores de insetos aquáticos, ou que apresentem uma parte do ciclo aquático, como por exemplo os mosquitos, para fins de controle de pragas seu uso se torna muito restrito (LEGNER, 1986; BENCE, 1988).

Os insetos são os agentes de controle biológico mais importantes, e estão divididos em predadores e parasitóides (SILVEIRA NETO *et al*, 1988). Os predadores requerem o consumo de mais de um indivíduo da presa durante o seu desenvolvimento. Por outro lado, os parasitóides diferenciam-se por desenvolverem-se durante os estágios imaturos dentro ou sobre um só indivíduo que é denominado hospedeiro (HASSELL & WAAGE, 1984).

As espécies de predadores ocorrem na maioria das ordens de insetos, com a maior parte ocorrendo na ordem Coleoptera (SAMWAYS, 1981). Os predadores são insetos normalmente maiores que a presa, de vida livre durante todo o ciclo de vida que matam a presa. A primeira transferência internacional de um predador (ácaro) foi feita em 1873, dos Estados Unidos para a França, com a finalidade de controlar a filoxera da videira (*Daktulosphaira vitifoliae*). Todas as tentativas esporádicas de controle biológico culminaram, finalmente, com o primeiro grande sucesso que foi a introdução na Califórnia do predador *Rodolia cardinalis* (Muls.), conhecida popularmente como joaninha, para o controle do pulgão branco dos citros, *Icerya purchasi* (Musk.), que foi conseguido, de maneira espetacular, dois anos após a liberação do predador (DeBACH, 1981).

Os insetos parasitóides, principalmente os himenópteros, representam inimigos naturais bastante eficientes como agentes reguladores de populações de espécies prejudiciais, devido seu alto grau de especificidade, boa capacidade reprodutiva e elevada capacidade de procura (CLAUSEN, 1972; SILVEIRA NETO *et al.*, 1976; DeBACH, 1981).

O controle biológico por parasitóides, pode ser natural, onde se fornece condições favoráveis para seu aumento populacional e/ou sua manutenção no ecossistema; e artificial, onde utiliza-se criações laboratoriais do parasitóide, para posteriores liberações. Estes parasitóides podem ser exóticos, quando os nativos não conseguem manter a população praga abaixo do nível econômico de danos (VAN DEN BOCH & MESSENGER, 1973; GALLO *et al.*, 1988).

3.7.2.2.1. PARASITÓIDE *Bracon hebetor* (SAY, 1836) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE).

Bracon hebetor (Say, 1836) é um himenóptero ectoparasitóide de distribuição cosmopolita. Conta com hospedeiros de algumas famílias de lepidópteros, entre elas Pyralidae e Noctuidae. Sua maior importância está ligada ao controle de pragas de grãos e subprodutos

armazenados, sendo altamente eficiente no parasitismo de larvas que estão se alimentando sobre ou próximo à superfície do produto infestado. O parasitismo feito pelo braconídeo em larvas de *A. kuehniella* só ocorre em larvas de último estágio (TAMASHIRO, 1960; HABIB, 1968; BENSON, 1973, 1974; SERRA, 1992; CECÍLIO, 1993; BROWER & PRESS, 1990).

Bracon hebetor pertence a família Braconidae. Sua nomenclatura ainda é bem confusa. Foram relacionadas cerca de 10 sinonímias de *Bracon hebetor* (MUESEBECK, 1925; MUESEBECK *et al.*, 1951 *apud* SERRA, 1992), entre elas *Microbracon hebetor* e *Habrobracon hebetor*. QUICKE & SHARKEY (1989), trabalhando com a taxonomia de espécies da subfamília Braconinae, separaram os gêneros *Bracon* e *Habrobracon*, mas consideram que o último pode ser um subgênero de *Bracon*.

Foi encontrado pela primeira vez no Brasil por COSTA LIMA (1937), atacando as larvas de *Pectynophora gossypiella* (Saunders), praga importante de algodoeiros, no estado de Pernambuco. Posteriormente SILVA (1947) notificou a ocorrência do parasitóide, no estado da Bahia, atacando larvas de *Ephestia cautella* (Walker) em cacau estocado sob o sinônimo de *M. hebetor*.

Bracon hebetor, como muitos outros braconídeos, possuem o comportamento de injetar uma certa dose de substância paralisante, antes de iniciar a oviposição (ULLYETT, 1945; SMITH, 1943; SOMSEN & LUGINBILK JR., 1956)

De acordo com DeBACH (1981) o veneno de *B. hebetor* tem potência bastante elevada e é transportado pela hemolinfa até as junções somáticas neuro-musculares em nível pré-sináptico, onde tem sua ação. Provoca então, interrupção das ecdises e da metamorfose, evitando qualquer dano a larva do parasitóide. Esta paralisia também possibilita a alimentação na hemolinfa exudada (RICHARDS & THONSON, 1932).

3.7.3. CONTROLE FÍSICO DE PRAGAS.

A aplicação de métodos físicos de controle de pragas em grãos e produtos armazenados tem sido bastante avaliada e pode ser incluída em programas de MIP. Modificações físicas no ambiente de armazenamento podem incluir desde processos sanitários e de higienização, com a utilização de temperaturas sub-ótimas ou letais aos insetos, controle de umidade relativa e aplicação de radiação (SCHÖLLER, 2000).

Sabe-se que qualquer organismo vivo possui uma faixa ótima de temperatura e umidade na qual sua capacidade adaptativa atinge o nível máximo. Em faixas sub-ótimas esta capacidade é reduzida devido aos danos às atividades fisiológicas e em faixas letais têm-se a mortalidade dos indivíduos devido à inadaptabilidade a estas condições extremas (HOWE, 1965; FIELDS, 1992). Utilizando-se estes conhecimentos biológicos, a manutenção da temperatura em ecossistemas de armazenagem vem sendo adotada para o controle de insetos, ácaros e fungos.

FIELDS (1992) relatou que em relação ao uso de altas temperaturas na faixa letal para o controle de pragas, têm-se cogitado a aplicação de ar quente, ondas eletromagnéticas nas frequências de rádio, microondas, infra vermelho e radiações ionizantes.

As aplicações industriais, médicas e científicas do aquecimento dielétrico ou por rádio-frequência (RF) e/ou por microondas começaram a adquirir um interesse maior a partir da segunda Guerra Mundial. Devido à grande recessão, surgida no período pós-guerra, muitas indústrias e laboratórios de pesquisa tiveram que redirecionar, adaptar e, sobretudo, criar novas aplicações para seus produtos, principalmente para as válvulas desenvolvidas para sistemas de radares. No nível industrial e comercial surgiram os primeiros fornos de microondas, sendo que, em meados dos anos 60, começaram a aparecer as primeiras aplicações na área industrial, como secador de papel e grãos para armazenamento (SEEGER, 1986; CASTRO *et al.*, 1994).

O uso de microondas (300 a 300.000 MHz) vem sendo avaliado como potencial agente abiótico de mortalidade para algumas categorias de insetos pragas em ambientes fechados, sendo os resultados bastante positivos (REAGAN *et al.*, 1980; LOCATELLI & TRAVERSA, 1989, FAGUNDES, 1998).

3.7.3.1. UTILIZAÇÃO DE RADIAÇÃO POR MICROONDAS.

A primeira utilização de microondas em problemas biológicos foi feita por D'orsonval em 1892, que observou aumentos na temperatura de animais de laboratório, quando eles foram expostos aos campos de alta frequência (WEBBER *et al.*, 1946).

Não existe um limite exato entre RF e microondas. As regiões de RF são freqüentemente consideradas à parte do espectro eletromagnético que fica entre as áudio-freqüências e a região de infra-vermelho, abrangendo um grande número de freqüências ou comprimento de ondas desta faixa. Para a rádio transmissão comum, elas são geralmente entre 10KHz e 100GHz. Os comprimentos de ondas correspondentes são 30 m e 3 cm (NELSON, 1987). O termo microondas aplica-se às mais altas freqüências no final do espectro de RF, geralmente consideradas entre 300 e 300.000 MHz e com alto poder de penetração em materiais dielétricos (COPSON, 1975; NELSON & STETSON, 1974).

O emprego consciente desta radiação apresenta vantagens em comparação ao controle químico convencional, pois há pouca probabilidade de se selecionarem indivíduos resistentes na população de insetos alvo, como acontece com o uso contínuo e indiscriminado de inseticidas químicos. Também não deixa resíduos no produto tratado e, ainda, não causa contaminação ambiental. Além disso, a emissão de radiação da fonte geradora de microondas não é contínua, o que permite sua otimização para manipulação e economia de energia, podendo inclusive ser empregada para outros fins como incrementar a germinação de sementes estocadas e secagem de produtos (COPSON, 1975; NELSON, 1973; 1987;

CROCKER *et al.*, 1987; TILTON & VALDELL, 1982 a, b; BARKER & CRACKER, 1991; MARSAIOLI JR., 1991).

Numerosas variáveis influem na eficiência do campo eletromagnético gerado pelas microondas. Dentro de um produto atacado o aquecimento pode ser seletivo dependendo da diferença de propriedades dielétricas entre os insetos e os produtos (NELSON, 1973; NELSON & STETSON, 1974). O efeito letal do campo elétrico magnético pode variar de espécie para espécie, não dependendo apenas de critérios físicos, mas também de fatores biológicos típicos de cada espécie e do seu estágio de desenvolvimento (NELSON & WHITNEY, 1960; NELSON & STETSON, 1974; REAGAN *et al.*, 1980; LAMBERT, 1980; LOCATELLI & TRAVERSA, 1989; LEWIS & HAVERTY, 1996; FAGUNDES, 1998).

O controle físico a partir de microondas para infestações do piralídeo *Anagasta kuehniella*, é altamente promissor principalmente devido às características físicas da farinha que a colocam como boa absorvedora de energia (BAKER *et al.*, 1995).

HABIB & FAGUNDES, (1996) demonstraram que o controle por microondas de *A. kuehniella*, quando infestando farinha de trigo, é promissor e relativamente compatível com a utilização de seu parasitóide natural, *Bracon hebetor* (Say, 1836). Para a diminuição da presença do hospedeiro de forma ampla nos meios de estocagem de produtos derivados do trigo, torna-se necessário ampliar o conhecimento destes resultados, tendo como elementos da pesquisa outros produtos derivados além da farinha.

4. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivos:

1. Estudar a biologia comparada, utilizando parâmetros biológicos como viabilidade e duração das fases imaturas de desenvolvimento, ovo, larva, pré-pupa, pupa; longevidade de adultos acasalados e não acasalados de cada sexo; e capacidade reprodutiva, de populações de *A. kuehniella* criadas em 3 dietas: gérmen, farelo e farinha integral de trigo.

2. Avaliar a sensibilidade de larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella* criadas em cada uma das 3 dietas mencionadas acima à radiação por microondas em diferentes tempos de exposição.

3. Analisar possíveis interferências da dieta do hospedeiro na capacidade de localização e na seleção do hospedeiro pelas fêmeas do parasitóide.

4 Avaliar a tolerância de adultos de *B. hebetor* oriundos de larvas criadas em cada uma das 3 dietas, à radiação por microondas em diferentes tempos de exposição.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. COLETA DOS INSETOS E MANUTENÇÃO DAS CRIAÇÕES ESTOQUE.

Farinha de trigo infestada por larvas de *A. kuehniella*, parasitadas ou não por *B. hebetor* era coletada freqüentemente no moinho Brasway, em Campinas, SP. Para se atender à demanda dos estudos propostos no presente trabalho, eram mantidas três criações de *A. kuehniella* com farelo, gérmen e farinha integral de trigo. As criações de estoque foram mantidas em sala climatizada em condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade ($70 \pm 10\%$) e fotoperíodo (12 h).

Para a manutenção da criação do parasitóide em larvas de *A. kuehniella* criadas em cada uma das dietas, eram colocados 2 casais do braconídeo para cada frasco em uma das dietas, contendo 10 larvas de último estágio do hospedeiro mantidas nas condições climáticas relatadas acima.

5.2. BIOLOGIA COMPARADA DE *Anagasta kuehniella* CRIADA EM TRÊS DIETAS.

Para cada uma das dietas, farinha integral, gérmen e farelo, foram separados 20 machos e 20 fêmeas por repetição, sendo feitas duas repetições. Cada casal foi colocado em frasco de acasalamento, com 10,0 cm de altura por 7,5 cm de diâmetro tendo como base um cone de Plástico. Separando o cone do frasco foi colocado um pedaço de pano bem fino (filó) que serviu como filtro (Figura 2). Como base utilizou-se uma placa de Petri padrão (13,5 x 1,7 cm) onde os

ovos caíam e diariamente eram examinados, separados e contados. Tais dados foram a base dos estudos de biologia comparada, como períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, e número de ovos colocados por fêmea. Calculou-se também para estes casais a longevidade de machos e fêmeas.



Figura 2 : Frasco de acasalamento (10,0 cm de altura por 7,5 cm de diâmetro) utilizado nos estudos de biologia comparada de *A. kuehniella* para obtenção de ovos e observação dos períodos de pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição e longevidade de macho e fêmea. Composto por frasco de vidro (A), filó (B), suporte plástico (C) e Placa de Petri (D).

Foram separados 250 ovos vindos de adultos criados em cada uma das dietas, e separados em 5 placas de Petri (50 por placa), para observação da viabilidade do estágio de ovo, bem como seu período de incubação.

Assim que as larvas eclodiam eram retiradas e individualizadas em pequenos frascos (4,5 cm de altura por 2,0 cm de diâmetro) com uma quantidade pequena de alimento (5 g de dieta/ para cada dieta) e fechados com algodão hidrófilo. Utilizou-se 150 larvas, e com estes insetos foram obtidos os dados biológicos dos estágios imaturos, como duração de estágio larval, pré-pupal e pupal, taxa de mortalidade para larvas e pupas, peso de pupa e razão sexual, para cada uma das dietas. As pupas foram pesadas 24 horas após a transformação de pré-pupa para pupa.

Para a determinação da longevidade de adultos não acasalados, nas diferentes dietas, foram separados 20 machos e 20 fêmeas de cada dieta, para cada uma das duas repetições, individualizados e observados diariamente.

Para a confecção das fotos de larvas e pupas usou-se o programa Adobe Fotoshop® para Windows, instalado em computador do Depto. de Parasitologia (IB-UNICAMP), acoplado a lupa de aumento de 1.5 com objetiva de 10X.

5.3. ANÁLISE DO EFEITO DA DIETA DO HOSPEDEIRO *Anagasta kuehniella* NA CAPACIDADE DE LOCALIZAÇÃO E NA SELEÇÃO DO HOSPEDEIRO PELAS FÊMEAS DO PARASITÓIDE *Bracon hebetor*.

Com o objetivo de se analisar a capacidade de atração de cada dieta e a preferência do parasitóide, colocaram-se uma colher de sopa de dieta (± 10 g) e 10 larvas de ultimo estágio de *A. kuehniella* em uma placa de Petri de 13,5 cm de diâmetro, para cada dieta, e cobriu-se esta placa com "filó". Ofereceu-se uma placa de cada dieta simultaneamente (experimento de escolha),

dentro de uma gaiola de vidro (0,25 m²), para 10 fêmeas da mesma idade do parasitóide e as observações eram efetuadas a cada hora durante 8 horas (8:00 as 18:00). Tal procedimento foi repetido por três vezes.

Para a análise do efeito da dieta do hospedeiro na capacidade de oviposição do parasitóide, como indicador da adequação do hospedeiro, efetuaram-se experimentos de não escolha, nos quais montaram-se 20 placas de Petri padrão para cada dieta com um casal de braconídeo e 10 larvas do hospedeiro em cada placa. Cada placa de Petri era formada por duas tampas, unidas por meio de uma fita crepe. O comportamento do parasitóide e os atos de oviposição eram observados diariamente e os dados anotados. Havendo ovos depositados, estas placas eram abertas, retirados os adultos, que eram transferidos para outra placa contendo a mesma quantidade de larvas. O desenvolvimento dos imaturos era acompanhado e os dados registrados.

5.4. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA RADIAÇÃO DE MICROONDAS SOBRE *Anagasta kuehniella* E *Bracon hebetor*.

Como fonte geradora de radiação usou-se um forno de microondas da marca Panasonic® NN 7954 BH/K, emitindo ondas na frequência de 2.450 MHz e sempre na potência alta. Em todos os tratamentos, o recipiente para exposição foi posicionado sobre um suporte de plástico de 3 cm de altura, centralizado, em cima do prato giratório. Esse procedimento tem como função proteger os insetos expostos da propagação do calor oriundo do prato giratório.

Os experimentos para avaliação da influência de três diferentes dietas sobre impacto das microondas, em larvas de terceiro estágio do hospedeiro e adultos do parasitóide, foram realizados inicialmente com 7 tempos de exposição. Para tal, utilizou-se 700 larvas, sendo 100 larvas, divididas em 25 insetos por repetição sendo feito 4 repetições por tempo de exposição (25

indivíduos/ repetição, 4 repetições/ tempo de exposição) obtidas de cada uma das três dietas avaliadas no presente trabalho, foram submetidas a cada um dos tempos de exposição à radiação. Sendo que, cada grupo de 25 larvas foi colocado numa placa de Petri padrão, formada por duas tampas unidas e vedadas com fita crepe para então ser submetido à radiação direta de microondas. Para os ensaios de adultos do *B. hebetor* obtidos de cada uma das dietas, foram separados 60 parasitóides recém emergidos, sem distinção de machos e fêmeas, oriundos de cada uma das dietas (farinha integral e gérmen) por tratamento, sendo 15 por repetição (4 repetições).

As placas contendo o material a ser irradiado foram primeiramente levadas à estufa BOD, a temperatura de 25 °C durante 10 minutos, para garantir uma maior homogeneidade na temperatura inicial. Também com o objetivo de se padronizar os bioensaios, utilizou-se a mesma placa de Petri, pois existe uma variação na espessura deste material e conseqüentemente na sua capacidade de reter calor, o que poderia interferir nos resultados.

Para estudo da mortalidade nos adultos do parasitóide irradiados, analisou-se a resposta ao estímulo causado por um estilete, 30 minutos e 24 horas após a exposição às ondas eletromagnéticas. Para tal, considerou-se que os indivíduos que não apresentaram movimentos e não responderam mais ao estímulo do toque por um estilete estavam mortos. O mesmo procedimento foi adotado para as larvas de *A. kuehniella*, que também tiveram como parâmetro de análise o desenvolvimento biológico.

Para estabelecer os tempos de exposição nos tratamentos, usaram-se fatores de progressão geométrica (q), segundo os critérios estabelecidos por THOMPSON (1947) e adaptados por HABIB (1982) para os posteriores cálculos do tempo de exposição letal mediano (TEL_{50}).

O parâmetro adotado para o cálculo do TEL_{50} , tanto do piralídeo como do parasitóide, foi a mortalidade 30 minutos após a exposição às microondas. Os dados foram avaliados através de um programa computacional produzido para o cálculo das TEL_{50} .

Na avaliação preliminar usou-se um fator de progressão geométrica ($q = 1,5$) para estipular a faixa de tempo a ser utilizada nos ensaios definitivos. A partir dos dados obtidos nesta avaliação inicial, pode-se encontrar o menor intervalo que fornecesse mortalidade entre $\pm 10\%$ e $\pm 98\%$ para os adultos do braconídeo e as larvas de terceiro estágio do pirálídeo oriundas de dietas de gérmen, farelo e farinha de trigo integral, e então diminuir o valor de q e aumentar o número de tratamentos neste intervalo.

Para as análises estatísticas e confecção de gráficos foram utilizados os programas computacionais Excel e Systat.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. BIOLOGIA COMPARADA DE *A. kuehniella* CRIADA EM 3 DIETAS.

6.1.1. ESTÁGIOS IMATUROS.

No que diz respeito à influência da dieta no desempenho biológico dos imaturos de *A. kuehniella*, demonstrou-se que existe diferença significativa na duração do estágio larval entre as 3 dietas estudadas ($F=32,27$, $df=2$, $p<0,0001$) (Tabela 1). A dieta com farinha integral resultou na menor duração do desenvolvimento desta fase ($29,41 \pm 0,121$ dias), já o farelo apresentou a duração maior ($71,21 \pm 1,722$ dias) e para a criação com gérmen demonstrou-se um período intermediário ($35,42 \pm 1,24$ dias).

Apesar da composição da farinha integral, gérmen e farelo de trigo serem muito semelhantes (Tabela 2) a porcentagem de fibras no farelo é muito maior e a estrutura física é muito mais dura para ser mastigada e ingerida pela larva, como já evidenciado por LOCATELLI & LIMONTA (1998). O fato pode ser explicado, uma vez que o farelo de trigo é a casca do grão rica em fibras e a farinha, assim como o gérmen, são retirados da semente do trigo ricas em carboidrato e proteínas, indispensáveis para o bom desenvolvimento da *A. kuehniella* (KENT, 1975).

Provavelmente as larvas alimentadas na dieta de farelo, devido à sua qualidade física e estrutural, tiveram maior dificuldade para a obtenção das cotas necessárias de nutrientes indispensáveis para o seu desenvolvimento (Figura 3), resultando com isso em maior tempo de duração e em maiores taxas de mortalidade (Tabela 1). A mortalidade larval, observada neste trabalho, foi afetada pelo tipo da dieta. As dietas de farinha integral e gérmen de trigo resultaram em mortalidade semelhante e bem inferior à obtida na dieta de farelo. A mortalidade média de 2%, obtidos por AMARAL FILHO & HABIB (1991), durante o estágio larval, é bem inferior da

obtida no presente trabalho. A mortalidade superior observada no presente trabalho, em comparação com a obtida pelos autores mencionados acima, pode ter ocorrido durante o primeiro estágio, pois nunca foram encontradas larvas mortas nas placas dos experimentos. O manuseio com o pincel pode ter sido o responsável pela alta mortalidade das larvas, que são frágeis no primeiro estágio.

Os valores obtidos para dieta de farinha integral, no presente trabalho, foram próximos aos encontrados por RODRIGUES FILHO *et al.* (1991) que, utilizando temperatura de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ e comparando duas dietas à base de farinha integral de trigo, sendo uma úmida e uma seca, encontraram valores de 28,58 e 27,47 dias respectivamente. Por outro lado, esses mesmos dados diferem dos encontrados por STEIN & PARRA (1987), onde o estágio larval teve uma duração média de 35,65 dias, sob as mesmas condições de temperatura e umidade relativa.

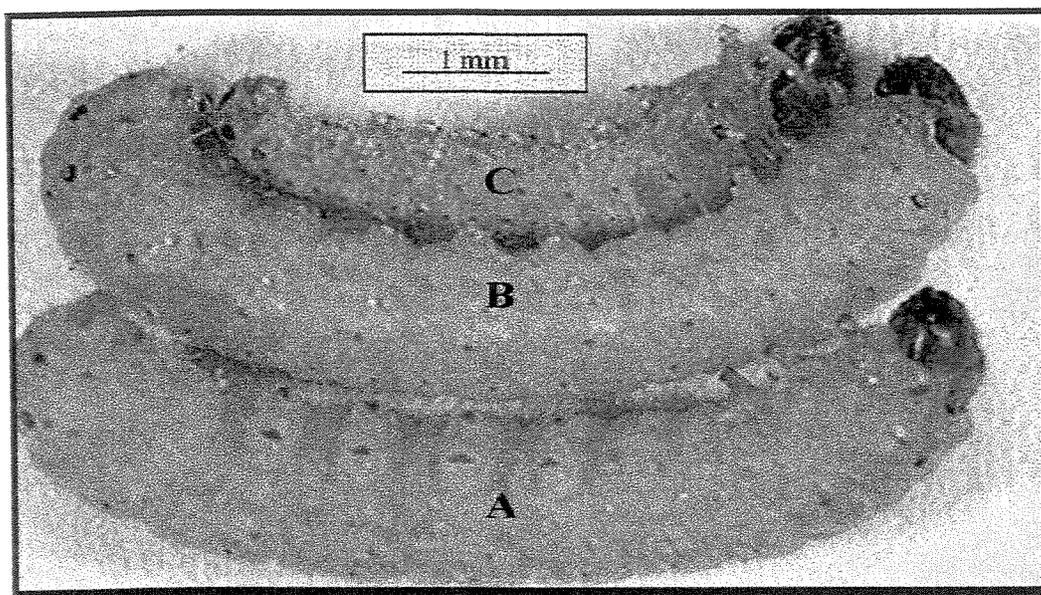


Figura 3. Larvas de último estágio de *A. kuehniella* alimentadas em três dietas derivadas do trigo: (A) Larva criada em farinha integral; (B) Larva criada em germen e (C) Larva criada em farelo. (aumento de 1.5/ objetiva de 10x)

BOURNIER & PEYRELONGUE (1973) relataram 55 a 60 dias e JACOB & COX (1977) descreveram 63,5 dias para o estágio larval da mesma espécie, mantido em farinha branca de trigo. Esses valores são extremamente superiores aos obtidos no presente trabalho, o que pode ser explicado pela deficiência protéica da dieta usada pelos autores.

Tabela 1 Duração (dias) e mortalidade dos estágios larval, pré-pupal e pupal (em porcentagem), e peso de pupa (g) de 24 horas em três dietas, sob condições de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura; $70\pm 10\%$ de UR e fotoperíodo de 12 horas.

Parâmetro	Dieta		
	Farinha integral	Gérmen	Farelo
	$\bar{x} \pm dp$	$\bar{x} \pm dp$	$\bar{x} \pm dp$
Estágio Larval			
1. Duração	29,41 \pm 0,121 <i>a</i> *	35,42 \pm 1,240 <i>b</i>	71,21 \pm 1,722 <i>c</i>
2. Mortalidade	25 \pm 0,046 <i>a</i>	24 \pm 0,059 <i>a</i>	79 \pm 3,605 <i>b</i>
Estágio de Pré-Pupa			
1. Duração	2,45 \pm 0,058 <i>a</i>	1,85 \pm 0,061 <i>a</i>	7,15 \pm 0,254 <i>b</i>
Estágio Pupal			
1. Duração	11,36 \pm 1,164 <i>a</i>	12,40 \pm 0,062 <i>a</i>	17,30 \pm 0,069 <i>b</i>
2. Mortalidade	11 \pm 0,052 <i>a</i>	12 \pm 0,094 <i>a</i>	12 \pm 0,137 <i>a</i>
3. Peso (g)	0,0151 \pm 0,00030 <i>a</i>	0,0153 \pm 0,00001 <i>a</i>	0,0078 \pm 0,00621 <i>b</i>
Total dos imaturos			
1. Duração	43,22 \pm 0,15 <i>a</i>	49,67 \pm 0,11 <i>a</i>	95,66 \pm 0,33 <i>c</i>

Comparação horizontal

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5% de probabilidade global)

$\bar{x} \pm dp$ = Média \pm desvio padrão

n = 150 larvas, pré-pupas e pupas

O tempo de duração dos estágios de pré-pupa e de pupa (Tabela 1), refletem o mesmo padrão observado no estágio larval. Desta forma, a criação do piralídeo em farelo resultou em uma duração destes estágios significativamente maior em relação às demais dietas ($F=196,70$, $p<0,001$). Para a fase de pupa, não houve diferença estatística no tempo de duração dos indivíduos criados em farinha integral ($11,36 \pm 1,16$ dias) e aqueles criados em gérmen ($12,40 \pm 0,062$ dias). Por outro lado, as pupas criadas em farelo, tiveram tempo ($17,30 \pm 0,069$ dias) significativamente superior ($F=42,30$, $p<0,001$).

Os valores obtidos na duração da fase pupal para as três dietas encontram-se dentro dos relatados por RICHARDSON (1926) que variavam de 8 a 16 dias, mantendo sua criação em farinha de trigo branca e temperatura de 26°C . Os dados encontrados para a duração pupal em farinha e gérmen foram semelhantes aos encontrados por AMARAL FILHO & HABIB (1991), que relataram uma duração média de 11,47 dias mantendo a criação em dieta de farinha de trigo e farelo (4:1), utilizando as mesmas condições de temperatura e umidade deste trabalho.

Verifica-se que os dados obtidos por YAMVRIAS (1962), KURSTACK (1966), ALTAHTAWAY *et al.* (1973), STEIN & PARRA (1987), e RODRIGUES FILHO *et al.* (1991), referentes ao tempo de duração desse estágio encontram-se dentro dos limites obtidos no presente trabalho com as criações em farinha integral e gérmen. BRINDLEY (1930), conseguiu apenas 8 dias de duração pupal, possivelmente devido à temperatura de $29,7^{\circ}\text{C}$, superior à utilizada no presente trabalho.

A mortalidade observada entre os indivíduos das 3 dietas foi semelhante, tanto para a pré-pupa como para a pupa ($p>0,05$).

Analisando-se estatisticamente a diferença entre os pesos de pupas das três dietas ($F=57,04$, $p<0,001$), verificou-se que houve influência negativa do alimento sobre as pupas criadas em farelo de trigo, pois estas apresentaram peso significativamente menor quando comparadas com os pesos encontrados para pupas vindas do gérmen e da farinha integral (Figura 4). Entre estas duas dietas, não houve, entretanto, diferenças significativas entre o peso de suas pupas.

AMARAL FILHO & HABIB (1991), trabalhando com pupas oriundas de dieta à base de farinha de trigo e farelo (4:1), relataram pesos médios de 0,0154 g, semelhante ao encontrado neste trabalho para pupas vindas do gérmen e farinha integral. Embora a dieta (farinha de trigo integral) e as condições laboratoriais utilizadas por STEIN & PARRA (1987) tenham sido as mesmas utilizadas neste trabalho, o peso obtido (0,0228 g) foi superior ao encontrado no presente trabalho. Provavelmente este fato se explique pela diferença existente entre a composição nutricional do trigo, que depende totalmente da espécie do cereal utilizada e a qualidade da moagem do grão, que pode variar de uma farinha fina a grossa (LOCATELLI & LIMONTA, 1998).

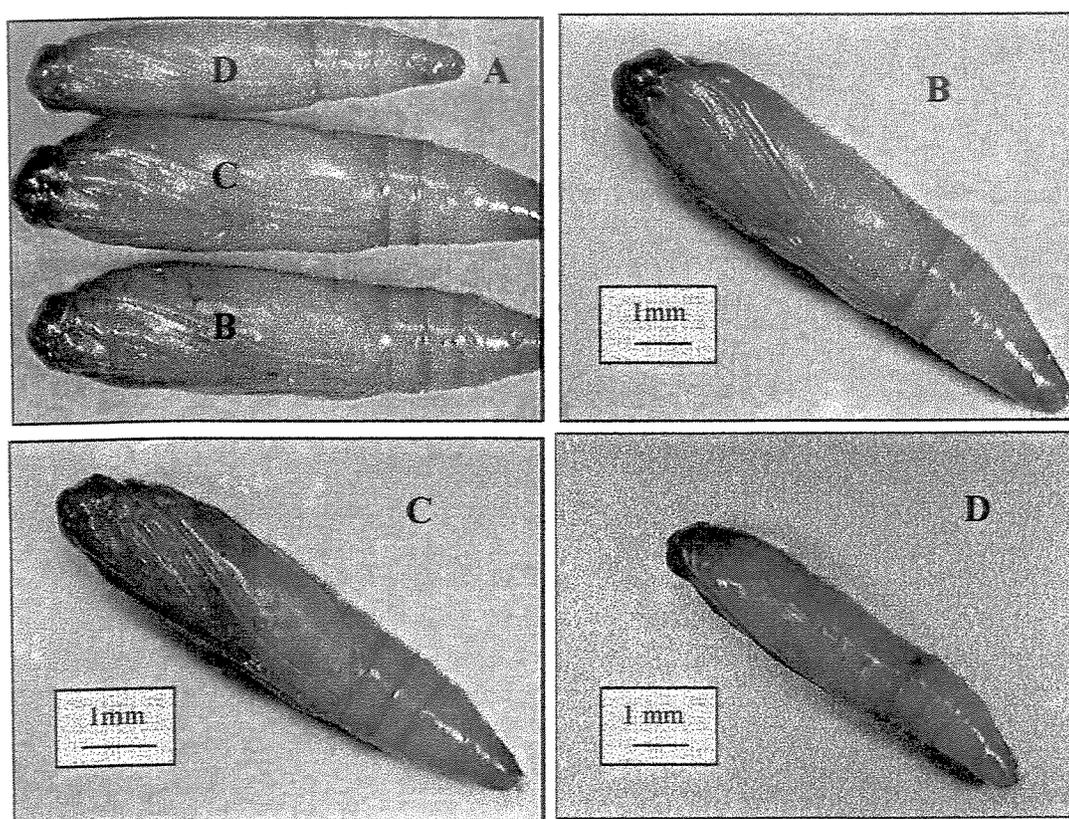


Figura 4: (A) Pupas de 24 horas de *A. kuehniella* criadas em três dietas derivadas do trigo; (B) Pupa criada em farinha integral; (C) Pupa criada em gérmen; (D) Pupa criada em farelo. (aumento de 1.5/ objetiva de10x)

A duração média de toda a fase imatura de *A. kuehniella*, incluindo os estágios de larva, pré-pupa e pupa em cada uma das 3 dietas foram estatisticamente semelhantes para as criações em farinha integral e gérmen e diferentes da duração média encontrada para dieta de farelo ($F=45,29$, $P<0,001$), apresentando valores de $43,22 \pm 0,15$ dias para farinha integral, $49,67 \pm 0,11$ dias para gérmen e $95,66 \pm 0,33$ dias para farelo (Tabela 1). Esses valores são próximos aos obtidos por MAGRINI *et al.* (1993) que utilizando temperatura de 28°C , encontrou o valor de 53,37 dias para uma dieta de farinha de trigo (97%) mais lêvedo (3%) e 93,40 dias para uma dieta de farinha de aveia. Já MAGRINI *et al.* (1995), não encontraram diferença ao compararem duas dietas, à base de milho amarelo (97%) mais levedura de cerveja (3%) e à base de milho branco (97%) mais levedura de cerveja (3%), encontrando 50,82 e 51,05 dias respectivamente. STEIN & PARRA (1987) trabalhando com dieta de farinha de trigo integral, fotoperíodo de 14 horas e temperaturas de 18°C , 25°C e 32°C , encontraram diferenças marcantes entre as temperaturas usadas e a duração média desta fase de imaturos, 108,39 dias, 50,51 dias e 45,65 dias respectivamente. Pode-se notar que o resultado encontrado por estes autores para temperatura de 25°C é semelhante ao apresentado neste trabalho. Embora se possa confirmar que não apenas a alimentação influencia a duração da fase imatura, mas também as condições de temperatura são responsáveis pela aceleração ou retardamento do desenvolvimento do inseto.

Tabela 2. Comparação da composição média aproximada por 100 g de farelo, gérmen e farinha integral de trigo.

Componentes	Dietas		
	Farelo	Gérmen	Farinha
Proteínas %	10,00	29,00	12,00
Lipídios %	4,46	9,71	1,67
Fibras %	12,48	2,94	1,69
Carboidratos %	36,74	6,38	65,51
Valor Energético (kcal)	252,50	230,8	326,0

Fonte: Produtos Alimentícios Excelsa Ltda.

LOCATELLI & BIGLIA (1995) analisaram o número de adultos emergidos e a duração do ciclo biológico imaturo de *A. kuehniella* e *Plodia interpunctella*, pragas de ecossistemas de armazenagem, em produtos normalmente usados na confecção de pães. Para análise utilizaram sete substratos. O piralídeo *A. kuehniella*, apresentou uma resposta bem distinta em relação às dietas, fornecendo um gradiente de duração de desenvolvimento do estágio imaturo: ácido ascórbico, dextrose e açúcar moído (66 dias)> farelo de trigo (64 dias)> farinha de trigo tipo 0 (63 dias)> farinha de trigo tipo 00 (61 dias)> farinha de soja (52 dias)> semolina e farinha de trigo maltada (47 dias).

LOCATELLI & LIMONTA (1998) compararam o tempo de duração do estágio imaturo, em dias, de *A. kuehniella*, em cinco dietas a base de trigo: trigo duro com pericarpo, trigo duro sem pericarpo, farinha integral de trigo duro, semente de trigo var. “Centauro” e farinha de trigo integral. Os resultados demonstraram que trigo duro com ou sem pericarpo não são bons substratos para o desenvolvimento de *A. kuehniella* (66 e 63 dias, respectivamente). Apesar das mandíbulas larvais serem fortes, as larvas apresentam dificuldades em quebrar o pericarpo, por este apresentar uma grande quantidade de fibras, tornando-o muito resistente. Como a praga *A. kuehniella* apresenta uma necessidade nutricional menor, quando comparada com pragas que atacam grãos inteiros, preferem atacar cereais triturados e desenvolverem-se em farinhas refinadas (JACOB & COX, 1977; STEIN & PARRA, 1987)

O valor nutricional da dieta obtida durante a fase larval é um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento desta e de todas as fases subsequentes, pois nela acumula-se a energia necessária para todas as funções biológicas, uma vez que a fase adulta deste piralídeo não se alimenta (PANIZZI & PARRA, 1991), inclusive podendo influenciar o potencial reprodutivo e a longevidade dos adultos.

6.1.2. ESTÁGIO ADULTO.

Os adultos não acasalados de *A. kuehniella*, obtidos nas 3 dietas, tiveram longevidade maior que os acasalados (Tabela 3), fenômeno comumente observado entre insetos (OZER, 1953; YAMVRIAS, 1962; KURSTAK, 1966; AMARAL FILHO & HABIB, 1991). Este fato ocorre pelo desgaste energético causado pelas atividades sexuais e de reprodução nos insetos acasalados.

A análise de variância (ANOVA) realizada para a longevidade de machos e fêmeas, tanto não acasalados como acasalados entre as 3 dietas (Tabela 3), comprovou que a dieta de farinha integral e gérmen não apresentam diferença sendo que estão dentro dos valores observados por outros autores. STEIN & PARRA, (1987), mantiveram as criações em duas dietas, farinha de trigo integral e “savannah”, nas mesmas condições de temperatura e umidade, e obtiveram para primeira dieta longevidade de 10,48 dias para machos e 7,00 dias para fêmeas, e para segunda dieta 11,22 dias para macho e 6,65 dias para fêmeas. RODRIGUES FILHO *et al.*, 1991, utilizando duas dietas a base de farinha de milho, gérmen de trigo e levedura, sendo uma seca e a outra úmida, relatou resultados muito semelhantes, para machos 11,50 dias e 11,15 dias e para fêmeas 6,5 dias e 6,8 dias, para as respectivas dietas. Os resultados encontrado para farelo estão próximos aos relatados por AMARAL FILHO & HABIB (1991), em dieta de farinha e farelo de trigo (4:1).

Entre os acasalados, os machos foram sempre mais longevos (Tabela 3), devido a oogênese exigir mais energia do que a espermatogênese. RICHARDSON (1926), BRINDLEY (1930), SIDDIQUI & BARLOW (1973), ALTAHTAWY *et al.*(1973) e STEIN (1985) também registraram maior longevidade para machos acasalados do que para fêmeas acasaladas.

Tabela 3. Longevidade (dias) de adultos de *A. kuehniella* acasalados e não acasalados, de ambos os sexos, criados em farinha integral, gérmen e farelo de trigo, mantidos em condições de Temperatura=25±2°C; U.R.=70±10% e fotoperíodo=12 horas.

Dietas	Longevidade média ($\bar{x} \pm dp$) de Adultos			
	Acasalados*		Não Acasalados**	
	Machos	Fêmeas	Machos	Fêmeas
Farinha Integral	9,97 ± 0,46 a; A	8,35 ± 0,56 b; A	15,46 ± 0,37 c; A	11,06 ± 0,58 a; A
Gérmen	9,80 ± 0,42 a; A	8,25 ± 0,07 a; A	14,61 ± 0,90 b; A	10,20 ± 0,64 ac; A
Farelo	8,00 ± 0,00 a; B	7,22 ± 0,17 a; B	9,69 ± 0,31 b; B	7,68 ± 0,34 a; B

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade global.

$\bar{x} \pm dp$ = Média ± desvio padrão

Letras negras = comparação horizontal; Letras vermelhas = comparação vertical

* n para acasalados = 20 casais/ repetição - 2 repetições.

** n para não acasalados = 20 machos e 20 fêmeas/ repetição - 2 repetições.

Durante a vida adulta de *A. kuehniella* não foram observadas diferenças estatísticas entre a duração das fases de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição das fêmeas obtidas nas três dietas, farinha integral, farelo e gérmen (Tabela 4). No caso do período de pré-oviposição, os valores encontrados estão abaixo das referidas por STEIN & PARRA (1987) (1,24 dias e 1,22 dias) e dentro da faixa referida por RICHARDSON (1926) (24 a 48 h). Apesar de obter-se, no presente trabalho, um período de oviposição mais curto, em comparação com a maioria dos trabalhos que estudaram a biologia dessa espécie, o número de ovos por fêmeas criadas em farinha integral e gérmen (Tabela 5) não mostraram nenhuma diferença com o obtido por ALTAHTAWY *et al.* (1973) e AMARAL FILHO & HABIB (1991), 262,2 e 260,5 ovos, respectivamente. BRINDLEY (1930), utilizando dieta a base de farinha de milho, obteve um número médio de 167 ovos, sendo próximo do número médio encontrado para fêmeas obtidas da dieta de farelo (166,2 ± 62,4 ovos), enquanto STEIN & PARRA (1987) tiveram médias de 314,67 a 329,33 ovos dependendo do tipo da dieta (farinha de trigo integral e a base de farinha de milho + farinha de trigo integral, respectivamente), e BOURNIER & PEYRELONGUE (1973) encontraram média de 300 ovos por fêmea a 25 °C e 75 % UR e utilizando dieta de farinha de trigo integral..

Tabela 4. Tempo médio de duração (dias) das fases de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição de *A kuehniella* criadas em das 3 dietas (T=25±2°C; U.R.=70±10% e fotoperíodo=12 horas).

Dietas	Duração (em dias) de Postura / ($\bar{x} \pm dp$)		
	Pré-	Oviposição	Pós-
Farinha integral	2,11 ± 0,14 <i>a</i>	6,57 ± 0,31 <i>a</i>	1,6 ± 0,28 <i>a</i>
Gérmen	2,01 ± 0,070 <i>a</i>	6,37 ± 0,035 <i>a</i>	1,5 ± 0,070 <i>a</i>
Farelo	1,90 ± 0,14 <i>a</i>	6,13 ± 0,18 <i>a</i>	1,08 ± 0,02 <i>a</i>

Comparações verticais.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade global.

$\bar{x} \pm dp$ = média ± desvio padrão

n = 20 fêmeas/repetição – 2 repetições

O tempo de incubação dos ovos depositados por fêmeas obtidas de larvas criadas em cada uma das 3 dietas, não apresenta diferença estatística ($t=1,36$, $p>0.05$) (Tabela 5). Constatou-se que o período embrionário não sofreu influência do substrato alimentar das fêmeas, sendo próximo de 4 dias nas 3 dietas estudadas e semelhantes das encontradas por AMARAL FILHO & HABIB (1991), MAGRINI *et al.* (1993, 1995) e BRINDLEY (1930). Apesar de BELL (1975) ter trabalhado em condições de temperatura mais elevada (30 °C), e em dieta à base de farinha de milho + levedo, não alterou a duração do período de incubação, sendo em média de 4 dias.

ALTAHTAWY *et al.* (1973) trabalharam com as mesmas condições climáticas deste trabalho, e obtiveram um período médio de incubação de 3,7 dias, próximo ao obtido no presente estudo para as dietas de farinha integral e gérmen. Isto indica que, além das condições físicas da criação, características como as nutricionais podem ter um papel fundamental no desenvolvimento dos indivíduos de cada população. STEIN (1985), trabalhando com dieta de farinha de trigo integral, obteve, sob as mesmas condições climáticas deste trabalho, período de incubação superior ao aqui obtido (4,75 dias).

Tabela 5. Duração do estágio de ovo e número de ovos (Média \pm desvio padrão) depositados por fêmea de *A. kuehniella*, obtidas em 3 dietas derivadas do trigo, sob condições de $T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$, U.R.= $70\pm 10\%$ e fotoperíodo=12 horas.

Dietas	No. Ovos / fêmea	Período de incubação
	$\bar{x} \pm dp$	$\bar{x} \pm dp$
Farinha integral	275,9 \pm 12,09 <i>a</i>	4,02 \pm 0,017 <i>a</i>
Gérmen	258,0 \pm 2,35 <i>a</i>	3,91 \pm 0,020 <i>a</i>
Farelo	166,2 \pm 62,4 <i>b</i>	4,54 \pm 0,11 <i>a</i>

Comparação vertical

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade global.

$\bar{x} \pm dp$ = Média \pm desvio padrão

n = 20 fêmeas/ repetição – 2 repetições.

A razão sexual foi muito semelhante para as 3 dietas derivadas do trigo (Tabela 6), indicando que cada uma das dietas avaliadas no presente trabalho teve a mesma resposta expressa pelos dois sexos. Isto é, as larvas dos dois sexos responderam por igual a cada dieta. Os dados obtidos neste trabalho coincidem aos encontrados por SIDDIQUI & BARLOW (1973), STEIN (1985), AMARAL FILHO & HABIB (1991) e RODRIGUES FILHO *et al.* (1991).

Tabela 6. Razão sexual em adultos de *A. kuehniella* criadas em 3 dietas: farinha integral, gérmen e farelo de trigo nas condições de $T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$; U.R.= $70\pm 10\%$ e fotoperíodo=12 horas.

	Dieta		
	Farinha integral	Gérmen	Farelo
Razão Sexual	0,506	0,51	0,543
Macho	1	1	1
Fêmea	1,03	1,05	1,21

n = 250 ovos

6.1.3. CICLO TOTAL.

Em relação à duração total do ciclo biológico de *A. kuehniella*, analisando-se de ovo a adulto, os resultados demonstram que a dieta de farelo de trigo influenciou no desenvolvimento dos estágios imaturos do piralídeo, e na sua fase adulta. Ao contrário do estágio imaturo que demonstrou-se demasiadamente alongado, a fase adulta do piralídeo apresentou duração menor independentemente de haver ocorrido acasalamento ou não, e quando comparado o ciclo total de vida dos insetos criados em dieta de farelo (acasalados: média de 107,81 dias e não acasalados: média de 108,89 dias) com os criados em farinha integral (acasalados: média de 56,40 dias e não acasalados: média de 65,99 dias) e gérmen de trigo (acasalados: média de 62,61 dias e não acasalados: média de 65,99 dias) verificou-se uma grande diferença (Figura 5). Para insetos praga de ecossistemas de armazenagem, e como a *A. kuehniella*, que normalmente demonstram um ciclo de vida rápido e capacidade reprodutiva e de sobrevivência elevada, pode-se verificar que a dieta de farelo de trigo não é adequada para o desenvolvimento da praga.

A fisiologia, comportamento, ecologia e evolução de um inseto são influenciados grandemente por fatores nutricionais (PANIZZI & PARRA, 1991). No caso daqueles insetos que não se alimentam no estágio adulto, como a praga *A. kuehniella*, é na dieta larval que vai se absorver toda energia e nutrientes necessários para se obter um bom potencial reprodutivo (DeBACH, 1981).

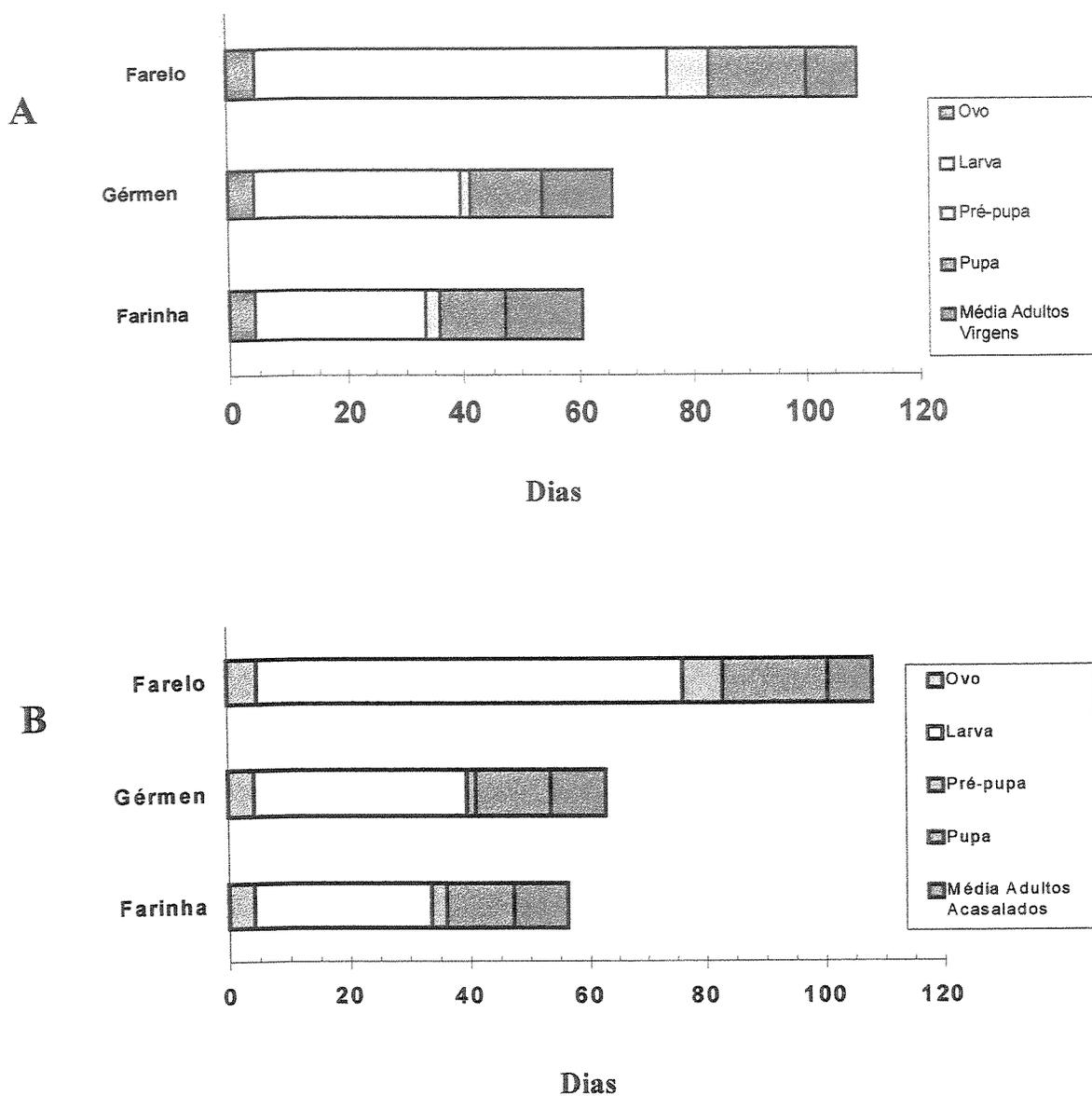


Figura 5: Duração média dos valores dos estágios de ovo, larva, pré-pupa, pupa e adulto não acasalados (A) e acasalados (B) e ciclo total em dias de *A. kuehniella* para larvas criadas em farinha integral, gérmen e farelo.

6.2. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO A MICROONDAS SOBRE LARVAS DE TERCEIRO ESTÁDIO DE *A. kuehniella* CRIADAS NAS 3 DIETAS.

Foram utilizadas larvas de terceiro estágio criadas nas dietas de farinha integral, gérmen e farelo, submetidas a 7 diferentes tempos de exposição direta a radiação de microondas com 4 repetições para cada tempo, iniciando-se com 9 segundos e finalizando com 38 segundos para larvas de farinha e gérmen. Já larvas criadas em farelo, por serem menores e provavelmente apresentarem menor resistência, foram submetidas a 7 diferentes tempos, iniciando-se com 2 segundos e terminando em 8 segundos (Tabela 7)

Observou-se que a mortalidade está positivamente relacionada ao tempo de exposição à radiação de microondas, dos indivíduos alimentados em cada uma das três dietas (Tabelas 7 e 8). O aumento do tempo de exposição ao campo eletromagnético gerado por esta radiação é responsável por um maior aquecimento corpóreo do inseto, resultando em maior nível de mortalidade, independentemente do tipo de dieta alocada pelo inseto.

Independentemente da dieta em que foram criadas as larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, e apesar de não haver diferença estatística entre as análises, observou-se que a taxa de mortalidade acumulada segue aumentando ao analisarmos os resultados após 30 minutos e 24 horas depois da exposição às microondas (Tabelas 7 e 8). O efeito danoso da radiação, principalmente em exposições subletais, causa dano fisiológico aos insetos, os quais levam algum tempo para se manifestarem totalmente e provocarem a morte dos indivíduos (LAMBERT, 1980).

Tabela 7: Mortalidade acumulada 30 min e 24 horas após tempos de exposição à radiação de microondas (2450 MHz) em larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, criadas em farinha integral e gérmen (q=1,27).

Tempo de exposição (s)*	Mortalidade média acumulada (%) ± dp**			
	Farinha integral		Gérmen	
	30 min	24 horas	30 min.	24 horas
9	14 ± 1,36 a	18 ± 0,32 a	15 ± 3,00 a	20 ± 0,72 a
11	20 ± 4,12 b	24 ± 1,32 b	22 ± 1,29 b	27 ± 3,21 b
15	38 ± 5,89 c	47 ± 0,78 c	40 ± 5,02 c	48 ± 0,52 c
18	60 ± 7,30 d	65 ± 2,03 d	59 ± 6,61 d	69 ± 0,62 d
23	74 ± 4,12 e	79 ± 1,03 e	80 ± 3,00 e	84 ± 2,29 e
30	82 ± 3,79 f	87 ± 0,58 f, g	89 ± 1,93 f, g	93 ± 1,57 f, g
38	95 ± 0,71 g	98 ± 2,11 g	94 ± 1,72 g	98 ± 3,02 g

n=25/repetição; 4 repetições/exposição.; Comparação vertical.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade

* = segundos.

** = desvio padrão

n = 100 indivíduos/ tempo de exposição, por dieta

Tabela 8: Mortalidade acumulada 30 min e 24 horas após tempos de exposição à radiação de microondas (2450 MHz), em larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, criadas em farelo (q=1,28).

Tempo de exposição (s)*	Mortalidade média acumulada (%) ± dp**	
	Farelo	
	30 min	24 horas
2	14 ± 0,95 <i>a</i>	21 ± 0,43 <i>a</i>
3	39 ± 4,56 <i>b</i>	56 ± 2,32 <i>b</i>
4	62 ± 5,13 <i>c</i>	70 ± 0,98 <i>c</i>
5	71 ± 2,33 <i>d, c</i>	79 ± 0,64 <i>d</i>
6	80 ± 5,40 <i>e, d</i>	87 ± 1,25 <i>e, d</i>
7	87 ± 0,83 <i>f, e</i>	92 ± 0,77 <i>f, e</i>
8	93 ± 4,12 <i>g, e</i>	98 ± 2,03 <i>g, e</i>

n=25/repetição; 4 repetições/exposição; Comparação vertical.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% probabilidade

* = segundos.

** = desvio padrão

n = 100 indivíduos/ por tempo de exposição

As larvas criadas em farinha integral e em gérmen demonstraram o mesmo nível de sensibilidade à radiação por microondas, uma vez que os valores de TEL₅₀ obtidos não diferiram estatisticamente (Tabela 9). Entretanto, as larvas criadas no farelo apresentaram um nível de sensibilidade significativamente maior (TEL₅₀ = 2,85s) quando comparados àquelas criadas nas outras duas dietas (F=89.70, p<0.001).

Tabela 9. Valores do tempo de exposição letal mediano (TEL₅₀), em segundos, para larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella*, criadas em 3 diferentes dietas, farinha de trigo, farelo e gérmen em condições de temp=25±2°C; U.R.=70±10% e fotofase=12 horas.

Parâmetro	Dieta		
	Farinha	Gérmen	Farelo
TEL ₅₀	16,59 <i>a</i>	15,52 <i>a</i>	2,85 <i>b</i>
Limite Superior	28,14	17,83	3,23
Limite Inferior	12,37	13,51	2,51

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% de probabilidade.)

Estas diferenças em relação à sensibilidade de larvas de *A. kuehniella* à radiação se devem a fatores nutricionais, os quais interferem em propriedades físicas, químicas e biológicas do inseto, alterando sua resposta ao tratamento com a radiação. Como foi demonstrado, larvas desta praga alimentadas com farelo de trigo eram visivelmente menores que as obtidas nas duas outras dietas estudadas. Possivelmente, além de alterar o tamanho dos indivíduos, esta dieta também interfira em propriedades como, constante dielétrica, condutividade e conteúdo de água, tornado-a mais sensível às microondas.

Pode-se observar neste trabalho que larvas de terceiro estágio, independentemente da dieta em que foram criadas, apresentaram uma relação positiva entre o tempo de exposição e a mortalidade (Figura 6). Com o aumento do tempo de exposição à radiação, o material biológico é submetido a uma maior exposição ao campo eletromagnético e conseqüentemente a um maior aquecimento, chegando progressivamente mais perto da faixa de aquecimento corpóreo letal, resultando em aumentos no nível de mortalidade.

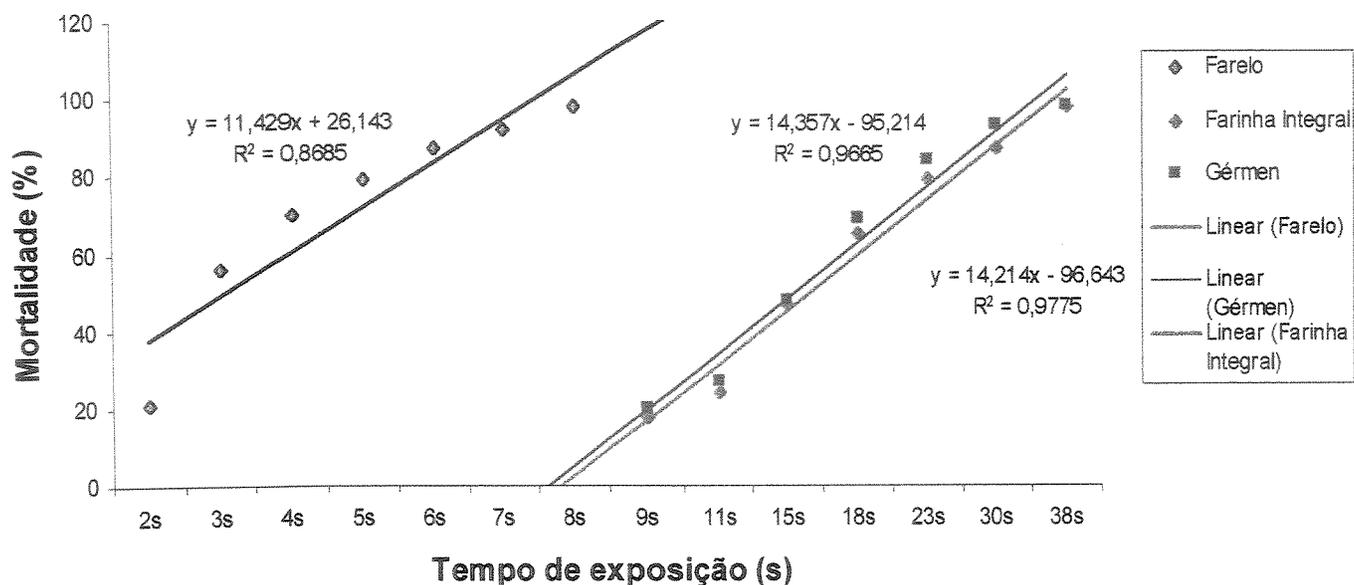


Figura 6: Relação entre taxa de mortalidade e tempo de exposição a microondas (2.450 MHz) em larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella* criadas em três dietas (farinha integral, gérmen e farelo).

(s) = segundos.

Vários trabalhos analisaram a sensibilidade às microondas de espécies de insetos praga e os vários fatores físicos e biológicos que influenciam as respostas à radiação (TILTON *et al.*, 1978; HURLOCK *et al.*, 1979; LOCATELLI & TRAVERSA, 1989; HALVERSON *et al.*, 1996). Estes apontaram para a existência de diferenças tanto interespecíficas quanto intraespecíficas, além daquelas devidas à interações com o meio. Entretanto, não se registra na literatura, nenhum trabalho que enfoque diretamente a relação entre nutrição e sensibilidade às microondas. Os trabalhos trazem basicamente dados sobre a influencia do meio físico que envolve o inseto tratado.

BOULANGER *et al.* (1969) trataram *Tribolium confusum* com microondas (2.450 MHz) em meio de trigo úmido e seco e observaram existir um gradiente de resposta diferenciado, sendo apresentado maior índice de mortalidade da praga em trigo úmido. Este fato se explica pela maior quantidade de água existente na dieta úmida, que proporciona um aumento nas propriedades dielétricas, causando um aquecimento maior.

A importância das propriedades dielétricas do meio hospedeiro durante o tratamento com rádio frequência de insetos de produtos armazenados é muito discutida (THOMAS, 1952; NELSON & WHITNEY, 1960; NELSON, 1996; NELSON *et al.*, 1998). Não foi constatado diferença significativa para mortalidade de adultos de *Sitophilus oryzae* tratados em trigo com 11,4 e 12,8% de umidade (WHITNEY *et al.*, 1961). NELSON & KANTACK (1966) comparando a mortalidade de larvas de *S. oryzae* (L.) e *S. granarius* criados em duas dietas, farinha de trigo e milho, quando expostos à rádio frequência de 29 GHz, constataram que ambas espécies apresentaram taxas de mortalidade semelhantes entre elas e entre as dietas. Entretanto, os autores sugerem que tratamentos com microondas podem ser mais eficazes em produzir mortalidade no inseto praga e quando a umidade do produto for alta, uma vez que a taxa de aquecimento é maior para grãos com alto teor de umidade e o conteúdo de água dos insetos pode também ser maior, o que pode afetar suas propriedades dielétricas favorecendo o aumento do aquecimento diferencial.

Alguns trabalhos demonstraram que uma espécie de inseto, dependendo das condições físicas e biológicas pode apresentar aquecimento diferenciado (NELSON & WHITNEY, 1960). NELSON & CHARITY (1972) compararam as propriedades dielétricas em diferentes cereais e seus subprodutos, utilizando diferentes frequências e concluíram que o aquecimento seletivo de insetos em cereais e seus derivados ocorre na frequência de 1-30 GHz e entre 300 a 3.000 MHz de alcance. Experimentos como de WATTERS, (1976), e BAKER *et al.*(1956) que trabalharam com 8.5 GHz e 2.45 GHz, respectivamente, sobre diferentes fases de desenvolvimento de *Tribolium confusum* em meio a grãos e farinha de trigo, confirmaram esta faixa de frequência para microondas para produzir maior mortalidade e observaram tempos de exposição distintos para cada substrato trabalhado. O mesmo foi feito para *Sitophilus granarius* (L.) em meio a trigo e foi constatado o mesmo fenômeno (DEL ESTAL *et al.*, 1986)

6.3. ANÁLISE DO EFEITO DA DIETA DO HOSPEDEIRO NA CAPACIDADE DE LOCALIZAÇÃO E NA SELEÇÃO DO HOSPEDEIRO PELAS FÊMEAS DO PARASITÓIDE.

Independentemente do menor tamanho que as larvas criadas em farelo apresentaram em relação as obtidas das criações de farinha integral e gérmen, a capacidade do parasitóide *B. hebetor* localizar as larvas de *A. kuehniella* não foi diferenciado, verificando-se um mesmo índice de atração das três criações.

No experimento de escolha (Tabela 10), utilizando-se o teste estatístico ANOVA, demonstrou-se que não existe diferença significativa na localização das larvas criadas nos três subprodutos do trigo, farinha integral gérmen e farelo, pelas fêmeas do parasitóide ($F=1,98$, $p>0.05$). Durante as 8 horas de observação para este experimento, pode-se verificar uma movimentação das fêmeas do parasitóide dentro da gaiola. Esta movimentação foi mais intensa nas primeiras quatro horas. Uma vez que o parasitóide esteja em contato com seu hospedeiro, ocorre uma seleção deste, para que ocorra uma análise das condições do hospedeiro, uma característica inata do comportamento de espécies parasitóide. A ação de tamborilar as antenas sobre a presa como forma de reconhecimento da “qualidade” desta é um comportamento muito comum entre os himenópteros parasitóides e normalmente ocorre assim que se tem o primeiro contato entre parasitóide e hospedeiro (DeBACH, 1981)

Tabela 10. Número médio de fêmeas de *B. hebetor* observadas durante 8 horas, sobre larvas de *A. kuehniella* criadas em farinha integral, gérmen e farelo nas condições de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$; U.R. de $70\pm 10\%$ e fotofase=12 horas.

	Dietas		
	Farinha integral	Gérmen	Farelo
n° de fêmeas/ placa			
Média \pm desvio padrão	3,33 \pm 0,920 <i>a</i>	3,33 \pm 0,190 <i>a</i>	3,375 \pm 0,544 <i>a</i>

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

O olfato e o tato são os mecanismos mais usados pelos parasitóides para detectar a presença de seus hospedeiros (DeBACH, 1981). VINSON, (1976) demonstrou existir uma relação complexa do papel de fatores químicos e físicos que envolvem a seleção dos hospedeiros. Faz parte do processo de metamorfose, ou mesmo da ecdise do hospedeiro imaturo, a produção e liberação de substâncias químicas voláteis, características de cada espécie, ou mesmo a incorporação de odores que compõem o meio onde o hospedeiro se desenvolve e o parasitóide já teve contato. Estes odores liberados no meio, por menores que sejam, são grandes atraentes para os parasitóides e referências eficientes para a localização de seu hospedeiro. Acredita-se que seja este fenômeno que ocorreu no presente trabalho em relação a localização do hospedeiro *A. kuehniella* pelo parasitóide *B. hebetor*. GOMES *et al.* (1993) analisaram as interações semioquímicas entre *B. hebetor* e *A. kuehniella* utilizando como atrativos casulos, dieta, lagartas e fezes, verificando percentuais de resposta de 0,0; 5,3; 10,7 e 38,7%, respectivamente, indicando a maior concentração da substância (caimônio), que atrai *B. hebetor*, nas fezes do inseto.

No experimento de não escolha, onde os parasitóides foram colocados em 3 lotes de placas de petri contendo cada lote larvas de uma das três dietas, observou-se que, após paralisar a larva hospedeira, e independentemente da dieta, a fêmea do *B. hebetor* passa algum tempo inspecionando o corpo da larva inerte e as imediações, através de toques com as antenas e o próprio ovipositor. Este mesmo comportamento também foi observado por outros pesquisadores como ULLYETT (1945) e STRAND & GODFRAY (1989), para este mesmo parasitóide. Notou-se que as fêmeas de *B. hebetor* paralisam continuamente o número máximo de hospedeiros que estejam ao seu alcance, fato também descrito por CECÍLIO (1993). Apesar de se observar claramente a paralisação das larvas criadas em farelo de trigo por fêmeas do parasitóide, pode-se constatar que não houve parasitismo por estas fêmeas. Deste modo, em todas as placas oferecidas com larvas de farelo, não houve nenhum caso de parasitismo bem sucedido.

Um fator necessário para o sucesso do parasitismo seria a adequabilidade do hospedeiro para o desenvolvimento do parasitóide. Esta adequabilidade do hospedeiro, para o parasitóide, pode ser influenciada por vários fatores ambientais mas, principalmente mecanismos de defesa e

mudanças que o próprio hospedeiro pode desenvolver ou adquirir, voluntária ou involuntariamente (VINSON & YWANTSCH, 1980). O tipo de comida consumida pelo hospedeiro influenciará diretamente o sucesso reprodutivo do seu parasitóide (PIMENTEL, 1966; SLANSKY, 1986; VINSON & BARBOSA, 1987). Segundo FLANDERS (1937) e SALT (1938), a adequabilidade nutricional, ou seja, o nível e qualidade nutricional do hospedeiro são fatores que podem levar uma fêmea de parasitóide a um insucesso no processo de seleção e oviposição. Provavelmente tenha sido este fator que influenciou nos resultados deste trabalho. Apesar de se ter mostrado que larvas do hospedeiro criadas em farelo tenham chegado ao último estágio, fase de oviposição do parasitóide *B. hebetor*, estas eram visivelmente mais fracas e menores, provavelmente por uma deficiência nutricional, influenciando na rejeição pelo parasitóide. Já para o experimento com larvas de farinha integral e gérmen, o parasitismo foi de 100%.

6.4. INFLUÊNCIA DE DUAS DIETAS NO DESENVOLVIMENTO DE *Bracon hebetor*.

Este trabalho demonstrou que a capacidade de oviposição das fêmeas dos parasitóides sobre as larvas das duas dietas, farinha integral e gérmen, foi alta, apresentando um número médio de $9,82 \pm 0,752$ ovos por larva criada em farinha e $10,05 \pm 0,036$ ovos por larva criada em gérmen, não havendo diferença significativa entre estes resultados (Tabela 11). Segundo PAYNE (1933), *B. hebetor* pode ovipor de 1 até 22 ovos em uma única larva de *A. kuehniella* sendo a média de 10 ovos por larva. RICHARDS & THOMSON (1932) verificaram que as fêmeas normalmente põem de 2 a 5 ovos por larva do hospedeiro, mas as vezes até 14 ovos, resultando em adultos de tamanho reduzido.

Tabela 11. Número médio de ovos e de adultos do braconídeo (n =1 casal) por larva hospedeira (n = 10 larvas/ placa), e duração das fases imaturas (dias) do parasitóide *B. hebetor* criado em larvas de *A. kuehniella* alimentadas em farinha integral e gérmen nas condições de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$; U.R. de $70\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas, durante 8 horas.

Parâmetro avaliado	Dietas	
	Farinha integral	Gérmen
	Média \pm desvio padrão	Média \pm desvio padrão
n.º de ovos / larva	9,82 \pm 0,752 a	11,05 \pm 0,036 a
Adultos emergidos / larva	4,03 \pm 0,921 a	5,76 \pm 0,192 b
Duração dos imaturos	14,52 \pm 0,173 a	14,65 \pm 0,923 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

Quando comparado estatisticamente pelo teste ANOVA, o número médio de adultos do parasitóide originados de larvas de *A. kuehniella* criadas nas 2 dietas (Tabela 11), constatou-se que a dieta de farinha integral e gérmen apresentam diferença significativa ($F=24,70$, $p<0,001$). Estes resultados podem estar relacionados ao número de ovos colocados pela fêmea do parasitóide por larvas do hospedeiro, pois apesar de não apresentar diferença estatística foi colocado um número de ovos maior em larvas criadas em dieta de gérmen do que em larvas criadas em dieta de farinha integral.

RADHIKA & CHITRA (1997) compararam o efeito nutricional de nove diferentes dietas larvais para o hospedeiro, *Corcyra cephalonica*, no potencial produtivo do parasitóide *B. hebetor*. As diferentes dietas eram compostas de milho, sorgum e bajra, em combinações com glucose e amendoim. Sendo a dieta de sorgum + glucose + amendoim a que apresentou um maior peso da larva do hospedeiro, resultando em um potencial produtivo do parasitóide bem maior, quando comparado com as demais dietas. HARVEY *et al.* (1995) investigaram o efeito da nutrição larval do hospedeiro *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae), no crescimento e desenvolvimento do endoparasitóide solitário, *Venturia canescens*. Criando o hospedeiro em duas dietas, uma a base de farelo de trigo, levedura e glicerol, e outra apenas de farelo de trigo, observou-se que o parasitóide apresentou uma taxa de mortalidade excessivamente alta para a dieta de farelo (92%).

BENSON (1973) observou que até 20 ovos de *Bracon hebetor* podem ser encontrados em uma única larva de *Ephestia cautella* (Waltker), sendo que apenas 3 ou 4 completam o desenvolvimento dando origem a adultos normais. STRAND & GODFRAY (1989) concluíram que a média de sobrevivência das larvas e o tamanho dos adultos de *B. hebetor*, diminuem abruptamente com o aumento no número de ovos deixados no hospedeiro. Embora os dados encontrados neste trabalho, com relação ao número de adultos do parasitóide emergidos de larvas do hospedeiro, apresentem diferença significativa entre eles, os resultados estão dentro da faixa registrada pela literatura. CECÍLIO (1993) descreveu uma média de 6 adultos por larva, semelhantes aos encontrados por RICHARDS & THONSON (1932), 6,5 adultos/larva, e PAYNE (1933), 5,0 adultos/larva. BENSON (1974) relatou para *Ephestia cautella* (Waltker), o desenvolvimento completo de 3 ou 4 adultos normais.

A duração média de todas as fases imaturas, incluindo os estágios de ovo, larval, pré-pupa e pupa, do parasitóide *B. hebetor*, em larvas criadas nas duas dietas de farinha de trigo integral e gérmen foi estatisticamente igual, apresentando valores de $14,52 \pm 0,173$ dias para farinha integral, e $14,95 \pm 0,923$ dias para gérmen (Tabela 11). Os dados encontrados no presente trabalho são semelhantes ao relatado por SERRA (1992) (14,46 dias), utilizando fotoperíodo de 14 horas. CECÍLIO (1993) relatou para o braconídeo criado em larvas de *A. kuehniella* alimentadas com dieta à base de farinha de trigo integral (90%) e levedura de cerveja (10%) 11,61 dias, e BUTLER JR (1984), que trabalhou com fotoperíodo de 14 horas, relatou uma duração média da fase ovo-adulto de 10,8 dias.

6.5. AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA DE ADULTOS DO PARASITÓIDE *Bracon hebetor* CRIADOS NAS 2 DIETAS A DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO A MICROONDAS.

Verificou-se que, os adultos do braconídeo, oriundos das duas dietas de gérmen e farinha integral, apresentaram as mesmas respostas à radiação por microondas, sem nenhuma

diferença significativa, resultando em tempo de exposição letal mediano (TEL₅₀) semelhante (Tabela 12). Como não houve obtenção de adultos do parasitóide quando criados em larvas alimentadas de farelo, não foi feito o experimento de tolerância a diferentes tempos de exposição a radiação para estes.

O estágio adulto do parasitóide *Bracon hebetor*, criado em farinha e gérmen, demonstrou ser bastante tolerante à radiação de microondas, quando comparado com seu hospedeiro natural, *A. kuehniella*, que apresentou TEL₅₀ para larvas de terceiro estágio, criadas nas três dietas, muito menores que os observados para o parasitóide (Tabela 12).

O estágio adulto de *B. hebetor*, tanto criado em larvas obtidas da farinha como do gérmen, demonstraram manter uma relação positiva entre a mortalidade e o aumento do tempo de exposição à radiação de microondas (Figura 7).

Tabela 12. Valores do tempo de exposição letal mediano (TEL₅₀), em segundos, e respectivos intervalos de confiança para adultos do parasitóide *Bracon hebetor* (24 h) criados em larvas de *A. kuehniella* alimentadas em 2 diferentes dietas, farinha integral e gérmen de trigo, submetidos à radiação de microondas (T=25±2°C, U.R.=70±10% e fotoperíodo=12 horas).

Parâmetro	<i>Bracon hebetor</i>		<i>Anagasta kuehniella</i>		
	Adultos		Larvas 3º estágio (L3)		
	Dietas		Dietas		
	Farinha	Gérmen	Farinha	Gérmen	Farelo
TEL ₅₀	109,57 a	112,21 a	16,59 b	15,52 b	2,85 c
Limite Superior	115,37	125,07	28,14	17,83	3,23
Limite Inferior	100,01	99,53	12,37	13,51	2,51

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

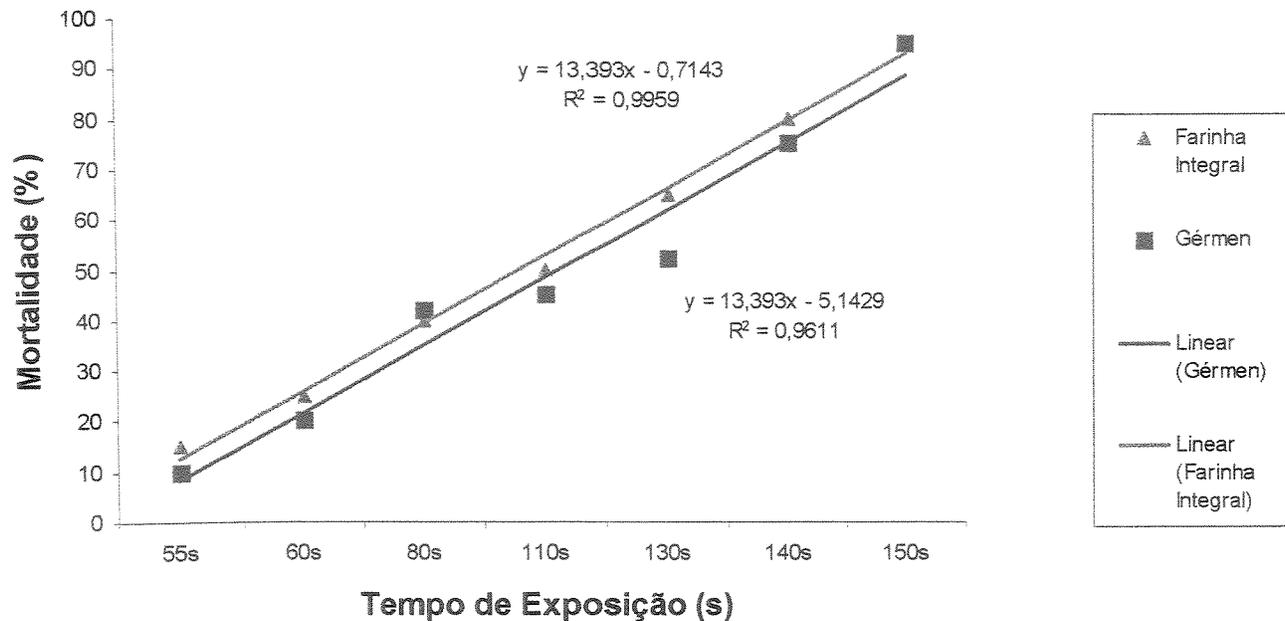


Figura 7: Relação linear entre mortalidade e tempo de exposição a microondas (2.450 MHz) em adultos de *Bracon hebetor* desenvolvidos em larvas de *A. kuehniella* criadas em duas dietas (farinha integral e gérmen de trigo). (s) = segundos

Estudos sobre o efeito da radiação em insetos praga de grão armazenados e seus subprodutos são comuns (NELSON, 1973; REAGAN *et al.*, 1980; LOCATELLI & TRAVERSA, 1989). Apesar deste tipo de radiação eletromagnética já ser considerada viável para uso como agente controlador de pragas de grãos e alimentos em unidades de armazenagem (TILTON & VARDELL, 1982a, b; NELSON, 1987), encontrou-se apenas três referências sobre a tolerância do parasitóide à agentes físicos de mortalidade. No primeiro trabalho, aplicando microondas, FAGUNDES (1998) trabalhou com adultos do mesmo parasitóide deste trabalho e descreveu resultado semelhante ($TEL_{50} = 106,57s$) aos encontrados neste presente trabalho, para farinha integral e gérmen. Nos dois outros trabalhos, ovos de *B. hebetor*, foram submetidos à exposição a diferentes tipos de radiações, como UV, gama, X e beta, para avaliação de seu impacto (AMY, 1955; AMY & ERNST, 1958 *apud* RAÍ *et al.*, 1972).

7. CONCLUSÕES

Os dados obtidos no presente trabalho permitem a revelação das seguintes conclusões:

7.1. No que se refere à biologia comparada do piralídeo *A. kuehniella*, observou-se que a dieta como recurso energético e nutricional influenciou diretamente no desenvolvimento dos seus estágios imaturos e nas atividades reprodutivas do adulto. As dietas de farinha integral e gérmen mostraram-se, sem diferença entre si, mais adequadas ao desenvolvimento desta praga do que a dieta à base de farelo.

7.2. Embora o potencial reprodutivo de *A. kuehniella* criada em farelo seja significativamente menor em relação ao encontrado para larvas criadas em farinha integral e gérmen, a praga no farelo, mesmo mantendo-se em níveis que não podemos chamar de economicamente prejudiciais, serve de "estoque" para possíveis reinfestações em outros produtos derivados do trigo uma vez que nos silos e armazéns não ocorre a separação total destes produtos.

7.3. Em relação à análise das interferências da dieta do hospedeiro na capacidade de localização e na seleção pelas fêmeas do parasitóide, conclui-se que, o tipo da dieta não interferiu nesses mecanismos, pois a fêmea teve o mesmo desempenho nas três dietas estudadas.

7.4. Larvas de *A. kuehniella* oriundas de farelo não permitiram o desenvolvimento do braconídeo. As demais dietas ofereceram larvas hospedeiras com o mesmo nível de adequabilidade, resultando em parasitismo de 100%.

7.5. Em relação aos estudos feitos sob a avaliação do impacto de diferentes tempos de exposição a microondas sobre larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella* criadas em três subprodutos do trigo, verificou-se que larvas criadas no farelo apresentam diferenças significativas e nível de sensibilidade maior, expressa pelos valores de TEL₅₀ quando comparados com os de larvas criadas em gérmen e farinha. Existe influência da dieta sobre a

sensibilidade de larvas de terceiro estágio de *A. kuehniella* à radiação de microondas, concluiu-se que a dieta pode alterar a resposta à radiação. Desta forma, tornam-se necessários estudos sobre a biologia do inseto-alvo criado em diferentes meios hospedeiros, para a otimização de programas de manejo integrado que envolvam a utilização de fontes geradoras de radiação de microondas.

7.6. A radiação de microondas, na frequência avaliada neste trabalho (2.450 MHz), comprovou ser altamente eficaz no controle do piralídeo praga de moinhos e armazéns, *A. kuehniella*, independente do meio em que estiver se desenvolvendo, proporcionando níveis de mortalidade bastante expressivos.

7.7. A dieta do hospedeiro não influenciou na sensibilidade de *B. hebetor* à microondas. Não houve diferença significativa do tempo de exposição letal mediano (TEL₅₀) encontrados para os adultos do braconídeo criados em gérmen e farinha integral, quando submetidos a radiação de microondas.

7.8. O estágio adulto do ectoparasitóide *B. hebetor*, obtidos das larvas criadas em farinha integral e gérmen revelaram tolerância a tempos de exposição à radiação considerados letais para a maioria dos estágios de desenvolvimento da praga, independente da dieta que ela tenha sido criada. Assim, pode-se considerar que existe um nível razoável de compatibilidade entre a radiação e o parasitóide. Tal fato possibilita a aplicação da radiação nos três subprodutos do trigo, sem que se elimine totalmente o inimigo natural

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA 21. **Conferencia das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento**, Rio de Janeiro, 3-14 de junho de 1992. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 1995.
- ALTAHTAWY, M.M.; HAMMAD, S.M. & HABIB, M.E.M. Bionomics of *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Phycitidae). **Indian J. Agric. Sci.**, v. 43, n. 10,;p.905-908. 1973.
- ALVES, S.B. **Controle Microbiano de Insetos**. 2ª ed. São Paulo, Brasil: Ed. Manole Ltda,. 1988. 407p.
- AMARAL FILHO., B.F. **Estudos biológicos e patológicos de dois piralídeos pragas de produtos armazenados**. Campinas, SP. 1986. 167p. Doutorado em Ecologia - IB/UNICAMP.
- AMARAL FILHO, B.F.; HABIB, M.E.M. Biologia de *Plodia interpunctella* (Lep., Phycitidae) em dieta artificial. **Rev. Agric.**, v 66, n 1, p.:9-20. 1991.
- AMY, R.L. A comparative study of the effects of beta rays, gamma rays and X-rays on development in *Habrobracon hebetor*. **Radiat. Res.**, v. 3, p.166-81, 1955.
- AMY, R.L.; ERNEST, M. L. Sensitivity of the developing *Habrobracon* embryo to ultraviolet radiation. **Proc. Pa. Acad. Sci.**, v. 32, p.254-60, 1958.
- ASTOLFI, E.; LANDONI, J.H.; ALMEIDA, E. 1977. Curso por correspondência sobre toxicologia de defensivos agrícolas. vol. II. ANDEF. São Paulo, SP.
- AYKROYD, W. R.; DOUGHTY, J. 1970. Wheat in human nutrition. Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1^h ed. Rome, Italy. 203p.

- BAKER, J.E.; WEAVER, D.C.; ZETTLER, J.L. Resistance to protectant insecticides in two field strains of the parasitoid *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **J. Econ. Ent.**, v. 88, n. 3, p.512-520, 1995.
- BAKER, V. H.; WIANT, D. E.; TABOADA, P. Some effects of microwaves on certain insects which infest wheat and flour. **J. Econ. Entomol.**, v. 49, n.1, p. 33-37, 1956.
- BARBOSA, H. P.; FIALHO, E.T.; LIMA, G.J.M.M. & FERREIRA, A.S. **Triquillo na alimentação de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA, 1990. 30p. (comunicado técnico 162).
- BARKER, A.V.; CRACKER, L.E. Inhibition of seed germination by microwaves. **Agron. J.**, v. 83, p. 302-305, 1991.
- BASTOS, E. **Trigo da lavoura ao pão**. 2ª ed, Rio de Janeiro, RJ: Ed Ícone, 1998. 190p.
- BELL, C.H. Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moth pests of stored products. **J. Stored Prod. Res.**, v. 11, p.167-175, 1975..
- BENCE, J. R. Indirect effects and biological control of mosquitoes by mosquito fish. **J. Appl. Ecol.**, v. 25, p.505-521, 1988.
- BENSON, J.F. Intraespecific competition in the population dynamics of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera : Braconidae). **J. Anim. Ecol.**, v. 42, p. 105-124, 1973.
- BENSON, J.F. Population dynamics of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) and *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Phycitidae) in a laboratory ecosystem. **J. Anim. Ecol.**, v. 43, p. 71-86, 1974.

- BENZ, G.; ALTWEGG, A. Safety of *Bacillus thuringiensis* for earthworms. **J. Invert. Pathol.**, v. 26, p. 125-126, 1975.
- BITRAN, E. A. 1989. Controle químico de pragas de grãos. Seminário sobre Controle de Insetos, Campinas, SP. SEB, Fund. Cargill. 2-15.
- BOURNIER, J.P.; PEYRELONGUE, J.Y. Introduction élevage et lachers de *Trichogramma brasiliensis* Ashm. (Hyme. Chalcididae) en vue de lutte contre *Heliothis armigera* Hbn. (Lep. Noctuidae) a Madagascar. **Coton Fibr. Trop.**, v. 28, n. 2, p. 231-237, 1973.
- BOULANGER, R. J.; BOERNER, W. M.; HAMID, M.A.K. Comparison of microwave and dielectric heating systems for the control of moisture content and infestations of grain. **J. Microwave Power**, v. 4, n. 3, p.194-199, 1969.
- BRINDLEY, T. A. The growth and development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera) and *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera) under controlled conditions of temperature and relative humidity. **Ann. Ent. Soc. Am.**, v. 23, p.741-757, 1930.
- BROWER, J.H.; PRESS, J.M. Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *trichogramma pretiosum* (Hymenoptera :Trichogrammatidae) in supressing stored products moth populations in small inshell peanut storage. **J. Econ. Entomol.**, v. 53, n. 3, p. 1096-1101, 1990.
- BRUES, C. T. **Insect dietary: na account of the food habits of insects.** Cambridge: Harvard University Press, 1946. 466p.
- BUCKNER, C. H. The role of vertebrate predators in the biological control of forest insects. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 11, p. 449-470, 1966.

- BUENO, V.H.; BERTI F°, T. Controle Biológico de insetos com predadores. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, v.15, n. 3, p. 41-52, 1991.
- BUTLER JR, G.D. Development time of three species of *Bracon* (Hymenoptera: Braconidae) on the pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae) in relation to temperature. **An. Entomol. Soc. Am.**, v. 77, n. 5, p.539-542, 1984.
- CAMPBELL, F. L. A comparison of for estimating the relative toxicity of stomach poison insecticides. **J. Econ. Entomol.**, v. 23, n. 1, april 1930.
- CAMPOS, A.R.; GRAVENA, S. Inseticidas, *Bacillus thuringiensis* e artrópodos predadores no controle da maçã do algodoeiro. **Anais da SEB**, v. 13, n. 1, p. 95-105, 1984.
- CASTRO, A. L. S.; PINHO, J. T.; CIOTTI, C. R. S. 1994. Desenvolvimento de um protótipo de secador de microonda. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROONDAS E OPTOELETRÔNICA, Pará, Belém. 1994. **Anais da SBMO**, p.252-272.
- CECÍLIO, A.T.B. **Bioecologia de *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae), ectoparasitóide de *Anagasta kuehniella* (Zeller. 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) sob diferentes fotoperíodos, tipos de alimento, idade e densidade de hospedeiro.** Campinas, 1993. 166f. Mestrado em Ecologia - IB/UNICAMP.
- CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grains and their products.** American Association of cereal chemists. inc. vol. V, USA. 1974. 380p.
- CLAUSEN, C.P. Hymenoptera. In : **Entomophagous insects.** Hafner Publishing Co. N.Y., 1972. p. 3-342.

- COMPÊNDIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS.. 6ª ed. **Organização Andrei editora ltda.** 1999. 672p.
- COPEL, H.C.; MERTINS, J.W. **Biological insect pest supression.** Berlim, Alemanha: Springer-Verlag, 1977. 314p.
- COPSON, D. A. **Microwave Heating.** 2ª ed. Westport, Connecticut, USA: The Avi publishing com. Inc. 1975. 205p.
- COSTA LIMA, A. M. Estudos sobre dois microhimenópteros que parasitam a lagarta rósea *Platyedra gossypiella* (Saundes) no Brasil. **Chácaras e Quintais**, v. 56, n. 6, p.738-42, 1937.
- COX, P. D. Cold tolerance and factors affecting the duration of diapause in *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **J. Stored Prod. Res.**, v. 23, n. 3, p. 163-168, 1987.
- COX, P. D. CRAWFORD, L. A.; GJESTRUD, G.; BELL, C. H. & BOWLEY, C. R. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae). **Bull. Entomol. Res.**, v. 71, p. 171-181, 1984.
- CLINE, L. D.; PRESS, J.W. Reduction in almond moth (Lepidoptera: Pyralidae) infestations using comercial packing of foods in combination with the parasitic wasp *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). **J. Econ. Entomol.**, v. 83, n. 3, p. 1110-1113, 1990.
- CROCKER, R.L.; MORGAN, D.L.; LONGNECKER, M. T. Effect of microwave treatment of live oak acorns on germination and on *Curculio* sp (Coleoptera: Curculionidae) larvae. **J.Econ. Ent.**, v. 80, p. 916-920, 1987.
- DADD, R.H. Nutricion: Organisms. In: KERKUT, G.A & GILBERT, L .I., eds. **Comprehensive Insect Physiology. Biochemistry and Pharmacology.** Vol. 4, Pergamon Press, 1985, p.313-390.

- DeBACH, P. 1981. **Control Biológico de las plagas de insectos y malas hierbas.** , México: Co. Ed. Continental, 1981. 949p.
- DEL ESTAL, P.; VINUELA, E.; PAGE, E.; CAMACHO, C. Lethal effects of microwave on *Ceratitis capitata* Wied. (Dipt. Trypetidae). Influence of developmental stage and age. **J. Appl. Ent.**, v. 102, n. 3, p. 245-254, 1986.
- DENT, D. **Insect Pest Management.** 2nd ed, Wallingford, UK: CABI publishing, 2000. 410p.
- DICKE, M.; SABELIS, M.W. Infochemical terminology: based om cost-benefit analysis rather than origin of compounds?. **Func. Ecol.**, v. 2, p.131-139, 1988.
- DOWDY, A. K. Mortality of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. **J. Stored Prod. Res.**, v. 35, p. 175-182, 1999.
- DUNKEL, F.V. The stored grain ecosystem: a global perspective. **J. Stored Prod. Res.**, v. 28, n. 2, p. 73-87, 1992.
- DUTRA, G.R.P. Os insetos destruidores dos grãos. **Bol. Agric.**, v. 2, n. 1, p.1-21, 1901.
- FAGUNDES, G.G. **Interações do ectoparasitóide *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera, Braconidae) com seu hospedeiro *Anagasta kühniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera, Pyralidae) e dois fatores de mortalidade, *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (H:3a-3b) e microondas.** Campinas, 1998. 89f. Mestrado em Parasitologia - IB/ UNICAMP.
- FAO, 2000. **Estatistic.** Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: novembro de 2000.

- FARRIS, G.A; CABRAS, P.; SPANEDDA, L. Effect of microwaves on microorganisms in foods. **Nat. J. Food Sci.**, v. 3, p. 149-151. 1992.
- FERRARI, M. C. 1998. **Estudos de viabilidade sobre avaliação de qualidade de farinhas de trigo através de medidas das propriedades do glúten**. Campinas, 1998. 105f. Mestrado em Alimentos - FEA/ UNICAMP.
- FIELDS, P.G. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. **J. Stored Prod. Res.**, v. 28, n. 2, p. 89-118, 1992.
- FIELDS, P.G.; MAIER, D. **Internet Resources for stored product protection. USDA/ARS Methyl bromide research** Disponível em: <http://res2.agr.ca/winnipeg/ires.htm>. Acesso em: setembro de 1998.
- FISCHER, G. R. **Menos veneno no prato**. 2ª ed. Florianópolis, SC: Ed. Paralelo 27, 1993. 224p.
- FLANDERS, S. E. Starvation of developing parasites as an explanation of immunity. **J. Econ. Entomol.**,v. 30, p. 88-07, 1937.
- FRAENKEL, G. The nutritional value of green plants for insects. **Symposia of the IX th International Congress of Entomology**, Amsterdam, p. 90-100, 1953.
- GALLO, D. *et al.* **Manual de Entomologia Agrícola**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 1988. 649p.
- GOMES, S.M.; PARRA, J.R.P.; VINSON, S.B. CÔNSOLI, F.L. & SERRA, H.J.P. Interações semioquímicas *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) e *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **14º Congresso brasileiro de Entomologia (SEB)**. Piracicaba, SP, p. 267, 1993.

- HABIB, M.E.M. **Histopathological studies on the effect of *Bacillus thuringiensis* Berliner, on the mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* Zeller.** Alexandria, Egito, 1968. 190f. Mestrado em Entomologia - University of Alexandria.
- HABIB, M.E.M. 1982. **Patogenicidade de duas variedades de *Bacillus thuringiensis* para larvas de Lepidoptera e Diptera.** Campinas, 1982. Livre Docência - IB/ UNICAMP.
- HABIB, M.E.M. 1983. Potency of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against some aquatic dipterous insects. **Z. ang. Entomol.**, v. 95, p.368-376, 1983.
- HABIB, M.E.M.; ANDRADE, C. F. S. 1998. Bactérias entomopatogênicas. In: ALVES, S. B. (ed.) **Controle microbiano de insetos.** 2ªed. FEALQ, Piracicaba, 1998. p.383-447.
- HABIB, M.E.M.; FAGUNDES, G.G. Sensitivity of *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera, Pyralidae) and its natural ectoparasite, *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera, Braconidae) to Microwaves (2450 Mhz). **XX Internat. Cong. Entomol.**, Firenze, Itália, 25 a 31 de Agosto de 1996.
- HABIB, M.E.M.; GARCIA, M.A. Compatibility and synergism between *Bacillus thuringiensis* var. *kustaki* and two chemical insecticides. **Z. ang. Entomol.**, v. 91, p. 7-14, 1981.
- HAGEN, K. S.; FRANZ, J. M. A history of biological control. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 18, p. 470-508, 1973.
- HALVERSON S. L.; BURKHOLDER, W. E.; BIGELOW, T.S.; NORDHEIM, E. V.; MISENHEIMER, M. E. High-power microwave radiation as an alternative insect control method for stored products. **J. Econ. Entomol.**, v. 89, n. 6, p. 1639-1648, 1996.

- HARVEY, J. A.; HARVEY, I. F.; THOMPSON, D. J. The effect of host nutrition on growth and development of the parasitoid wasp *Venturia canescens*. **Entomol Exp. Appl.**, v. 75, p. 213-220, 1995.
- HASSEL, M. P.; WAAGE, J. K. Host-parasitoid population interactions. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 29, p. 89-114, 1984.
- HEISER JR., C. B. **Sementes para a civilização; a história da alimentação humana**. Biblioteca do Espírito Moderno, série 2 – Ciências, V.30. 1977. 253p.
- HOUSE, H.L. Insect nutrition. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 6, p.13-16, 1961.
- HOWE, R.W. A summary of estimates of optimal conditions for population increase of some stored products insects. **J. Stored Prod. Res.**, v. 1, p. 177-184, 1965.
- HURLOCK, E. T.; LIEWELLING, B.E.; STABLES, L.M. Microwave can kill insect pests. **Food Manuf.**, v. 54, n. 8, p. 37-38, 1979.
- JACOB, J. A.; COX, P. D. The influence of temperature and humidity on the life-cycle on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **J. Stored Prod. Res.**, v. 13, p. 107-18, 1977.
- KENT, N.L. **Technology of cereals: with special reference to wheat**. 1th ed. Oxford, England: ed. Pergamon Press Ltd. 1975. 450p.
- KOGAN, M. integrated pest management; Historical perspectives and contemporary developments. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 43, p. 243-270, 1998.
- KOGAN, M.; BAJWA, W.I. Integrated pest management: A global reality?. **An. Soc. Entom. Bras.**, v. 28, n. 1, p. 01-25, 1999.

- KORUNIC, Z. Review: Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. **J. Prod. Res.**, v. 34, n. 2/3, p. 87-97, 1998.
- KURSTACK, P. Le rôle de *Nemeritis canescens* Gravenhorst dans l'infection a *Bacillus thuringiensis* Berliner chez *Ephestia kuehniella* Zeller. Première partie. Étude biologique du parasite "*Nemeritis canescens*" Gravenhorst (Ichneumonidae) et son hôte "*Ephestia kuehniella*" Zeller (Lepidoptera). **Ann. Épiphyties**, v. 17, n. 3, p. 335-85, 1966.
- LAMBERT, J.P. Biological hazards of microwave radiation. **J. Econ. Ent.**, v. 43, n. 8, p. 625-628, 1980.
- LEGNER, E. F. Importation of exotic natural enemies. In: FRANZ, J. M. (ed.) **Biological plant and health protection. Biological control of plant pests and of vectors of human and animal diseases**. Gustav Fischer Verlag, New York, 1986. p. 19-30.
- LEWIS, V.R.; HAVERTY, M.F. 1996. Evolution of six techniques for control of the western drywood termite (Isoptera: Kalotermitidae) in structures. **J. Econ. Entomol.**, v. 89, n. 4, p.922-934, 1996.
- LOCATELLI, D. P.; TRAVERSA, S. Microwaves in the control of rice infestans. **Ital. J. Food Sci.**, n. 2, 1989.
- LOCATELLI, D. P.; BIGLIA, M.C. Development of *Ephestia kuehniella* (ZELLER) and *Plodia interpunctella* (HÜBNER) (Pyralidae: Phycitinae) in baking ingredients and products. **Ital. J. Food Sci.**, n. 4, p. 333-341, 1995.

- LOCATELLI, D. P.; LIMONTA, L. Development of *Ephestia kuehniella* (Zeller), *Plodia interpunctella* (Hubner) and *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) on kernels and wholemeal flours of *Fagopyrum esculentum* (Moench) and *Triticum aestivum* L. **J. Stored Prod. Res.**, v. 34, n. 4, p. 269-76, 1998.
- LORINI, I. **Pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, doc. 2, 1999. 60p.
- MAGRINI, E.A; BOTELHO, P.S.M.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. Comparação de dietas artificiais para criação massal de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera:Pyralidae). **An. Soc. Entomol. Bras.**, v. 22, n. 2, p.361-371, 1993.
- MAGRINI, E.A; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M. L.; BOTELHO, P.S.M. Comparação de dietas artificiais e tipos de milho, para criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). **Sci. Agric.**, v. 52, n. 1, p.60-64, 1995.
- MARICONI, F.A.M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas. Com uma introdução sobre o estudo dos insetos**. Rio de Janeiro: Livraria Nobel, 1983. 305p.
- MARQUES, I.M.R. Ação de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* sobre *Scrobipalpaloides absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera, Gelechiidae) e sua interação com o parasitóide *Trichogramma prestiosum* Ryley, 1879 (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Piracicaba, 1993. 78f. Doutorado em Entomologia - ESALQ, USP.
- MARSAIOLI JR, A. **Desenvolvimento da tecnologia de aplicação de microondas em secador cilíndrico rotativo combinado com ar quente para produtos granulados**. Campinas, 1991. 102f. Doutorado em Alimentos - FEA/ UNICAMP.
- McGAUGHEY, W.M.H. Moth control in stored grain: efficacy of *Bacillus thuringiensis* on corn and methods of evaluation using small bins. **J. Econ. Entomol.**, v. 71, p. 835-839, 1978.

- METCALF, C. L.; FLINT, W. P. **Insects destructivos e insects utiles. Sus costumbres y su control.** México: Comp. Ed. Cont., S.A., 1981, 1208 p.
- METCALF, R.L.; LUCKMAN, W.H. **Introduction to Pest Management.** 2° ed., USA: John Wiley & Sons Inc., 1982, 577 p.
- MOINO JR., A. **Utilização de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para o controle de pragas de grãos armazenados.** Piracicaba, 1993. Mestrado em Entomologia – ESALQ/ USP.
- MONTE, O. Borboletas que vivem em plantas cultivadas. **Bol. Agric. Zoot. Vet.**, v. 7, n. 10, p. 241-264, 1934.
- MUESEBECK, C. F. W. A revision of the parasitic wasp of the genus *Microbracon* occurring in America North of Mexico, 1925, Washington. **Proceedings of the U.S. National Museum.**, v. 67, n. 8, p. 1-85.
- MUESEBECK, C.F.W.; KROBEIN, K.V.; TOWNES, H. K. **Hymenoptera of America North of Mexico**, synoptic catalog. Washington, USDA, 1951 1420p.
- MUNRO, J. W. **Pests of stored products.** London: Hutchinson & Co. (Publishers), 1966, 234p.
- NAKANO, O., SILVEIRA NETO, S.; BATISTA, G. C.; YOBOYAMA, M.; DEGÁSPARI, N.; MARCHINI, S. C. **Manual de Inseticidas, dicionário.** São Paulo: Ed. Agron. Ceres Ltda., 1977.. 272p.
- NEALIS, V.G.; FRANKENHUYZER, K. V.; CADOGAN, B.L. Conservation of spruce budworm parasitoids following application of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* Berliner. **Can. Ent.**, v. 124, n. 6, p. 1085-1092, 1992.

- NELSON, S.O. Insect-control white microwaves and other radiofrequency energy. **Bull. Entomol. Soc. Am.**, v.19, p. 157-63, 1973.
- NELSON, S.O. Potential agricultural applications for RF and microwave energy. **Trans. ASAE**, v. 30, p. 818-822, 831, 1987.
- NELSON, S.O. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. **Trans. ASAE**, v.39, n. 4, p. 1475-1484, 1996.
- NELSON, S.O.; WHITNEY, W.K. Radio-frequency electric fields for stored-grain insect control. **Trans. ASAE**, v. 3, p. 133-137, 144., 1960
- NELSON, S.O.; KANTACK, J. Stored-grain insect control studies with radio-frequency energy. **J. Econ. Entomol.**, v. 59, p. 588-594, 1966.
- NELSON, S.O.; CHARITY, L.F. Frequency dependence of energy absorption by insects and grain in electric fields. **Ibid.**, v. 15, p. 1099-1102, 1972.
- NELSON, S.O.; STETSON, L.E. Comparative effectiveness of 39- and 2450-Mhz electric fields for control of rice weevils in wheat. **J. Econ. Entomol.**, v. 67, n. 5, p. 592-95, 1974.
- NELSON, S. O.; BARTLEY JR., P.G.; LAWRENCE, K. C. RF and microwave dielectric properties of stored-grain insects and their implications for potential insect control. **Trans. ASAE**, v. 41, n. 3, p. 685-92, 1988.
- NIELSEN, P.S. The effect of a diatomaceous earth formulation on the larvae of *Ephesia kuehniella* Zeller. **Journal Product Research**, v.34, n .2,3, p. 113-121, 1998.

- NORTON, G. A. Philosophy, concepts and techniques. In: NORTON, G. A. & MUNFORD, J. D. (eds) **Decision tools for pest management**. Wallingford, UK: CABI, 1993, p.1-22.
- OSÓRIO, E. A. **A cultura do trigo** (Coleção do agricultor). Rio de Janeiro, RJ: Ed Globo, 1999. 115p.
- OZER, M. Étude anatomique et biologique d' *Ephestia kuehniella* Zell. **Ann. Épiphyties**, v. 4, p.479-509, 1953.
- PANIZZI, AR.; PARRA, J.R.P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo; CNPq, Ed. Manole Ltda, 1991. 359p.
- PARRA, J.R.P. Nutrição quantitativa de Lepidoptera. In: **XI Congresso Brasileiro de Entomologia da SEB**, Campinas. Anais, 1966, p. 39-45.
- PARRA, J. R. P., LOPES, J.R.S.; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R.A. 1987. Metodologia de criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para produção de *Trichogramma*. In: **Congresso Brasileiro de Entomologia da SEB**, Campinas. Resumos, p.39.
- PARRA, J. R. P., ALVES, S. B.; BERTI FILHO, E. Controle biológico. In: **Curso de entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba, SP: FEALQ. 1992, 760p.
- PAYNE, N.M. Differential effect of environmental factors upon *Microbracon hebetor* (Say) (Hym.: Braconidae) and its host *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). **Biol. Bull.**, v. 65, n. 2, p. 187-205, 1933.
- PAYNE, C.C. Pathogens for the control of insects : Where next? **Philosophical Trans. of the Royal Society B.**, v. 318, p.225-248, 1998.

- PIMENTEL, D. Wasp parasite (*Nasonia vitripennis*) survival on its house fly host (*Musca domestica*) reared on various foods. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, v. 59, p. 1031-1038, 1966.
- PRESS, J.W.; FLAHERTY, B. R. ; ARBOGAST, R.T. Interactions among *Nemeritis canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). **J. Kans. Entomol. Soc.**, v. 50, p. 259-62, 1977.
- POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. 3rd ed. USA: American Association of cereal chemists,.1989a, v. I e II.
- POMERANZ, Y. **Wheat is unique structure, composition, processing, end-use properties and products**. 2nd ed. USA: American Association of cereal chemists, 1989b, 275p.
- PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos – armazéns e silos**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1977. 405p.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas: Inst. Campineiro de Ensino Agrícola, 1986, 232p.
- QUICKE, D.L.J.; SHARKEY, M.J. A key to and notes of genera *Bracon* (Hymenoptera: Braconidae) from America North of Mexico with descriptions of two new genera and three new species. **Can. Ent.**, v. 121, p. 337-361, 1989.
- RADHIKA, P.; CHITRA, K. C. Effect of larval nutrition of *Corcyra cephalonica* (Stainton) on the production potencial of *Bracon hebetor* (Say). **J. Insect Sci.**, v. 10, n. 1, p. 59-60, 1997.
- RAÍ, P.S.; BALL, H.J.; NELSON, S.O.; STETSON, L.E. Lethal effects of radio-frequency energy on eggs of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, v. 65, n. 4, p. 807-810, 1972.

- REAGAN, B.M.; CHIAO-CHENG, J.H.; STREIT, N. Effects of microwave radiation on the webbing clothes moth, *Tineola bisselliella* (Humm.) and textiles. **J. Food. Protection**, v. 43, n.8, p. 658-663, 1980.
- RICHARDS, O.W.; THONSON, W.S. A contribution to the study of genera *Ephestia*, Gn (including *Strymax*, Dyar), and *Plodia*, Gn (Lepidoptera, Phycitidae), with notes on parasites of the larvae. **Trans. Ent. Soc. Lo.**, v. 80, n. 2, p. 169-250, 1932.
- RICHARDSON, C.H. A physiological study of growth of the mediterranean flour moth (*Ephestia kuehniella* Zeller) in wheat flour. **J. Agric. Res.**, v. 32, n. 10, p.895-929, 1926.
- RODRIGUES FILHO, I.L.; PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L.; STEIN,C.P. Comparação de dietas úmida e seca para criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1876). **An. Soc. Ent. Bras.**, v. 20, n. 2, p. 417-25, 1991.
- RODRIGUEZ, J. G.; RODRIGUEZ, L. D. Nutritional ecology of stored-product and house dust mites. In: SLANSKY JR., F & RODRIGUEZ, J.G. (ed.) **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. New York.: John Wiley & Sons Publication, 1987, 598p.
- ROMEIRO, A. R.; SALLES FILHO, S. Dinâmica das inivações sobre restrição ambiental. 83-122. In: ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P. & LEONARDI, M. L. A., org. **Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e gestão de espaços regionais**. Campinas, SP: UNICAMP/IE, 1996, 384p.
- SAMWAYS, M. J. **Biological control of pests and weeds**. Edward Arnold, London: Institute of biology, Studies in biology, 1981, No. 132.

- SANTOS, J. A. Recomendações para o controle de pragas de grãos e sementes armazenadas. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H., ed. **Cultura do milho. Fatores que afetam a produtividade**. POTATOS, Piracicaba, SP, 1993, 197-236.
- SALT, G. Experimental studies in insect parasitism. VI. Host suitability. **Bull. Entomol. Res.**, v. 29, p. 223-46, 1938.
- SARTORI, M.R. Resistência de insetos-praga de grãos a pesticidas. **Vetores & Pragas**, v. 1, n. 3, p. 4-6, 1996.
- SARTONI, M.R.; PACHECO, I.A.; VILLAR, R.M.G. Resistance to phosphine in stored grain insects in Brazil. **Proc. 5th Conf. Stored Prod. Prot.**, p. 1041-1050, 1991.
- SCHÖLLER, M. Stored product protection with alternative methods. Biological and non-biological control. **Entomophaga**, v. 45, n. 3, p.149-170, 2000.
- SCHÖLLER, M; PROZELL, S; AL-KIRSHI, A.-G.; REICHMUTH, C. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. **J. stored Prod. Res.**, v. 33, n. 1, p. 81-97, 1997.
- SCRIBER, J. M.; SLANSKY JR., F. The nutritional ecology of immature arthropods. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 26, p. 183-211, 1981.
- SEEGER, J. A. **Microwave theory, components, and devices**. USA: Prentice-Hall ed.,. 1986, 262p.
- SERRA, H. J. P. **Bioecologia do ectoparasito *Habrobracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera : Braconidae) em *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera : Pyralidae)**. Campinas, 1992. 91f. Mestrado em Entomologia. ESALQ/ USP.

- SIDDIQUI, W.H.; BARLOW, C.A. Population growth of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae) at constant and alternating temperatures. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, v. 66, p. 579-85, 1973.
- SIEGEL, J.P.; SHADDUCK, J. A.; SZABO, J. Safety of the entomopathogen *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* for mammals. **J. Econ. Ent.**, v. 80, n. 4, p. 717 – 723, 1987.
- SILVA, P. Controle biológico da “traça do cacau” pelo *Microbracon hebetor* (Say). **Bol. Téc. Inst. Cacau da Bahia**, v. 7, p. 1-39, 1947.
- SILVA, A.G.A. *et al.* Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Seus parasitos e predadores. **Ministério da Agricultura**, Rio de Janeiro, Tomo I, pt. 2, 622pp.
- SILVA, D. B. *et al.* **Trigo para o abastecimento familiar. Do plantio à mesa.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996, 176p.
- SILVEIRA NETO, S. *et al.* **Manual de Ecologia dos Insetos.** 2º ed. São Paulo: Ed. Agron. Ceres, 1988. 419p.
- SINGH, P. **Artificial diets for insects, mites, and spiders.** NY: Plenum, 1977. 594p.
- SINGH, P.; MOORE, R.F (EDS.). **Handbook of Insect Rearing.** London: Elsevier, 1985, 2v.
- SLANSKY JR, F. Nutritional ecology of endoparasitic insects and their hosts: an overview. **J. Insect Phys.**, v. 32, p. 255-261, 1986.
- SLANSKY JR., F.; SCRIBER, J.M. Food consumption and utilization. In: KERKUT, G.A & GILBERT, L.I. **Comprehensive Insect Physiology. Biochemistry and Pharmacology.** Oxford: Pergamon, 1985. vol. 4, p. 87-163.

- SLANSKY JR., F & RODRIGUEZ, J.G. (ed.) **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. New York.: John Wiley & Sons Publication, 1987, 1016p.
- SMITH, H. D. Laboratory rearing of *Microbracon vesticida* Vier. On the bean weevil, with notes on the life history of the parasite. **J. Econ. Ent.**, v. 36, p.101-104, 1943.
- SNEH, B.; GROSS, S. & GASITH, A. Biological control of *Spodoptera littoralis* (Boisot) (Lepidoptera : Noctuidae) by *Bacillus thuringiensis* subs. entomocidus and *Bracon hebetor* (Himenoptera : Braconidae). **Z. ang. Entomol.**, v. 96, p. 408 – 412, 1983.
- SOARES SOBRINHO, J.; SOUZA, M. A. Origem, descrição botânica e desenvolvimento do trigo. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 97, p .9-13, 1983.
- SOMSEN, H.W.; LUGINBILK JR., P. *Bracon lissogaster* Mues.: A parasite of the wheat stem sawfly. **U. S. Dep. Agr. Tec. Bull.**, v. 1153, p.1-7, 1956.
- SORENSEN, A. A. **Integrated pest management: future farming takes lessons from the past**. Disponível em: <http://ifinfo.health.org/insight/inttpest.html>. Acesso em: outubro de 1998.
- STEIN, C. P. **Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) para estudo com *Trichogramma***. Piracicaba, 1985, 89f. Mestrado em Entomologia - ESALQ/USP.
- STEIN, C. P. & PARRA, J.R.P. Aspectos biológicos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1876) criada em dois substratos alimentares. **An. Soc. Ent. Bras.**, v. 16, n. 1, p. 173-85, 1987.
- STRAND, M. R. & GODFRAY, H.C.J. Superparasitism and ovicide in parasitic Hymenoptera: theory and a case study of the ectoparasitoid *Bracon hebetor*. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, v. 24, p.421-32, 1989

- TAYLOR, R.W.T. Methyl bromide – is there any future for this noteworthy fumigation? **J. stored Prod. Res.**, v. 30, n. 4, p. 253 – 260, 1994..
- TAMASHIRO, M. The susceptibility of *Bracon*-paralyzed *Corcyra cephalonica* (Stainton) to *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* Berliner. **J. Insect Patol.**, v. 2, p. 209-219, 1960.
- THOMAS, A. **Pest control by high-frequency electric fields – critical resume.** Tech. Rpt. W/T23, pub. By the British Electric and Allied Industries Res. Ass., Leatherhead, Surrey. 1952.
- THOMPSON, W.R.. Use of moving averages and interpolation to estimate median effective dose. **Bacter. Rev.**, v. 11, p.115-145, 1947.
- TILTON, E.W.; VARDELL, H.H. Combination of microwaves and partial vacuum for control of four stored-product insects in stored grains. **J. Georgia Entomol. Soc.**, v. 17, p.106-112, 1982a
- TILTON, E.W.; VARDELL, H.H. An evaluation of a pilot-plant microwave vacuum drying unit for stored product insect control *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*. **J. Ga. Entomol. Soc.**, v. 17, n. 1, p. 133-138, 1982b.
- TILTON, E.W.; BROWER, J.H.; COGBURN, H. J. Irradiation disinfestation of cornmeal. **J. Econ. Entomol.**, v. 71, n. 4, p. 701-703, 1978.
- ULLYETT, G.C. Distribution of progeny by *Microbracon hebetor* (Say). **J. Entomol. Soc. So. Africa**, v. 8, p. 123-31, 1945.
- UVAROV, B. P. Insect nutrition and metabolism. A summary of the literature. **Trans. R. Ent. Soc. London**, v. 74, p.: 255-343, 1928.

- VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P. S. 1973. **Biological Control**. NY: In text Educational Publishers. 1973, 180p.
- VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P.S.; GUTIERREZ, A. P. **An introduction to biological control**. New York: Plenum, 1982, 274p.
- VENDRAMIM, J. D.; ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO. Controle cultural, físico, por comportamento e por resistência de plantas. In: FEALQ (ed.) **Entomologia Aplicada à Agricultura**. Piracicaba, SP. 1992. p.103-157.
- VINSON, S. B. Host selection by insect parasitoids. **Ann. Rev. Entomol.**,v. 21, n. 2, p. 109-33, 1976.
- VINSON, S. B.; YWANTSCH, W. Host suitability for insect parasitoids. **Ann. Rev. Entomol.**, v. 25, p.397-419, 1980.
- VINSON, S. B.; BARBOSA, P. 1987. Interrelationships of nutritional ecology of parasitoids. In: SLANSKY JR., F & RODRIGUEZ, J.G. (ed.) **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**. New York.: John Wiley & Sons Publication, 1987, 598p.
- WAIB, C.M. **Potencialidade de *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* no controle de coleópteros prejudiciais**. Campinas, 1992. 89f. Mestrado em Ecologia - IB, UNICAMP.
- WATTERS, F. L. Microwave radiation for control of *Tribolium confusum* in wheat and flour. **J. Stored Prod. Res.**, v.12, n. 1, p.19, 1976.
- WEBBER, H.H.; WAGNER, P.; PEARSON, A. High frequency electric fields as lethal agents for insects. **J. Econ. Entom.**, v.39, p.487-498, 1946.

WHITTAKER, R.H.; FEENY, P.P. Allelochemicals; Chemical interactions between species. **Science**. v. 171, p. 757-770, 1971.

WHITNEY, W.K.; NELSON, S. O.; WALKDEN, H.H. **Effects of high-frequency electric fields on certain species of stored-grain insects**. USDA Marketing Res. Rep. 455, 52p. 1961.

WOESSNER, J. C. **Behavior of parasitoids and their hosts**. Disponível em:

http://www.colostate.edu/Depts/Entomol...ourses/en507/papers_1997/woessner.html.

Acessado em: outubro de 1997.

YAMVRIAS, C. Contribution a l'étude du mode d'action de *Bacillus thuringiensis* Berliner vis-à-vis de la teigne de la farine *Anagasta (Ephestia) kuehniella* Zeller (Lepidoptere). **Entomophaga**, v. 7, p. 101-159, 1962.

ZUCCHI, R. A. *et al.* Importância de insetos e manejo de pragas. In: **Entomologia aplicada à agricultura**. Piracicaba: Fealq, 1992, p. 1-30.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SECÃO CIRCULANTE