

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO NA INDUÇÃO DE DIAPAUSA EM  
*Grapholita molesta* (BUSCK, 1916) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE)

Carla Daniele Sausen  
Engenheira Agrônoma (UFSM)

Dissertação apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia  
Ênfase Entomologia

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2010

**(Página de homologação e ficha cartográfica: a serem inseridos)**

***Aos meus pais, Basílio e Filomena,***

***Às minhas irmãs Cristiane e Silvia***

***Ao meu namorado Jaderson.***

***Com carinho,***

***Dedico***

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Dr. Josué Sant'Ana e à minha co-orientadora Dr<sup>a</sup> Luiza Rodrigues Redaelli, pela oportunidade, paciência e dedicação.

À toda equipe do BIOECOLAB.

À Camila Leão da Silveira e à Patrícia Daniela da Silva Pires pela ajuda durante toda a execução dos bioensaios, e pela amizade.

À professora Simone Jahnke pelo auxílio na análise dos dados.

À minha família, pelo carinho, compreensão, apoio e incentivo para a concretização de mais uma fase de minha vida.

À minha querida amiga Caroline Pinheiro Reyes, a Carol, pelo companheirismo e amizade.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida.

# INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO NA INDUÇÃO DE DIAPAUSA EM *Grapholita molesta* (BUSCK, 1916) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) <sup>1</sup>

Autora: Carla Daniele Sausen

Orientador: Josué Sant'Ana

Co-orientadora: Luiza Rodrigues Redaelli

## RESUMO

*Grapholita molesta* é uma das principais pragas de Rosaceae, provocando danos significativos nas brotações e nos frutos. Nos meses de dormência das rosáceas, no sul do Brasil, a densidade populacional é reduzida. Nesse estudo, foi avaliada a influência dos fotoperíodos (10L:14E, 11L:13E, 12L:12E, 13L:11E, 14L:10E e 16L:8E) na temperatura de  $25 \pm 1$  °C e umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  na indução da diapausa nas fases de ovo, larva, pré-pupa e pupa de *G. molesta*. Observou-se também o efeito do fotoperíodo no tempo de desenvolvimento dos insetos que não manifestaram diapausa, bem como a fertilidade, a fecundidade e a duração das fases imaturas da segunda geração. A diapausa foi observada, no estágio de pré-pupa, apenas quando ovos e larvas com menos de 12 horas foram expostos às fotofases de 10, 11, 12, 13 e 14 horas. Entre os indivíduos que não manifestaram dormência, a redução da fotofase tendeu a aumentar o tempo de desenvolvimento dos insetos. A fecundidade e a fertilidade, de modo geral, não foram afetadas pelo fotoperíodo. O tempo de desenvolvimento dos indivíduos da segunda geração tendeu a ser mais longo nas fotofases entre 14 e 10 horas.

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (46p.) Março, 2010.

# INFLUENCE OF PHOTOPERIOD IN DIAPAUSE INDUCTION IN *Grapholita molesta* (BUSCK, 1916) (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE)<sup>1</sup>

Author: Carla Daniele Sausen  
Adviser: Josué Sant'Ana  
Co-adviser: Luiza Rodrigues Redaelli

## ABSTRACT

*Grapholita molesta* is a major pest of Rosaceae, causing significant damage to buds and fruits. In Southern Brazil, its population density is reduced during Rosaceae dormancy months. In this study, we evaluated the influence of photoperiod (10L:14D, 11L:13D, 12L:12D, 13L:11D, 14L:10D and 16L:8D) on diapause induction of egg, larval, prepupal and pupal phases in *G. molesta*, at  $25 \pm 1$  °C of temperature and  $60 \pm 10\%$  of relative humidity. We also observed the photoperiod effect on the duration of development of non-diapausing insects, on fertility and fecundity, and the duration of the immature stages of the second generation. The prepupal diapause was observed only when eggs and larvae were submitted to photophases of 10, 11, 12, 13 and 14 hours. Among the individuals that did not manifest dormancy, the photophase reduction tended to increase the length of development. In general, fecundity and fertility were not affected by the photoperiod. The development of the second generation individuals tended to be longer in the photophases between 10 and 14 hours.

---

<sup>1</sup>Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (46p.) March, 2010.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 <i>Grapholita molesta</i> .....	3
2.1.1 Origem e distribuição .....	3
2.1.2 Aspectos morfológicos, biológicos e danos .....	3
2.1.3 Flutuação populacional.....	6
2.1.4 Manejo de <i>G. molesta</i> .....	7
2.2. Diapausa.....	8
2.2.1 Características.....	8
2.2.2 Fatores envolvidos na indução da diapausa.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
3.1. Criação de <i>Grapholita molesta</i> .....	12
3.2 Indução da diapausa pela ação do fotoperíodo.....	13
3.3 Análise estatística.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1 Resultados.....	17
4.1.1 Indução na fase de ovo.....	17
4.1.2 Indução na fase de larva com menos de 12 horas.....	21
4.1.3 Indução na fase de larva com mais de cinco dias.....	22
4.1.4 Indução na fase de pré-pupa.....	26
4.1.5 Indução na fase de pupa.....	29
4.2 Discussão.....	31
5. CONCLUSÕES .....	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Número total de ovos de <i>Grapholita molesta</i> expostos a diferentes fotoperíodos e de pré-pupas (total e percentual) em diapausa ( $25 \pm 1$ °C; $60 \pm 10\%$ UR).....	18
2. Número de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa, mortos nas fases de larva, pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de ovo ( $25 \pm 1$ °C; $60 \pm 10\%$ UR).....	19
3. Duração (média $\pm$ EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa quando expostos na fase de ovo às fotofases de 16 e 14 horas ( $25 \pm 1$ °C; $60 \pm 10\%$ UR).....	20
4. Duração (média $\pm$ EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> da segunda geração, quando os da primeira foram expostos na fase de ovo, às fotofases de 16 e 14 horas ( $25 \pm 1$ °C; $60 \pm 10\%$ UR).....	21
5. Número total de larvas de <i>Grapholita molesta</i> com até 12 horas de idade expostas a diferentes fotoperíodos e de pré-pupas (total e percentual) em diapausa ( $25 \pm 1$ °C; $60 \pm 10\%$ UR).....	22
6. Número de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa, mortos nas fases de larva, pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de larvas com até 12 horas de idade, às fotofases de 16, 14, 13, 12, 11 e 10 horas ( $25 \pm 1$ °C; $60 \pm 10\%$ UR).....	23



	Página
7. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa quando expostos na fase de larva de até 12 horas de idade, às fotofases de 16, 14, 13, 12, 11 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	24
8. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> da segunda geração, quando os da primeira foram expostos na fase de larva de até 12 horas, às fotofases de 16, 14, 13, 12, 11 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	25
9. Número de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa, mortos nas fases de larva, pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de larvas com mais de cinco dias de idade, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	25
10. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa quando expostos na fase de larva com mais de cinco dias de idade, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	26
11. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> da segunda geração quando os da primeira foram expostos na fase de larva com mais cinco dias de idade, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	27
12. Número de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa, mortos nas fases de pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de pré-pupa, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	27
13. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> quando expostos na fase de pré-pupa, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	28

	Página
14. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> da segunda geração quando os da primeira foram expostos na fase de pré-pupa às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	28
15. Número de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> que não entraram em diapausa, que morreram na fase de pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	29
16. Duração (média ± EP) da fase de pupa de <i>Grapholita molesta</i> mantidos nas fotofases 16, 14, 12 e 10 horas a partir deste mesmo estágio (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	30
17. Duração (média ± EP) do desenvolvimento de indivíduos de <i>Grapholita molesta</i> da segunda geração quando os da primeira foram expostos na fase pupa, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas (25 ± 1 °C; 60 ± 10% UR).....	30

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Estágios de desenvolvimento de <i>Grapholita molesta</i> : (A) adulto; (B) ovos; (C) larva; (D) pupa.....	5
2. (A) Gaiola com adultos de <i>Grapholita molesta</i> ; (B) vista parcial da gaiola contendo ovos e um adulto de <i>G. molesta</i> ; (C) porções da gaiola dispostas sobre dieta artificial para larvas; (D) tubos de ensaio contendo dieta artificial tampados com algodão hidrófobo.....	15
3. Pré-pupas de <i>Grapholita molesta</i> fora do casulo de seda: (A) com desenvolvimento sem diapausa; (B) em diapausa.....	18

## 1 INTRODUÇÃO

*Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae), comumente conhecida como mariposa-oriental, é uma das principais pragas que atacam rosáceas, principalmente pessegueiro e macieira, no sul do Brasil, causando danos significativos nas brotações e nos frutos, resultando em perdas na produção.

A presença da mariposa-oriental no campo é reduzida durante os meses de dormência do pessegueiro, de abril a agosto, quando as brotações tornam-se lignificadas e não há frutos para sua alimentação e desenvolvimento.

Estratégias de sobrevivência em períodos adversos sazonais são importantes adaptações que algumas espécies de insetos apresentam e que lhes permitem sincronizar as fases ativas do ciclo de vida ao período em que as condições ambientais são favoráveis. Entre essas estratégias destaca-se a diapausa, que se caracteriza por um estado de baixa atividade metabólica associado à alterações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, geneticamente determinadas, cuja indução e interrupção é decorrente da combinação de estímulos ambientais e ritmos endógenos.

No Brasil, poucos estudos tem tido como foco o comportamento de *G. molesta* no período de dormência do pessegueiro, sendo que a ocorrência de diapausa ainda não está esclarecida.

Assim, o presente estudo teve como objetivo verificar a influência do fotoperíodo na indução da diapausa em diferentes estágios de desenvolvimento de *G. molesta*. Além disso, foi observado o tempo de desenvolvimento dos insetos que não manifestaram diapausa, bem como a sua fecundidade, fertilidade e, posteriormente, a duração do ciclo de vida dos indivíduos da segunda geração.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 *Grapholita molesta***

#### **2.1.1 Origem e distribuição**

*Grapholita molesta*, também conhecida como mariposa-oriental ou broca-dos-ponteiros é nativa do continente asiático (Gonzalez, 1989), e encontra-se amplamente disseminada por todas as regiões produtoras de frutas de clima temperado do mundo (Hickel *et al.*, 2003). No Brasil, acredita-se que foi introduzida da Argentina, estabelecendo-se no Rio Grande do Sul (Hickel & Ducroquet, 1998), onde foi registrada em 1929 (Silva *et al.*, 1968) expandindo-se, posteriormente, para os demais estados, principalmente em áreas onde são cultivadas frutíferas de caroço (Salles, 1998) e macieira (Mello, 2001).

#### **2.1.2 Aspectos morfológicos, biológicos e danos**

Os adultos de *G. molesta* são pequenas mariposas com cerca de 12 mm de envergadura, de coloração acinzentada com algumas estrias brancas (Figura 1 A). Possuem hábitos crepusculares, concentrando as atividades de vôo, alimentação e acasalamento no final da tarde e início da noite (Hickel, 2006).

Os ovos são diminutos, com aproximadamente 0,7 mm de diâmetro em formato de pequenos discos, ligeiramente convexos e esbranquiçados (Figura 1 B), sendo ovipositados isoladamente, na face abaxial das folhas novas, nas brotações, em ramos novos e nos frutos (Hickel, 2006). O período de incubação varia de três a cinco dias em temperaturas de 30 e 20°C, respectivamente, umidade relativa de 75±10% e fotofase de 14 horas (Grellmann *et al.*, 1991).

As lagartas recém-eclodidas são branco-acinzentadas com cabeça preta e quando completamente desenvolvidas apresentam coloração branco-rosada com cabeça marrom (Figura 1 C), atingindo 12 a 14 mm de comprimento. As pupas (Figura 1 D) são frágeis e ficam abrigadas em casulos de seda, em fendas da casca dos troncos ou ramos, nas axilas dos ramos ou no solo. Medem aproximadamente 6 mm de comprimento e apresentam coloração castanha (Hickel & Ducroquet, 1998; Hickel, 2006). O período larval dura de 11 a 21 dias e a fase de pupa de 7 a 12 dias (Grellmann *et al.*, 1991).

É uma espécie polífaga, podendo ser classificada como importante praga (Lepage & Fadigas, 1944; Gonzalez, 2003), atacando frutíferas da família Rosaceae, principalmente pessegueiro, macieira, ameixeira e pereira, causando perdas expressivas na produção e na fase de implantação do pomar, quando incide de forma devastadora, impedindo o crescimento normal das plantas (Hickel & Ducroquet, 1998).

Os danos são causados exclusivamente pelas lagartas que atacam ponteiros novos dos ramos e frutos (Lorenzato, 1988). Nos ponteiros, se

alimentam dos primórdios foliares e depois penetram na medula, abrindo uma galeria de 2 a 10 cm de extensão. O ponteiro atacado murcha e seca, ficando enegrecido e geralmente há exsudação de goma resinosa pelo orifício de entrada do inseto. As lagartas podem migrar de um ponteiro atacado para outro próximo em busca de alimento, podendo atacar de três a sete ponteiros da mesma planta (Lorenzato, 1988; Hickel & Ducroquet, 1998).

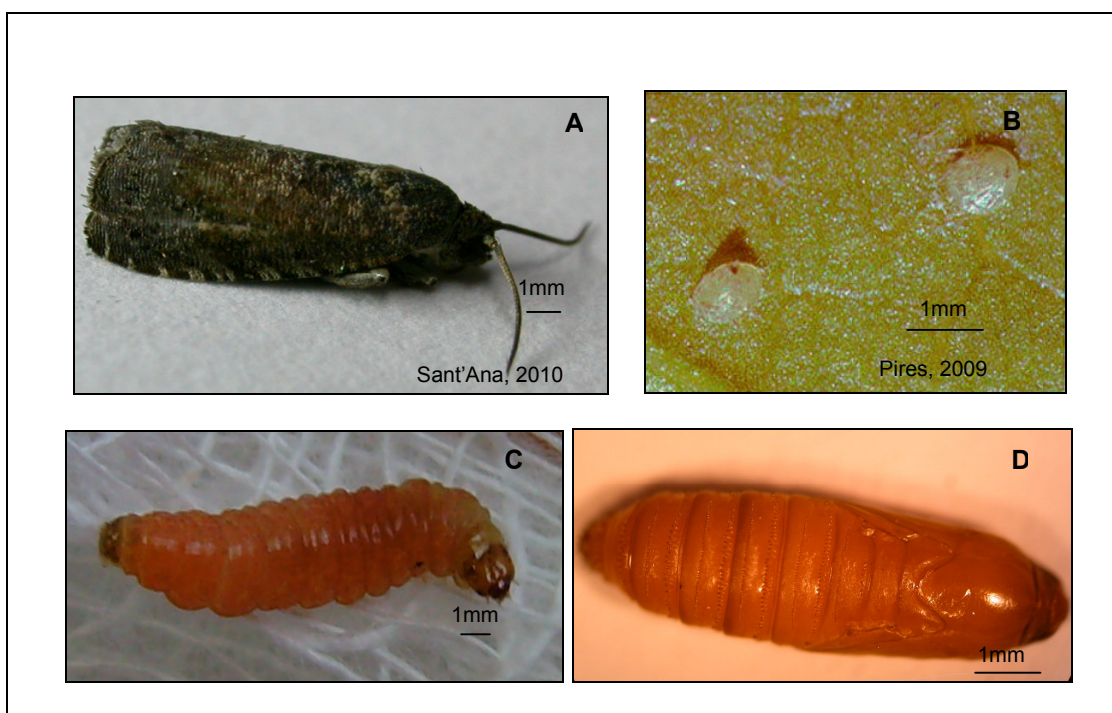


FIGURA 1. Estágios de desenvolvimento de *Grapholita molesta*: (A) adulto; (B) ovos; (C) larva; (D) pupa.

Os danos nos ponteiros são mais prejudiciais em viveiros e em pomares jovens em formação, pois com a destruição do meristema apical, há uma tendência natural das plantas atacadas emitirem brotações laterais,



prejudicando a arquitetura e crescimento das mesmas (Hickel & Ducroquet, 1998).

Nos frutos de pessegueiro as lagartas penetram, preferencialmente, pela base, próximo ao pedúnculo e vão se alimentar da polpa em torno do caroço. No ponto de penetração pode-se observar a deposição de excrementos envoltos em fios de seda e goma exsudada. Frutos atacados apresentam galerias e tornam-se impróprios para comercialização. O maior ataque ocorre no período entre o endurecimento do caroço e a pré-maturação, ou seja, de cinco a seis semanas após a plena floração, até 15 a 20 dias antes da colheita. Frutos danificados, quando no início do desenvolvimento, podem murchar e cair prematuramente, principalmente em ameixeira (Hickel & Ducroquet, 1998).

### **2.1.3 Flutuação populacional**

Em regiões de clima temperado, a mariposa-oriental ocorre na primavera e verão, uma vez que no inverno as temperaturas são inferiores à basal de desenvolvimento, 8,99 °C (Grellmann *et al.*, 1991).

Na Serra Gaúcha, adultos da mariposa-oriental apresentam quatro picos populacionais distintos em pomares comerciais de pessegueiro (Arioli *et al.*, 2005). Segundo os autores, os primeiros machos foram observados a partir do mês de julho, com o máximo de capturas na metade de agosto. O segundo pico populacional foi verificado no final de outubro, início de novembro, o terceiro entre o final de novembro e início de dezembro e o

quarto, em meados de janeiro. Um número reduzido de insetos foi capturado entre os meses de maio e julho, em dois anos de avaliação.

As maiores flutuações de adultos se verificam nos meses de verão, época em que há alimento disponível e condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do inseto (Arioli *et al.*, 2005; Hickel, 2006).

Poltronieri *et al.* (2008) monitoraram, com o auxílio de cintas-armadilha e armadilhas delta, respectivamente, lagartas e adultos de *G. molesta* em pomares e mata nativa, durante os meses de dormência do pessegueiro, entre abril e agosto, no Paraná. Na mata, não foram encontrados adultos nem larvas. No pomar, durante todo o período de monitoramento, foram capturados somente adultos.

#### **2.1.4 Manejo de *G. molesta***

O monitoramento de adultos de *G. molesta* no campo é realizado com auxílio de armadilhas delta com feromônio sexual. Para o controle, a técnica de confusão sexual é muito utilizada e mostra-se eficiente no campo. Essa técnica consiste na liberação de grande quantidade de feromônio sexual, a fim de desorientar o macho e impedir o acasalamento (Monteiro *et al.*, 2008). O controle químico também é empregado quando são capturados em média 20 insetos/armadilha/semana, sendo utilizados, principalmente, inseticidas organofosforados (Arioli *et al.*, 2004 ). Outra forma de controle utilizada são armadilhas do tipo atrai-mata, que consiste em uma pasta impregnada com feromônio sexual e inseticida de contato, assim, os machos são atraídos pelo feromônio e morrem pela ação do inseticida (Santos & Borges, 2008).

## **2.2 Diapausa**

### **2.2.1 Características**

Diapausa é um estado fisiológico de diminuição do desenvolvimento que possibilita aos organismos sobreviver a períodos de condições ambientais desfavoráveis (Dickson, 1949; Beck, 1980; Schowalter, 2006).

Segundo Tauber *et al.* (1986), a diapausa é definida como um estado mediado neuro-hormonalmente, dinâmico e de baixa atividade metabólica e morfogênese, em que a resistência a extremos ambientais aumenta e a atividade comportamental se altera ou reduz. A diapausa ocorre durante um estágio geneticamente determinado do ciclo biológico e sua expressão total se desenvolve de maneira específica, usualmente em resposta a um número de estímulos ambientais que precedem condições desfavoráveis. Uma vez iniciada a diapausa, a atividade metabólica é suprimida mesmo que as condições favoráveis para o desenvolvimento prevaleçam.

### **2.2.2 Fatores envolvidos na indução da diapausa**

Fatores ambientais como fotoperíodo, temperatura, umidade e disponibilidade de alimento, de forma isolada ou em conjunto, aliados à pré-disposição genética do inseto, podem induzir a diapausa (Andrewartha, 1952; Denlinger, 1986; Tauber *et al.*, 1986). Dentre esses fatores o fotoperíodo é o principal deles como o observado nos lepidópteros: *G. molesta* (Dickson, 1949); *Chloridea obsoleta* F. (Noctuidae) (Kamarova, 1959), *Heliothis zea* (Boddie) (Noctuidae) (Roach & Adkisson, 1970); *Manduca sexta* (L.) (Sphingidae) (Bell *et. al.*, 1975); *Heliothis punctigera*

Wallengren (Noctuidae) (Cullen & Browning, 1978); *Diatraea saccharalis* (F.) (Pyralidae) (Fuchs *et al.*, 1979); *Platynota idaeusalis* (Walker) (Tortricidae) (Rock *et al.*, 1983), *Endopiza viteana* Clemens (Tortricidae) (Nagarkatti *et al.*, 2001) e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Noctuidae) (Kurban *et al.*, 2005).

Tauber *et al.* (1986) descreveram dois grandes tipos de resposta dos insetos ao fotoperíodo, ou seja, dia-longo e dia-curto. Respostas do tipo dia-longo são características de insetos que se reproduzem, crescem e se desenvolvem em condições de dia longo, no fim da primavera e início do verão, e entram em diapausa após experimentar dias curtos, no final do verão e outono. Respostas do tipo dia-curto são menos comuns e, geralmente, características de insetos que se desenvolvem em dias curtos e passam por diapausa estival. Kohno (1997) observou que *Orius sauteri* (Poppius) e *Orius minutus* (L.) (Heteroptera: Anthocoridae) apresentam resposta ao fotoperíodo do tipo dia-longo, o mesmo foi observado para *N. viridula* por Ali & Ewiess (1977), enquanto que *Colaphellus bowringi* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae) apresenta resposta do tipo dia-curto (Xue *et al.*, 2002).

Segundo Beck (1980), o fotoperíodo influencia o balanço hormonal dos insetos, pois atua sobre as células neurosecretoras do cérebro, inibindo a produção de hormônio protorácico-trópico e, assim, não estimula a glândula protorácica a produzir ecdisteróides, desencadeando a diapausa.

A diapausa pode ocorrer em qualquer fase da ontogênese: ovo, larva ou ninfa, pupa ou adulto, entretanto, o estágio no qual se manifesta é característico para cada espécie de inseto. Em algumas espécies, a fase

sensível e o estágio em que a diapausa se manifesta, podem ser distintos, ou mesmo ocorrer em gerações diferentes. Em outras, o estágio que manifesta pode ser o mesmo que recebe o estímulo (Beck, 1980; Huffaker & Gutierrez, 1999), sendo estes geralmente percebidos pelas primeiras fases de desenvolvimento dos insetos (Denlinger, 1986; Tauber *et al.*, 1986).

Segundo Cobb & Bass (1968), em *Anthrenus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), o estágio sensível e o que a diapausa se manifesta é a fase adulta. Para *G. molesta*, porém, a fase sensível é a larva e a fase que manifesta é a pré-pupa (Dickson, 1949). Resultados semelhantes aos encontrados para *G. molesta* foram observados em outros lepidópteros como *M. sexta* (Bell *et al.*, 1975); *D. saccharalis* (Fuchs *et al.*, 1979); *P. idaeusalis* (Rock *et al.*, 1983); *E. viteana* (Nagarkatti *et al.*, 2001); *H. armigera* (Kurban *et al.*, 2005).

A temperatura, depois do fotoperíodo, é o fator que mais induz à diapausa. Respostas à temperatura são mais comuns em insetos que vivem próximo ao Equador, onde a variação do fotoperíodo é pequena (Tauber *et al.*, 1986). Xue *et al.* (2002) observaram que temperaturas menores que 20 °C, independentemente do fotoperíodo, induziram a diapausa em todos os adultos de *C. bowringi*.

A diapausa pode ser induzida por dois ou mais fatores atuando de forma conjunta. Altas temperaturas tendem a promover a diapausa em insetos de dia-curto e baixas temperaturas, em insetos de dia-longo (Beck, 1980; Tauber *et al.*, 1986).

Insetos em diapausa podem apresentar alterações fisiológicas como acúmulo de substâncias de reserva na forma de corpos gordurosos, diminuição no consumo de oxigênio, supressão do desenvolvimento do aparelho reprodutor e das funções reprodutivas (Beck, 1980; Tauber *et al.*, 1986).

O acúmulo de corpos gordurosos e ausência de desenvolvimento dos órgãos de reprodução foram observados em *A. grandis* (Cobb & Bass, 1968); *Oryzophagus oryzae* (Lima) (Coleoptera: Curculionidae) (Redaelli *et al.*, 1995); *Phytalus sanctipauli* (Blanchard) (Coleoptera: Scarabaeidae) (Diefenbach *et al.*, 1998); *Oebalus poecilus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) (Santos *et al.*, 2003).

As principais mudanças comportamentais associadas à diapausa são: decréscimo de resposta aos estímulos de alimentação, fototaxia negativa e deslocamento para refúgios (Tauber *et al.*, 1986).

No Brasil não há estudos que comprovem a diapausa em *G. molesta*, embora alguns autores sugiram que esta espécie passe por este estágio fisiológico durante os meses de inverno em pomares da Serra Gaúcha (Arioli *et al.*, 2005; Hickel, 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Criação de *Grapholita molesta*

Os indivíduos que deram origem à criação estabelecida no Laboratório de Biologia, Ecologia e Controle Biológico de Insetos da Faculdade de Agronomia (UFRGS), foram provenientes da EMBRAPA Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS (29° 10' S e 51° 31' W), seguindo metodologia de criação proposta por Arioli *et al.* (2007), na qual, periodicamente, eram introduzidos insetos do campo. Os insetos eram mantidos em sala climatizada ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 10\%$  U R; fotofase de 16 horas).

Inicialmente, pupas foram transferidas para gaiolas, confeccionadas com garrafas PET de 2 L, com a extremidade basal retirada e substituída por tecido tipo voile, fixado com atilho. A extremidade apical da garrafa era obstruída com algodão embebido em solução de mel a 15% e nipagin a 5%, fixado com a tampa da garrafa, servindo como substrato de alimentação para os adultos. A cada três dias as gaiolas eram esvaziadas e as posturas desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 15% (2% de cloro ativo).

Porções das garrafas PET de, aproximadamente, 40 cm<sup>2</sup> contendo os ovos eram dispostas, em recipientes plásticos (14 cm x 12 cm x 5 cm), sobre

dieta artificial para lagartas, como proposto por Ivaldi-Sender (1974). Quando as lagartas atingiam o último instar, os recipientes plásticos eram cobertos por retalhos de gaze hidrófila, os quais auxiliavam o processo de crisalidação. Posteriormente, as pupas eram retiradas da gaze, desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 15% (2% de cloro ativo) e transferidas para uma nova gaiola (Arioli *et al.*, 2007).

### **3.2 Indução da diapausa pela ação do fotoperíodo**

A indução da diapausa foi avaliada expondo indivíduos de *G. molesta*, a partir da quadragésima segunda (42<sup>o</sup>) geração de laboratório, nas fases de ovo, larva, pré-pupa e pupa a regimes diferenciados de fotoperíodo: 10L:14E; 12L:12E; 14L:10E e 16L: 8E (tratamento controle) em câmaras climatizadas, mantendo-se constantes as condições de temperatura ( $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa ( $60 \pm 10\%$ ). As fases de ovo e larva também foram avaliadas nos fotoperíodos de 11L:13E e 13L:11E.

Os ovos expostos aos diferentes fotoperíodos tinham no máximo 15 horas de idade, sendo que na fotofase de 12 horas foram também avaliados ovos com três dias de idade. Na fase larval, a indução foi observada em dois grupos, um com idade de até 12 horas e outro com seis ou mais dias. Nos estágios de pré-pupa e pupa os indivíduos tinham no máximo um dia no estágio.

Inicialmente, adultos de *G. molesta* provenientes da criação e de idade indefinida eram transferidos para uma nova gaiola (Figura 2 A), por volta das 18 horas, e ali mantidos até a manhã do dia seguinte (8 horas).



Posteriormente, os adultos eram retirados e porções das gaiolas PET contendo ovos (Figura 2 B) eram cortadas e desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 15% (2% de cloro ativo) e colocadas em recipiente contendo dieta artificial para larvas (Figura 2 C). Diariamente eram feitas observações e à medida que as lagartas iam eclodindo estas eram transferidas, em pares, para tubos de ensaio (2,5 cm de diâmetro e 6 cm de altura) contendo dieta artificial (Figura 2 D), mantidos em posição inclinada (30 °) e tampados com algodão hidrófobo. Em todos os bioensaios, os insetos foram mantidos em sala climatizada ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 10\%$  U R; fotofase de 16 horas), até a fase em que eram submetidos aos diferentes tratamentos. No momento em que um grupo de insetos em uma determinada fase de desenvolvimento era submetido a um fotoperíodo diferente, este permanecia nesta condição de fotofase modificada até a fase adulta.

A viabilidade, ou seja, o número de insetos vivos e mortos e o tempo de desenvolvimento foram avaliados em todos os grupos submetidos às diferentes fotofases. A diapausa foi caracterizada quando o tempo de desenvolvimento da fase de pré-pupa dos indivíduos excedeu dez vezes o tempo daqueles obtidos em condições ideais de criação ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $60 \pm 10\%$  U R; fotofase de 16 horas).

Em todos os tratamentos, para a avaliação do desenvolvimento de indivíduos de *G. molesta* não diapausantes da segunda geração, sempre que possível, foram pareados indivíduos que emergiam no mesmo dia, formando-se no máximo 10 casais/tratamento. Avaliou-se a fecundidade e a fertilidade de todas as posturas, obtidas no terceiro, quinto e sétimo dias de

cada casal. Aproximadamente cinquenta larvas oriundas de posturas do terceiro dia foram mantidos nas condições de criação até a fase adulta, registrando-se a viabilidade, o tempo de desenvolvimento de cada fase.

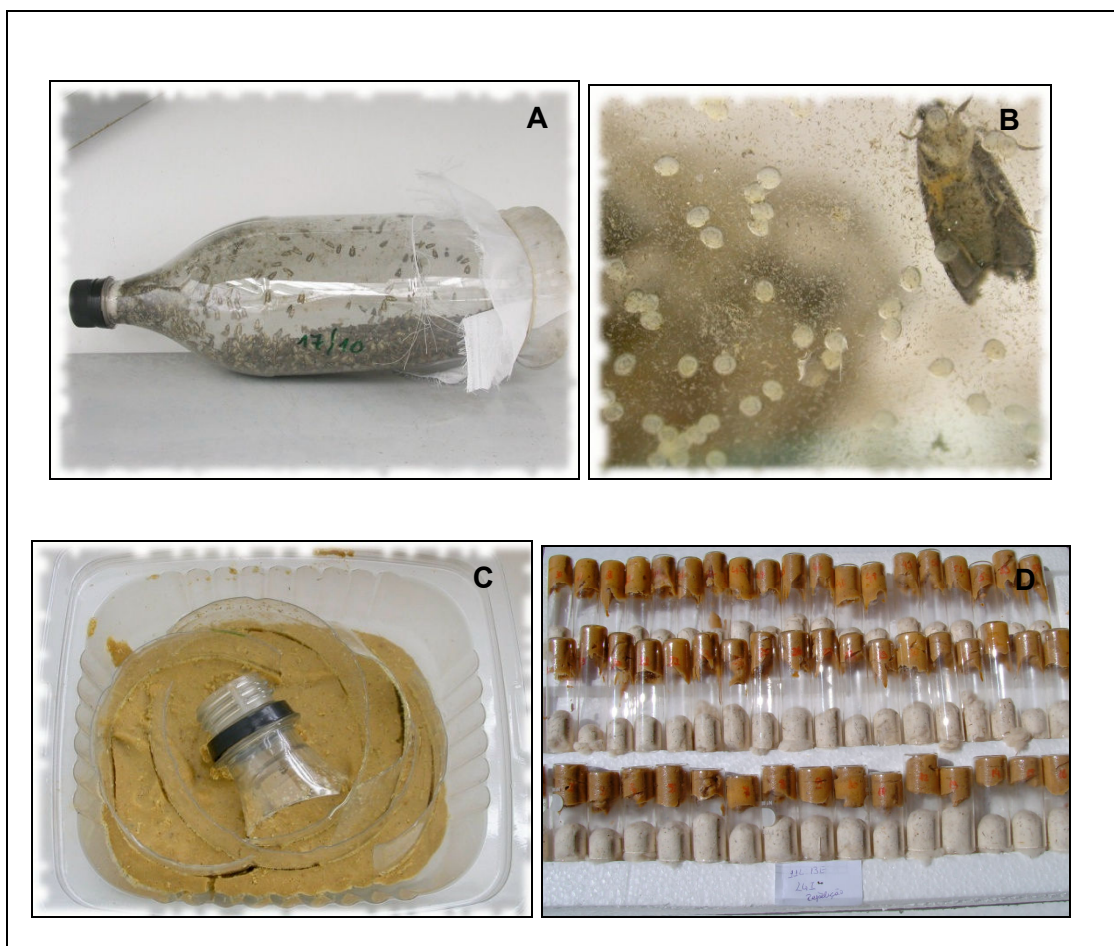


FIGURA 2. (A) Gaiola com adultos de *Grapholita molesta*; (B) vista parcial da gaiola contendo ovos e um adulto de *G. molesta*; (C) porções da gaiola dispostas sobre dieta artificial para larvas; (D) tubos de ensaio contendo dieta artificial tampados com algodão hidrófobo.

### **3.3 Análise estatística**

A percentagem de diapausa entre os tratamentos foi avaliada pelo teste de Qui-quadrado e Exato de Fischer ( $P > 0,05$ ). Os valores médios da viabilidade e do tempo de desenvolvimento dos diferentes estágios de desenvolvimento, bem como, da fecundidade, fertilidade e longevidade foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de confiabilidade. Nas análises foi utilizado o software Bioestat<sup>®</sup> 4.0 (Ayres *et al.*, 2006).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Resultados**

Para verificar a ocorrência de diapausa foram testados 3.024 insetos, distribuídos nos diferentes fotoperíodos e fases de desenvolvimento, sendo que destes, 1.199 manifestaram diapausa na fase de pré-pupa (Figura 3), quando expostos à fotofases de 10, 11, 12, 13 e 14 horas nas fases de ovo e larvas com até 12 horas. Dos insetos restantes, 1.468 desenvolveram-se sem diapausa e 357 morreram. Dentre aqueles que se desenvolveram sem diapausa foram formados 141 casais e contados os ovos colocados no terceiro, quinto e sétimo dias, totalizando 11.621 ovos. Das posturas do terceiro dia, 760 foram avaliadas até a emergência dos adultos. Destes, 614 desenvolveram-se sem diapausa e 146 morreram.

#### **4.1.1 Indução na fase de ovo**

A diapausa foi observada em todos os fotoperíodos, com exceção do 16L:8E (controle) (Tabela 1), sendo que a percentagem de insetos que entrou em dormência diferiu entre os tratamentos ( $\chi^2 = 10,745$ ;  $gl = 4$ ;  $P < 0,05$ ). Na fotofase de 13 horas, este percentual foi significativamente maior que nas demais ( $P < 0,05$ ), enquanto nas fotofases de 10 a 12 horas, este valor foi semelhante.

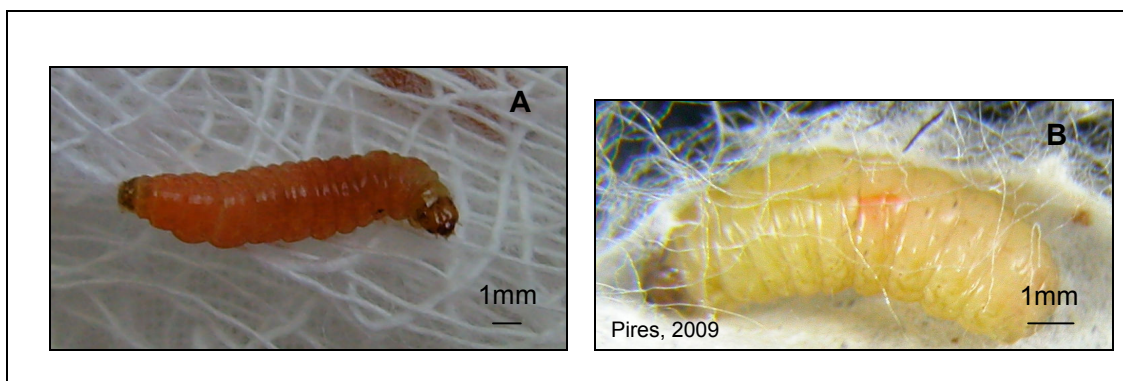


FIGURA 3. Pré-pupas de *Grapholita molesta* fora do casulo de seda: (A) com desenvolvimento sem diapausa; (B) em diapausa.

TABELA 1. Número total de ovos de *Grapholita molesta* expostos a diferentes fotoperíodos e de pré-pupas (total e percentual) em diapausa ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número		
	Ovos	Pré-pupas em diapausa	Percentual em diapausa
16:08	130	0	0 d*
14:10	211	142	67,3 c
13:11	130	126	96,9 a
12:12	122	100	81,9 b
11:13	128	116	90,6 b
10:14	150	133	88,7 b

\* percentuais, seguidos de mesma letra, não diferem significativamente (Exato de Fisher,  $P > 0,05$ )

Quando ovos velhos (três dias de idade) foram comparados com os jovens (até 12 horas de idade) expostos no fotoperíodo de 12L:12E, o

percentual de pré-pupas em diapausa não diferiu, sendo os mesmos de 94,5 e 95,2, respectivamente ( $P = 1,0$ ).

No controle (16L:8E), a maioria dos indivíduos atingiu a fase adulta (112) (Tabela 2). Entretanto, naqueles onde a diapausa foi constatada, somente nas fotofases de 14 e 11 horas foram observados insetos com desenvolvimento sem diapausa. Verificou-se, porém, que a redução da fotofase afetou os indivíduos, uma vez que se observou um percentual numericamente menor de insetos vivos nestes fotoperíodos.

TABELA 2. Número de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa, mortos nas fases de larva, pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de ovo ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número				Percentual	
	Sem diapausa	Mortos			vivos	mortos
		Larva	Pré-pupa	Pupa		
16:08	112	2	2	14	86,2	13,8
14:10	27	14	12	16	39,1	60,9
13:11	0	1	3	0	0	100
12:12	0	21	1	0	0	100
11:13	1	8	2	1	8,3	91,7
10:14	0	3	10	4	0	100

Em relação aos insetos que apresentaram desenvolvimento sem diapausa, no fotoperíodo 14L:10E a duração de todos os estágios imaturos

foi maior que no controle (Tabela 3), indicando que a redução da fotofase tem efeito no ciclo de vida de *G. molesta*.

TABELA 3. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa quando expostos na fase de ovo às fotofases de 16 e 14 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)				Total (ovo-adulto)
	Ovo	Larva	Pré-pupa	Pupa	
14:10 (27)	4,0 $\pm$ 0 a*	11,0 $\pm$ 0,16 a	11,0 $\pm$ 1,31 a	8,0 $\pm$ 0,36 a	34,0 $\pm$ 1,56 a
16:08 (112)	3,0 $\pm$ 0 b	9,1 $\pm$ 0,03 b	1,9 $\pm$ 0,07 b	7,1 $\pm$ 0,04 b	21,1 $\pm$ 0,09 b

\* médias seguidas de letras diferentes, nas colunas, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

Os valores médios de fertilidade e a fecundidade de casais oriundos da geração que foi exposta às fotofases de 14 e 16 horas não diferiram ( $P > 0,05$ ), tanto entre os três dias em que as observações foram feitas (terceiro, quinto e sétimo), quanto em um mesmo dia, entre as fotofases.

Na segunda geração, ou seja, os insetos provenientes dos casais que tiveram desenvolvimento sem diapausa, a duração da fase larval e o ciclo total foram significativamente maiores na fotofase de 14 horas ( $P < 0,05$ ) (Tabela 4).

TABELA 4. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* da segunda geração, quando os da primeira foram expostos na fase de ovo, às fotofases de 16 e 14 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)				
	Ovo	Larva	Pré-pupa	Pupa	Total (ovo-adulto)
14:10 (35)	3,0 $\pm$ 0 a*	10,1 $\pm$ 0,25 a	2,3 $\pm$ 1,17 a	7,5 $\pm$ 0,22 a	22,9 $\pm$ 0,30 a
16:08 (63)	3,0 $\pm$ 0 a	9,5 $\pm$ 0,08 b	2,0 $\pm$ 0,08 a	7,0 $\pm$ 0,13 a	21,5 $\pm$ 0,15 b

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

#### 4.1.2 Indução na fase de larva com menos de 12 horas

A diapausa foi observada em todos os fotoperíodos, com exceção do controle (16L:8E) (Tabela 5), sendo que o percentual de insetos em dormência diferiu entre as fotofases ( $\chi^2 = 175,94$ ; gl = 4;  $P = 0,05$ ). Esses valores foram significativamente maiores nos tratamentos 13L:11E e 12L:12E ( $P < 0,05$ ).

Em todos os fotoperíodos foram observados insetos que atingiram o estágio adulto (Tabela 6), sendo que a duração das fases imaturas diferiu significativamente entre os tratamentos: larva ( $H = 137,7696$ ; gl = 5;  $P < 0,0001$ ), pré-pupa ( $H = 149,1839$ ; gl = 5;  $P = 0$ ) e pupa ( $H = 59,0262$ ; gl = 5;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 7). Na fase larval o tempo de desenvolvimento foi maior na fotofase de 14 horas diferindo do registrado nas de 16, 11 e 10. Na pré-pupa o período mais longo foi registrado no fotoperíodo 14L:10E, o mesmo foi verificado nas pupas, entretanto, neste estágio não se observou diferença da fotofase de 12 horas.



TABELA 5. Número total de larvas de *Grapholita molesta* com até 12 horas de idade expostas a diferentes fotoperíodos e de pré-pupas (total e percentual) em diapausa ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número		
	Larvas	Pré-pupas em diapausa	Percentual em diapausa
16:08	130	0	0 d*
14:10	215	69	32,09 b
13:11	130	104	80,0 a
12:12	125	100	80,0 a
11:13	150	39	26,0 b
10:14	276	31	11,23 c

\* percentuais, seguidos de mesma letra, não diferem significativamente (Exato de Fisher,  $P > 0,05$ )

Os valores médios de fertilidade e a fecundidade de casais da segunda geração não diferiram ( $P > 0,05$ ), tanto, entre os três dias em que as observações foram feitas, quanto em um mesmo dia, entre as fotofases.

Na geração seguinte, o tempo total de desenvolvimento dos insetos foi significativamente maior na fotofase de 11 horas em relação aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ) (Tabela 8).

#### 4.1.3 Indução na fase de larva com mais de cinco dias

Nesta fase a diapausa não foi observada, sendo que todos os indivíduos alcançaram a fase adulta ou morreram (Tabela 9).

TABELA 6. Número de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa, mortos nas fases de larva, pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de larvas com até 12 horas de idade, às fotofases de 16, 14, 13, 12, 11 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número de insetos			Percentual		
	Sem diapausa	Mortos			vivos	mortos
		Larva	Pré-pupa	Pupa		
16:08	112	2	2	14	86,2	13,8
14:10	113	13	9	11	77,4	22,6
13:11	17	0	3	6	65,4	34,6
12:12	16	8	1	0	64,0	36,0
11:13	85	3	8	15	76,6	23,4
10:14	209	8	7	21	85,3	14,7

Em todos os fotoperíodos foram observados insetos que atingiram o estágio adulto, sendo que o tempo de duração das fases imaturas diferiu significativamente entre os tratamentos: larva ( $H = 47,0407$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ), pré-pupa ( $H = 53,2352$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) e pupa ( $H = 115,2637$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) (Tabela 10). A fase larval foi mais longa nas fotofases de 16 e 12 horas. Nos estágios de pré-pupa e pupa o menor período foi registrado no fotoperíodo 16L:8E.

A fecundidade média de casais oriundos da geração que foi exposta aos quatro fotoperíodos não diferiu entre si, nos três dias de observação ( $P > 0,05$ ). Porém houve diferença entre o terceiro e o quinto dia e entre o

quinto e o sétimo dia no fotoperíodo 14L: 10E ( $H = 16,6622$ ;  $gl = 2$ ;  $P = 0,0002$ ) e, entre o terceiro e o quinto dia e entre o quinto e o sétimo dia no fotoperíodo 12L:12E ( $H = 16,2033$ ;  $gl = 2$ ,  $P = 0,0003$ ).

TABELA 7. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa quando expostos na fase de larva de até 12 horas de idade, às fotofases de 16, 14, 13, 12, 11 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)		
	Larva	Pré-pupa	Pupa
16:8 (112)	9,1 $\pm$ 0,03 d*	1,9 $\pm$ 0,07 e	7,1 $\pm$ 0,04 c
14:10 (113)	10,9 $\pm$ 1,14 a	7,9 $\pm$ 0,64 a	7,9 $\pm$ 1,13 a
13:11 (17)	10,3 $\pm$ 0,35 abc	2,5 $\pm$ 0,21 cd	6,9 $\pm$ 0,21 c
12:12 (16)	10,5 $\pm$ 0,13 ab	2,1 $\pm$ 0,08 de	7,8 $\pm$ 0,10 a
11:13 (85)	10,3 $\pm$ 0,15 bc	3,0 $\pm$ 0,39 bde	7,3 $\pm$ 0,14 c
10:14 (209)	10,1 $\pm$ 0,09 c	2,9 $\pm$ 0,14 c	7,5 $\pm$ 0,09 b

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

Quanto à fertilidade, houve diferença no sétimo dia entre os fotoperíodos 14L:10E e 12L:12E ( $H = 15,8208$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0,0006$ ) e entre 12L:12E e 10L:14E ( $H = 15,8208$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0,0009$ ). Comparando-se os três dias de avaliação, observou-se diferença entre o terceiro e o quinto ( $H = 17,4375$ ;  $gl = 2$ ;  $P = 0,0001$ ) e entre o quinto e o sétimo dias ( $H = 17,4375$ ;  $gl = 2$ ;  $P = 0,001$ ) na fotofase de 14 horas e, entre o terceiro e o quinto ( $H = 15,8828$ ;  $gl = 2$ ;  $P = 0,0001$ ) e, entre o quinto e o sétimo na de 12 horas ( $H = 15,8828$ ;  $gl = 2$ ;  $P = 0,01$ ).

TABELA 8. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* da segunda geração, quando os da primeira foram expostos na fase de larva de até 12 horas, às fotofases de 16, 14, 13, 12, 11 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)				Total (ovo-adulto)
	Ovo	Larva	Pré-pupa	Pupa	
16:08 (62)	3 $\pm$ 0 a*	9,6 $\pm$ 0,08 c	2,0 $\pm$ 0,08 b	7,0 $\pm$ 0,13 c	21,5 $\pm$ 0,23 c
14:10 (35)	3 $\pm$ 0 a	9,6 $\pm$ 0,12 c	2,3 $\pm$ 0,09 ab	7,4 $\pm$ 0,15 bc	22,2 $\pm$ 0,22 bc
13:11 (26)	3 $\pm$ 0 a	9,6 $\pm$ 0,11 c	3,2 $\pm$ 0,48 a	8,0 $\pm$ 0,15 a	20,8 $\pm$ 1,02 bc
11:13 (38)	4 $\pm$ 0 b	10,5 $\pm$ 0,12 a	2,6 $\pm$ 0,13 a	7,5 $\pm$ 0,12 ab	24,6 $\pm$ 0,21 a
10:14 (36)	3 $\pm$ 0 a	10,2 $\pm$ 0,26 b	2,3 $\pm$ 0,15 ab	7,5 $\pm$ 0,12 ab	23,0 $\pm$ 0,33 b

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

TABELA 9. Número de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa, mortos nas fases de larva, pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de larvas com mais de cinco dias de idade, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número			Percentual		
	Sem diapausa	Mortos			vivos	mortos
		Larva	Pré-pupa	Pupa		
16:08	112	2	2	14	86,2	13,8
14:10	107	3	0	1	96,4	3,6
12:12	96	6	2	25	74,4	25,6
10:14	106	7	0	9	86,9	13,1

TABELA 10. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa quando expostos na fase de larva com mais de cinco dias de idade, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)		
	Larva	Pré-pupa	Pupa
16:08 (112)	9,1 $\pm$ 0,03 a*	1,9 $\pm$ 0,07 d	7,1 $\pm$ 0,04 c
14:10 (107)	8,8 $\pm$ 0,06 b	2,3 $\pm$ 0,05 bc	7,4 $\pm$ 0,05 b
12:12 (96)	9,0 $\pm$ 0,06 a	2,5 $\pm$ 0,05 ab	8,0 $\pm$ 0,05 a
10:14 (106)	8,7 $\pm$ 0,06 b	2,3 $\pm$ 0,05 c	7,4 $\pm$ 0,05 b

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

Na geração seguinte, o tempo total de desenvolvimento dos insetos foi menor na fotofase de 16 horas em relação aos demais tratamentos ( $H = 46,7916$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) (Tabela 11).

#### 4.1.4 Indução na fase de pré-pupa

Quando expostos na fase de pré-pupa, todos os indivíduos apresentaram desenvolvimento sem diapausa ou morreram (Tabela 12).

Dentre aqueles que atingiram a fase adulta, o tempo de duração da pré-pupa ( $H = 69,4753$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) e pupa ( $H = 144,8302$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) foi significativamente menor na fotofase 16 horas (Tabela 13).

A fertilidade e a fecundidade de casais oriundos da geração que foi exposta aos quatro fotoperíodos não diferiu, tanto entre os três dias de observação, quanto em um mesmo dia entre as fotofases ( $P > 0,05$ ).

TABELA 11. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* da segunda geração quando os da primeira foram expostos na fase de larva com mais cinco dias de idade, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)				
	Ovo	Larva	Pré-pupa	Pupa	Total (ovo-adulto)
16:08 (62)	3 $\pm$ 0 a*	9,5 $\pm$ 0,08 c	2,0 $\pm$ 0,08 b	7,0 $\pm$ 0,13 b	21,5 $\pm$ 0,23 b
14:10 (46)	3 $\pm$ 0 a	9,9 $\pm$ 0,12 b	2,4 $\pm$ 0,09 a	7,7 $\pm$ 0,09 a	22,9 $\pm$ 0,22 a
12:12 (41)	3 $\pm$ 0 a	10,1 $\pm$ 0,11 ab	2,2 $\pm$ 0,06 ab	7,6 $\pm$ 0,13 a	22,9 $\pm$ 0,21 a
10:14 (46)	3 $\pm$ 0 a	10,4 $\pm$ 0,14 a	2,8 $\pm$ 0,28 a	7,2 $\pm$ 0,09 a	23,4 $\pm$ 0,27 a

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

TABELA 12. Número de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa, mortos nas fases de pré-pupa e pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos, quando expostos na fase de pré-pupa, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número				Percentual	
	Sem diapausa	Mortos		vivos	mortos	
		Pré-pupa	Pupa			
16:08	112	2	14	87,5	12,5	
14:10	93	3	8	89,4	10,6	
12:12	90	5	8	87,4	12,6	
10:14	102	3	7	91,1	8,9	

TABELA 13. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* quando expostos na fase de pré-pupa, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)	
	Pré-pupa	Pupa
16:8 (112)	1,9 $\pm$ 0,07 c*	7,1 $\pm$ 0,04 d
14:10 (93)	2,4 $\pm$ 0,08 b	7,8 $\pm$ 0,13 b
12:12 (90)	2,5 $\pm$ 0,05 ab	8,2 $\pm$ 0,06 a
10:14 (102)	2,7 $\pm$ 0,07 a	7,5 $\pm$ 0,05 c

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

O tempo total de desenvolvimento dos insetos na segunda geração, foi significativamente maior na fotofase de 12 horas em relação as demais ( $H = 74,3167$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) (Tabela 14).

TABELA 14. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* da segunda geração quando os da primeira foram expostos na fase de pré-pupa às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)				
	Ovo	Larva	Pré-pupa	Pupa	Total (ovo-adulto)
16:08 (62)	3 $\pm$ 0 a*	9,5 $\pm$ 0,08 b	2,0 $\pm$ 0,08 c	7,0 $\pm$ 0,13 c	21,5 $\pm$ 0,15 c
14:10 (38)	3 $\pm$ 0 a	9,7 $\pm$ 0,13 b	2,4 $\pm$ 0,13 b	8,2 $\pm$ 0,14 b	23,3 $\pm$ 0,25 b
12:12 (43)	3 $\pm$ 0 a	9,7 $\pm$ 0,09 b	2,8 $\pm$ 0,10 a	8,8 $\pm$ 0,12 a	24,3 $\pm$ 0,21 a
10:14 (28)	3 $\pm$ 0 a	10,7 $\pm$ 0,07 a	2,5 $\pm$ 0,15 ab	7,4 $\pm$ 0,23 c	22,9 $\pm$ 0,24 b

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

#### 4.1.5 Indução na fase de pupa

Não foi constatada diapausa quando os indivíduos foram expostos aos distintos fotoperíodos na fase de pupa, os insetos emergiram ou morreram neste estágio (Tabela 15).

TABELA 15. Número de indivíduos de *Grapholita molesta* que não entraram em diapausa, que morreram na fase de pupa e percentual total de vivos e mortos nos diferentes fotoperíodos ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Número de insetos		Percentual	
	Sem diapausa	Mortos	vivos	mortos
		Pupa		
16:08	112	14	88,9	11,1
14:10	101	6	94,4	5,6
12:12	93	15	86,1	13,9
10:14	100	9	91,7	8,3

A duração da fase pupal diferiu entre as fotofases, sendo significativamente menor na fotofase 16 horas ( $H = 132,0349$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) (Tabela 16).

Não se constatou diferença significativa em relação à fertilidade e fecundidade dos casais oriundos da geração que foi exposta aos fotoperíodos, tanto entre os três dias de observação, quanto em um mesmo dia entre as fotofases ( $P > 0,05$ ).



TABELA 16. Duração (média  $\pm$  EP) da fase de pupa de *Grapholita molesta* mantidos nas fotofases 16, 14, 12 e 10 horas a partir deste mesmo estágio ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)
	Pupa
16:8 (112)	7,1 $\pm$ 0,04 c*
14:10 (101)	7,6 $\pm$ 0,09 b
12:12 (93)	8,1 $\pm$ 0,06 a
10:14 (101)	7,6 $\pm$ 0,09 b

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

Na geração seguinte, o tempo total de desenvolvimento dos insetos variou entre as fotofases, sendo significativamente maior na fotofase de 10 horas em relação às demais ( $H = 92,0616$ ;  $gl = 3$ ;  $P = 0$ ) (Tabela 17).

TABELA 17. Duração (média  $\pm$  EP) do desenvolvimento de indivíduos de *Grapholita molesta* da segunda geração quando os da primeira foram expostos na fase pupa, às fotofases de 16, 14, 12 e 10 horas ( $25 \pm 1$  °C;  $60 \pm 10\%$  UR).

Fotoperíodo (L:E)	Duração (dias)				Total (ovo-adulto)
	Ovo	Larva	Pré-pupa	Pupa	
16:08 (62)	3 $\pm$ 0 a*	9,5 $\pm$ 0,08 b	2,0 $\pm$ 0,08 b	7,0 $\pm$ 0,13 b	21,5 $\pm$ 0,15 c
14:10 (48)	3 $\pm$ 0 a	9,5 $\pm$ 0,08 b	2,2 $\pm$ 0,11 ab	7,5 $\pm$ 0,09 a	22,3 $\pm$ 0,14 b
12:12 (53)	3 $\pm$ 0 a	9,6 $\pm$ 0,09 b	2,2 $\pm$ 0,07 ab	7,1 $\pm$ 0,06 b	21,9 $\pm$ 0,13 bc
10:14 (44)	4 $\pm$ 0 b	10,2 $\pm$ 0,10 a	2,4 $\pm$ 0,08 a	7,5 $\pm$ 0,09 a	24,1 $\pm$ 0,15 a

\* médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ); valores entre parênteses indicam o número de observações.

## 4.2 Discussão

Os resultados indicam que a diapausa em *G. molesta* é induzida quando ovos e larvas com até 12 horas são expostos às fotofases entre 10 e 14 horas (25 °C) e a sua expressão ocorre na fase de pré-pupa. Dickson & Sanders (1945) já tinham observado diapausa em 92,6% dos indivíduos, quando larvas de *G. molesta* eram expostas à fotofase de 12 horas a 26 °C e de 98% quando a temperatura foi reduzida a 21 °C.

Dickson (1949) constatou que o número de horas de luz a que são expostas no período larval interfere na proporção de pré-pupas em dormência. Em total escuridão ou total claridade, apenas 1,9% e 0,3% dos insetos entram em diapausa, respectivamente. Quando a escotofase aumenta, a proporção de pré-pupas em diapausa cresce, chegando a 98,7% na fotofase de 12 horas.

No presente estudo a exposição de larvas com menos de 12 horas de idade, resultou num percentual máximo de 80%, nas fotofases de 13 e 12 horas. Somente observou-se percentual em torno de 90%, quando a indução foi na fase de ovo. Neste estágio, a percentagem de insetos em dormência aumentou a partir da escotofase de oito até a de 11 horas, quando atingiu o máximo de 96,9%.

A alta percentagem de resposta às fotofases de 13, 12 e 11 horas pode ser explicada pelo fato de que a diapausa é uma estratégia de sobrevivência em períodos de condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento da espécie, assim, pode-se esperar que os insetos sejam induzidos a entrar em dormência com fotofases maiores, para que, quando a

fotofase crítica para o desenvolvimento chegar, ou seja, o inverno, o inseto já estará em diapausa e poderá sobreviver até a retomada das condições ideais para seu desenvolvimento.

Nos trabalhos de Dickson & Sanders (1945) e Dickson (1949) não é especificada a idade das larvas no momento da indução. Este aspecto é relevante, uma vez que a diapausa não foi verificada, neste estudo, quando larvas com mais de cinco dias de idade foram expostas a diferentes fotoperíodos.

O fato de somente ovos e larvas com menos de 12 horas de *G. molesta* responderem ao estímulo do fotoperíodo, pode ter relação com o hábito do inseto, uma vez que os ovos são depositados nas folhas, brotações, ramos novos e frutos, estando expostos à ação direta do fotoperíodo. O mesmo acontece com as larvas com menos de 12 horas, as quais eclodem e sofrem a ação do fotoperíodo até penetrar nas brotações e/ou frutos. Após este momento, não estão mais sujeitas à ação desse fator, o que explicaria o fato de larvas com mais de cinco dias não serem induzidas à diapausa.

O mecanismo pelo qual o fotoperíodo age sobre os insetos ainda não é bem claro na literatura, porém, vários autores comentam a respeito de sua ação sobre os hormônios que controlam o crescimento dos insetos. Segundo Beck (1980), em determinados fotoperíodos, o sistema neurosecretor não produz hormônio protorácico-trópico, não havendo o estímulo da glândula protorácica para produzir ecdisteróides. Ocorre assim, uma diminuição do hormônio protorácico-trópico e um aumento do juvenil, impedindo que o

inseto realize a muda ou alterando o seu tempo de desenvolvimento. Esse seria o mecanismo que regula a diapausa induzida pelo fotoperíodo em insetos, referido por Chippendale (1977); Beck (1980); Tauber *et al.* (1986); Huffaker & Gutierrez (1999) e Schowalter (2006).

Nas condições de Bento Gonçalves, na latitude 29° 10' S, e Vacaria, na latitude 28° 31' S (MAPS OF WORLD, 2010), importantes regiões produtoras de rosáceas no Rio Grande do Sul, as fotofases ao longo do ano variam, respectivamente, de 13,84 e 13,78 horas no solstício de verão, a 10,15 e 10,21 horas no de inverno. Com base nessas informações e nos resultados do presente trabalho, poderia se esperar nessas regiões indivíduos de *G. molesta* em diapausa, ao longo de todo o ano. No entanto, esse inseto é encontrado em grande quantidade nos pomares durante o final da primavera e verão e, sua ocorrência reduz consideravelmente nos meses de inverno. Assim, essas informações sugerem que, além do fotoperíodo, outros fatores, como temperatura, alimento e a herança genética, também atuam modificando a ação do fotoperíodo sobre *G. molesta*, justificando assim, os padrões de flutuação populacional (Arioli *et al.*, 2005; Hickel, 2006) observados nas diferentes regiões produtoras de rosáceas, no Rio Grande do Sul.

O fotoperíodo também é importante na indução da diapausa em outros lepidópteros, entretanto, há uma variação entre as espécies quanto à fase de indução e manifestação. À semelhança de *G. molesta*, a diapausa também é induzida pelo fotoperíodo nas primeiras fases de desenvolvimento em *E. viteana*, como constatado por (Nagarkatti *et al.*, 2001). Ovos e larvas

com até 12 horas, quando expostos ao fotoperíodo de 8L:16E, apresentam 100% de diapausa na fase de pupa. De acordo com os autores, à medida que a fotofase aumenta a incidência de diapausa diminuiu, sendo que com 15 horas de luz nenhuma pupa entrou em dormência. No presente estudo, quando a indução foi no início da fase larval, o percentual de indivíduos em diapausa se reduziu, tanto em fotofases superiores a 13 quanto inferiores a 12 horas.

Em *D. saccharalis*, assim como em *G. molesta*, larvas com menos de 12 horas são sensíveis ao fotoperíodo. Quando expostas à fotofase de 12 horas, 96,1% das larvas manifestaram diapausa no último instar (Fuchs *et al.*, 1979).

De acordo com Bell *et al.* (1975), a indução de diapausa em *M. sexta*, também é nas fases de ovo e larva. Os autores observaram 100% das pupas em dormência em fotofases de 1 a 13 horas a  $26 \pm 1$  °C, porém em fotofases maiores que 14 horas, esta não ocorre. Em *Pieris melete* Ménériés (Lepidoptera: Pieridae) fotofases menores que 11 e maiores que 13 horas e temperatura em torno de 18 °C na fase larval induzem pupas a entrar em diapausa (Xiao *et al.*, 2008). Conforme comentado anteriormente, a idade das larvas no momento da indução é um aspecto importante a ser considerado, entretanto, o mesmo também não foi relatado pelos autores citados.

Diferentemente da mariposa-oriental, em *P. idaeusalis* a dormência de 100% dos indivíduos só foi obtida quando toda a fase larval foi exposta a

fotofases em torno de 10 horas e temperaturas menores que 20 °C (Rock *et al.*, 1983).

Em *H. zea*, adultos, ovos, larvas e pupas são os estágios sensíveis à indução da diapausa pela ação do fotoperíodo e da temperatura. Quando parentais e ovos são mantidos em fotoperíodo de 14L:10E a 27 °C e as larvas e pupas são transferidas para fotoperíodo de 10L:14E a 21 °C, 71,6% das pupas manifestam diapausa (Wellso & Adkisson, 1966). Para essa mesma espécie, Roach & Adkisson (1970) verificaram que a incidência de diapausa varia de acordo com a fase de desenvolvimento e a quantidade de luz. Conforme os autores, um percentual maior de indivíduos entrou em dormência, quando adultos e ovos foram expostos à fotofase superior a 11 horas e larvas em regime de luz inferior a 13 horas.

A diapausa foi observada em 85,7% das pupas de *H. punctigera*, quando as fases de ovo, larva e início da pupal ficam expostas ao fotoperíodo de 12L:12E, a 19 °C (Cullen & Browning, 1978).

Kurban *et al.* (2005), ao contrário de *G. molesta*, constataram que o final da fase larval é a mais sensível à indução da diapausa em *H. armigera*. Os autores observaram que quando os insetos foram criados de ovo até a fase pupal a 20 °C em fotofase de 10 e 14 horas, mais de 80% e menos de 10% das pupas entraram em diapausa, respectivamente. Quando criados em fotofase de 14 horas, de ovo até o quarto instar, e transferidas para fotofase de 10 horas no início do quinto instar, de 80 a 100% das pupas entraram em diapausa.

Além da incidência de diapausa, no presente estudo foi observado o efeito do fotoperíodo no desenvolvimento dos insetos que não manifestaram diapausa. Os resultados mostram que houve um aumento no tempo de desenvolvimento de *G. molesta* quando expostos a fotofases de 10, 11, 12, 13 e 14 horas em relação aos expostos a de 16 horas. Estes resultados diferem dos encontrados por Bell *et al.* (1975) para *M. sexta*, onde os autores observaram que a taxa de desenvolvimento de insetos não diferiu quando foram criados em fotoperíodos de 12L:12E e 15L: 9E.

Estudos desta natureza são raros para lepidópteros, porém, o efeito do fotoperíodo foi observado no desenvolvimento de insetos pertencentes a outras ordens, como hemípteros e coleópteros. À semelhança de *G. molesta*, *N. viridula* tem o tempo de desenvolvimento maior, quanto menor a fotofase (Ali & Ewiess, 1977).

Para *E. heros*, Mourão & Panizzi (2000) observaram que o tempo de desenvolvimento é gradualmente reduzido à medida que aumenta o número de instares expostos à fotofase de 14 horas, sendo que em fotoperíodos iguais ou menores que 12 horas, o desenvolvimento *E. heros* é prejudicado.

Resultado semelhante também foi encontrado por Chocorosqui & Panizzi (2003) para *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Os autores observaram que em condições de dia curto, 11 e 12 horas de luz, o tempo de desenvolvimento das ninfas tendeu a ser mais longo. A fotofase de 14 horas foi a melhor condição para o desenvolvimento ninfal. O mesmo foi relatado para *Halyomorpha halys* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae), onde o tempo de desenvolvimento das ninfas foi

significativamente menor quando criadas no fotoperíodo de 12L:12E em relação às criadas em fotoperíodo de 16L:8E a 25 °C (Niva & Takeda, 2003).

Diferentemente do encontrado para *G. molesta*, em *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera: Anthocoridae) o fotoperíodo não influenciou o tempo de desenvolvimento ovo-ninfa (Silveira & Bueno, 2003).

Em *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), apesar da fotofase afetar o tempo de desenvolvimento dos insetos, houve uma relação inversa ao observado em *G. molesta*, ou seja, este foi mais curto na fotofase de 12 horas em relação à de 18 horas (Dolezal *et al.*, 2007).

De modo geral a fecundidade e a fertilidade não foram afetadas pelo fotoperíodo na mariposa-oriental. Poucos estudos relatam a existência de correlação dessas variáveis com o fotoperíodo. Segundo Deseó & Séringer (1975), embora a fecundidade seja influenciada pelo fotoperíodo, é mais fortemente afetada pela temperatura de desenvolvimento. Este aspecto foi corroborado pelos trabalhos de Argolo *et al.* (2002) e de Silveira & Bueno (2003), os quais observaram que em *O. insidiosus* a fecundidade e a fertilidade não foram afetadas pelo fotoperíodo.

A geração resultante dos insetos expostos aos diferentes fotoperíodos apresentou tempo de desenvolvimento de cada fase variável, sendo o total geralmente maior quando os parentais foram expostos a fotofases de 10, 11, 12, 13 e 14 horas em relação aos expostos a 16 horas.



Os dados mostram uma tendência, na segunda geração de *G. molesta*, de aumento do tempo de desenvolvimento quando a geração parental foi exposta a fotofases menores que 16 horas. Este resultado pode estar relacionado a alterações hormonais desencadeadas por ação do fotoperíodo na geração anterior, porém, não há estudos que comprovem esse fato.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, nas condições em que os experimentos foram realizados, conclui-se que:

- a diapausa em *G. molesta* é induzida na fase de ovo e larvas com menos de 12 horas;
- a indução da diapausa em *G. molesta* independe da idade dos ovos;
- a diapausa em *G. molesta* manifesta-se na fase de pré-pupa;
- o tempo de desenvolvimento dos indivíduos de *G. molesta* que não manifestaram diapausa, tendeu a ser maior nas fotofases de 10, 11, 12, 13 e 14 horas em relação a de 16 horas;
- a fecundidade e a fertilidade de *G. molesta*, de modo geral, não foi afetada pelo fotoperíodo;
- o tempo de desenvolvimento da segunda geração de *G. molesta* tendeu a ser maior quando os parentais foram expostos a fotofases de 10, 11, 12, 13 e 14 horas em relação a de 16 horas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho fornecem informações relevantes a respeito da ação do fotoperíodo na indução de diapausa em *G. molesta*, uma vez que esclarece a ocorrência de diapausa como estratégia de sobrevivência dos insetos durante os meses de inverno, explicando assim a flutuação populacional observada durante o ano, bem como a recolonização dos pomares pelos insetos após o período de dormência das plantas.

A partir dos resultados podemos supor que os insetos estão na área do pomar, mesmo que não sejam coletados, utilizando o mesmo habitat, uma vez que não são conhecidos hospedeiros alternativos para *G. molesta*. Portanto, é importante que os produtores façam o monitoramento com armadilhas de feromônio no final da fase de dormência das plantas, pois a geração que está em diapausa vai ser a geração colonizadora. O emprego de medidas de controle através de parasitóides de ovos e/ou larvas ou mesmo uso da confusão sexual no início da infestação pode impactar negativamente as gerações subseqüentes, reduzindo o número de aplicações de inseticidas e garantindo frutos de melhor qualidade.

Sabe-se que na indução de diapausa além do fotoperíodo, outros fatores como temperatura e disponibilidade de alimento são importantes.

Sendo assim, são necessários mais estudos que esclareçam o papel desses fatores na indução de diapausa em *G. molesta*.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M.; EWIESS, M. A. Photoperiodic and temperature effects on rate of development and diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). **Zeitschrift fur Angewandte Entomologie**, Berlin, v. 84, p. 256-264, 1977.

ANDREWARTHA, H. G. Diapause in relation to the ecology of insects. **Biological review**, Cambridge, n. 27, p. 50-107, 1952.

ARGOLO, V. M.; BUENO, V. H. P.; SILVEIRA, L. C. P. Influência do fotoperíodo na reprodução e longevidade de *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera: Anthocoridae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 257-261, 2002.

ARIOLI, C. J.; BOTTON, M.; CARVALHO, G. A. Controle químico de *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura do pessegueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1695-1700, 2004.

ARIOLI, C. J.; CARVALHO, G. A.; BOTTON, M. Flutuação populacional de *Grapholita molesta* (Busck) com armadilhas de feromônio sexual na cultura do pessegueiro em Bento Gonçalves, RS, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 1-5, 2005.

ARIOLI, C. J. *et al.* Técnica de criação de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae) em laboratório utilizando dieta artificial para a produção de insetos visando estudos de comportamento e controle. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Bento Gonçalves, 2007.

AYRES, M. *et al.* **BioEstat 4.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e médicas**. Belém : Sociedade Civil Mamirauá; Brasília : CNPq, , 2006. 324pp.

BECK, S. D. **Insect Photoperiodism**. New York : Academic Press, 1980. 387 p.

BELL, R. A.; RASUL, C. G.; JOACHIM, F. G. Photoperiodic induction of the pupal diapause in the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 21, p. 1471-1480, 1975.

CHIPPENDALE, G. M. Hormonal regulation of larval diapause. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 22, p. 121-138, 1977.

CHOCOROSQUI, V. R.; PANIZZI, A. R. Photoperiod influence on the biology and phenological characteristics of *Dichelops melacanthus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, n. 4, p. 655-664, 2003.

COBB, P. P.; BASS, M. H. Some effects of photoperiod, temperature, and food on the induction of diapause in the Boll Weevil. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 61, n. 3, p. 624-625, 1968.

CULLEN, J. M.; BROWNING, T. O. The influence of photoperiod and temperature on the induction of diapause in pupae of *Heliothis punctigera*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 24, p. 595-601, 1978.

DENLINGER, D. L. Dormancy in tropical insects. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 31, p. 239-264, 1986.

DESEÓ, K. V.; SÁRINGER, G. Photoperiodic effect on fecundity of *Laspeyresia pomonella*, *Grapholitha funebrana* and *G. molesta*: the sensitive period. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 18, p. 187-193, 1975.

DICKSON, R. C. Factors governing the induction of diapause in the oriental fruit moth. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 42, p. 511-537, 1949.

DICKSON, R. C.; SANDERS, E. Factors inducing diapause in the oriental fruit moth. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 38, n. 5, p. 605-606, 1945.

DIEFENBACH, L. M. G.; REDAELLI, L. R.; GASSEN, D. N. Characterization of the internal reproductive organs and their state as diapause indicator in *Phytalus sanctipauli* Blanchard, 1850 (Coleoptera: Scarabaeidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 58, n. 3, p. 541-546, 1998.

DOLEZAL, P.; HABUSTOVÁ, O.; SEHNAL, F. Effect of photoperiod and temperature on the rate of larval development, food conversion efficiency, and imaginal diapause in *Leptinotarsa decemlineata*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 53, p. 849-857, 2007.

FUCHS, T. W.; HARDING, J. A.; SMITH, J. W. Induction and termination of diapause in the sugarcane borer. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 72, p. 271-274, 1979.

GONZALEZ, H. R. Fenología de la grapholita o polilla oriental del durazno. **Aconex**, Santiago, v.12, p.5-12, 1989.

GONZALEZ, H. R. **Las polillas de la fruta em Chile (Lepidoptera: Tortricidae; Pyralidade)**. Santiago: Universidad de Chile, 2003. 188p. (Serie Ciencias Agronomicas, 9).

GRELLMANN, E. O. et al. Ciclo evolutivo de *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera – Olethreutidae) em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, p. 21-26, 1991.

HICKEL, E. R.; DUCROQUET, J. P. H. J. Monitoramento e controle da grafolita ou mariposa oriental no Alto Vale do Rio do Peixe. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 8-11, 1998.

HICKEL, E. R. et al. Dinâmica populacional da mariposa oriental em pomares de pessegueiro e ameixeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 325-337, 2003.

HICKEL, E. R. Análise da ocorrência e decisão de controle da mariposa-oriental *Grapholita molesta* (Busck). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 9., 2006, Fraiburgo. **Anais... Caçador**, 2006. Palestras, v.1 368p.

HUFFAKER, C. B.; GUTIERREZ, A. P. **Ecological entomology**. New York : John Wiley & Sons, 1999. 756p.

IVALDI-SENDER, C. Techniques simples pour um élevage permanent de la tordeuse orientale, *Grapholita molesta* (Lepidoptera, Tortricidae) sur milieu artificiel. **Annales Zoologie Ecologie Animale**, Paris, v. 6, n. 2, p. 337-343, 1974.

KOHNO, K. Photoperiodic effect on incidence of reproductive diapause in *Orius sauteri* and *O. minutus* (Heteroptera: Anthocoridae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 32, n. 4, p. 644-648, 1997.

KOMAROVA, O. S. On the conditions determining the diapause of the hibernating pupae in *Chloridea obsoleta* F. (Lepidoptera; Noctuidae). **Entomological Review**, Moscow, v. 38, p. 318-325, 1959.

KURBAN, A. et al. Pupal diapause of *Helicoverpa armigera*: sensitive stage for photoperiodic induction. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 40, n. 3, p. 457-460, 2005.

LEPAGE, H. S.; FADIGAS JR, M. A mariposa oriental das frutas *Grapholita molesta* (Busck). **O Biológico**, São Paulo, v. 10, p. 135-140, 1944.

LORENZATO, D. Lepidópteros nocivos em frutíferas rosáceas no sul do Brasil. **Ipagro Informa**, Porto Alegre, v.3, p.71-78, 1988.

MAPS OF WORLD. **Brasil latitude and longitude**. Disponível em: [http://www.mapsofworld.com/lat\\_long/brazil-lat-long.html](http://www.mapsofworld.com/lat_long/brazil-lat-long.html). Acesso em: 11 fev. 2010.

MELLO, L. M. R. **Produção de mercado brasileiro de maçã**. Bento Gonçalves : Embrapa.CNPUV, 2001. 4p. (Comunicado Técnico, 50)

MONTEIRO, L. B.; SOUZA, A.; BELLI, L. Confusão sexual para o controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) em pomares de macieira, em Fraiburgo (SC), Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 191-196, 2008.

MOURÃO, A. P. M.; PANIZZI, A. R. Estágios ninfais fotossensíveis a indução da diapausa em *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 219-225, 2000.

NAGARKATTI, S.; TOBIN, P. C.; SAUNDERS, M. C. Diapause induction in the Grape Berry Moth (Lepidoptera: Tortricidae). **Environmental Entomology**, Cambridge, v. 30, n. 3, p. 540-544, 2001.

NIVA, C. C.; TAKEDA, M. Effects of Photoperiod, temperature and melatonin on nymphal development, polyphenism and reproduction in *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). **Zoological Science**, Tokyo, v. 20, p. 963-970, 2003.

POLTRONIERI, A. S.; MONTEIRO, L. B.; SCHUBER, J. M. Prospecção da diapausa da mariposa – oriental no período de dormência do pessegueiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 67-72, 2008.

REDAELLI, L. R.; BECKER, M.; ROMANOWSKI, H. P. Changes in the internal reproductive organs and fat body levels as diapause indicators in *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima, 1936) (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 55, n. 4, p. 737-744, 1995.

ROACH, S. H.; ADKISSON, P. L. Rôle of photoperiod and temperature in the induction of pupal diapause in the bollworm, *Heliothis zea*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v 16, p. 1591-1597, 1970.

ROCK, G. C.; SHAFFER, P. L.; SHALTOUT, A. D. Tufted Apple Budmoth (Lepidoptera: Tortricidae): Photoperiodic induction of larval diapause and stages sensitive to induction. **Environmental Entomology**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 66-70, 1983.



SALLES, L. A. B. Principais pragas e seu controle. In: MEDEIROS, C.A.B. ; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-CPACT, 1998. 351p.

SANTOS, J. P.; BORGES, R. Utilização de isca atrai e mata para o controle da mariposa oriental em pomar convencional de macieira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., Vitória, 2008. Disponível em: [http://200.137.78.15/cd\\_paginas/Entomologia/20080703\\_093351.pdf](http://200.137.78.15/cd_paginas/Entomologia/20080703_093351.pdf). Acesso em: 18 abr.2010.

SANTOS, R. S. S. et al. Characterization of the imaginal reproductive diapause of *Oebalus poecilus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, n. 4, p. 695-703, 2003.

SCHOWALTER, T. D. **Insect Ecology**: an ecosystem approach. San Diego : Academic Press, 2006. 572p.

SILVA, A.G. et al. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil**. Rio de Janeiro : MARA-SDSV, 1968. 622 p.

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P. *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Heteroptera, Anthocoridae): sensibilidade ao fotoperíodo e diapausa reprodutiva? **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 47, n. 4, p. 631-635, 2003.

TAUBER, M. J.; TAUBER, C. A.; MASAKI, S. **Seasonal adaptations of insects**. New York : Oxford University Press, 1986. 411p.

WELLSO, S. G.; ADKISSON, P. L. A long-day short-day effect in the photoperiodic control of the pupal diapause of the bollworm, *Heliothis zea* (Boddie). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 12, p. 1455-1465, 1966.

XIAO, H.; LI, F.; WEI, X.; XUE, F. A comparison of photoperiodic control of diapause between estivation and hibernation in the cabbage butterfly *Pieris melete*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 54, p. 755-764, 2008.

XUE, F.; SPIETH, H. R.; AIQING, L.; AI, H. The role of photoperiod and temperature in determination of summer and winter diapause in the cabbage beetle, *Colaphellus bowringi* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 48, p. 279-286, 2002.