

**JOSÉ ROBERTO GONÇALVES**

**INTERAÇÕES DE *Acarophenax lacunatus* COM DELTAMETRINA,  
TEMPERATURA E O PARASITÓIDE *Anisopteromalus calandrae* NA  
SUPRESSÃO POPULACIONAL DE *Rhyzopertha dominica***

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G635i  
2005

Gonçalves, José Roberto, 1975-

Interações de *Acarophenax lacunatus* com deltametrina, temperatura e o parasitóide *Anisopteromalus calandrae* na supressão populacional de *Rhyzopertha dominica* / José Roberto Gonçalves. – Viçosa : UFV, 2005.

viii, 91f. : il. ; 29cm.

Orientador: Lêda Rita D'Antonino Faroni.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ácaro no controle biológico de pragas.
  2. *Rhyzopertha dominica* - Controle biológico.
  3. *Acarophenax lacunatus*.
  4. *Rhyzopertha dominica* - Efeito da temperatura.
  5. *Anisopteromalus calandrae*.
  6. Deltametrina. I. Universidade Federal de Viçosa.
- II.Título.

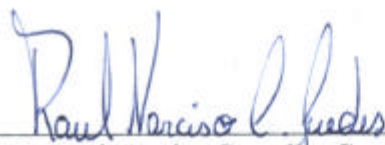
CDD 22.ed. 632.96

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES

**INTERAÇÕES DE *Acarophenax lacunatus* COM DELTAMETRINA,  
TEMPERATURA E O PARASITÓIDE *Anisopteromalus calandrae* NA  
SUPRESSÃO POPULACIONAL DE *Rhyzopertha dominica***

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 11 de julho de 2005



Dr. Raul Narciso Carvalho Guedes

(Conselheiro)



Dr. Pedro Amorim Berbert



Dra. Fatima Chieppe Parizzi



Dr. Fernando Antonio Pereira da Silva



Lêda Rita D'Antonino Faroni

(Orientadora)

“Nunca diga a Deus que você tem um grande problema.  
Diga ao problema que você tem um grande Deus”.

A Deus, fonte de toda sabedoria.  
Aos meus pais, José Geraldo e Ana América.  
A meu irmão Robson.  
A minha cunhada Adriana.  
Às minhas sobrinhas, Amanda e Maria Eduarda.

## **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, e à Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realizar o curso.

À Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni, pela orientação, compreensão e pelas críticas.

Ao Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes, pelo incentivo e apoio nas horas mais difíceis do trabalho.

Ao Prof. Dirceu Pratisoli, pela amizade e pelos ensinamentos anteriores, que serviram de base para o meu sucesso.

Aos amigos Harley, Leandro (Preto), Romero, Cláudia, Anderson (Reverendo) e Luciano (Português), pelo apoio e dedicação, que muito contribuíram para o êxito desta pesquisa.

Aos avós Amynthas (in memoriam), Lucy, Antonio (in memoriam) e Claudir, pelo apoio, carinho e pela compreensão.

Aos irmãos da “República dos Morangueiros”, André (Fura Olho), Leandro (Preto), Ramon (Ramoninho), Thyago (Calouro), Marcinho (Acupuntura), Felipe (Calouro Pô) e a todos os agregados (Louise, Lindemberg...), pela convivência e amizade.

À secretária da República dos Morangueiros “Angela”, que sempre esteve presente nas horas mais difíceis.

Aos muitos estagiários do “Laboratório de MIP-Grãos”, que, de alguma forma, contribuíram para a realização dos experimentos, com desempenho exemplar para a Flavinha e o Ramoninho.

Aos amigos de Santa Leopoldina, Espírito Santo, que sempre acreditaram no meu potencial.

Aos amigos da área da Engenharia Agrícola, pelo apoio e pela dedicação, que muito contribuíram para o bom êxito desta pesquisa.

À secretária de Pós-Graduação em Entomologia Maria Paula, pela paciência, dedicação e amizade.

À Jornalista Audrey que me ajudou a encarar as dificuldades da vida com maior facilidade.

Aos demais professores, colegas, funcionários e amigos, que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Tecnigran (Proteção de Grãos e Sementes Ltda.), pela doação do inseticida utilizado nesta tese.

Por fim, agradeço à cidade de Viçosa, em especial aos estabelecimentos: Jarbinhas, Moreiras, Pau Brasil, Lanches Lu, Leão, Forno de Pedra... E não poderia esquecer o Disk Valente, Tele Mais, Speed e outros estabelecimentos, que sempre foram solicitados em momentos de comemorações.

## **Biografia**

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES, filho de José Geraldo Gonçalves e Ana América Gonoring Gonçalves, nasceu em Vila Velha, Espírito Santo, em 18 de fevereiro de 1975.

Em maio de 1999, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, Espírito Santo, onde foi bolsista de iniciação científica, pelo CNPq, de agosto de 1997 a março de 1999.

De maio a julho de 1999, foi bolsista de aperfeiçoamento, pela FAPEMIG, na Universidade Federal de Viçosa.

Em julho de 2001, concluiu seu curso de Mestrado em Entomologia, e em agosto desse mesmo ano, iniciou seu Doutorado na mesma área.

## Índice

	Página
<b>Resumo</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract</b>	<b>viii</b>
<b>Introdução Geral</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1.</b> Susceptibilidade de <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) ao Enxofre	<b>11</b>
<b>Capítulo 2.</b> Susceptibilidade de <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius) ao Enxofre	<b>25</b>
<b>Capítulo 3.</b> Desenvolvimento de <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius) Associado a Deltametrina e ao Ácaro Parasita <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz)	<b>38</b>
<b>Capítulo 4.</b> Interação da Temperatura com o Parasita <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) sobre o Desenvolvimento de <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	<b>55</b>
<b>Capítulo 5.</b> Interação entre <i>Acarophenax lacunatus</i> (Cross & Krantz) e <i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard) na Supressão Populacional de <i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	<b>75</b>
<b>Conclusões Gerais</b>	<b>90</b>

## Resumo

GONÇALVES, José Roberto, D.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2005.  
**Interações de *Acarophenax lacunatus* com deltametrina, temperatura e o parasitóide *Anisopteromalus calandrae* na supressão populacional de *Rhyzopertha dominica*.** Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Conselheiros: Raul Narciso Carvalho Guedes e Dirceu Pratissoli.

A principal forma de controle de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), em grãos armazenados, é através do uso de inseticidas, apesar de existirem relatos de resistência a esses produtos, em populações dessa espécie. Neste sentido, a utilização do manejo integrado de pragas (MIP) é uma alternativa para preservar os ingredientes ativos existentes, assim como reduzir os resíduos de inseticidas nos produtos armazenados. No Brasil, o uso do controle biológico como ferramenta do MIP em armazéns ainda não é utilizada, embora pesquisas já demonstrem sua eficiência e compatibilidade com os principais métodos de controle. Um importante inimigo natural vem se destacando na supressão populacional de pragas de grãos, o ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz), que parasita os ovos de seus hospedeiros. Este estudo teve como objetivo principal avaliar a interação desse parasita com o inseticida deltametrina, a temperatura e o parasitóide de larvas *Anisopteromalus calandrae* (Howard), considerados os principais métodos de controle químico, físico e biológico de *R. dominica*, respectivamente. Antes de analisar a eficácia dessas interações, foi avaliada a utilização de um acaricida para controlar as infestações indesejadas de *A. lacunatus*. O parasita *A. lacunatus* demonstrou ser uma importante ferramenta para MIP de grãos armazenados, uma vez que foi possível sua associação com os principais métodos de controle de *R. dominica*, com exceção do uso do dobro da dose de deltametrina recomendada (1,00 mg i.a./kg). Por outro lado, em doses menores do que 1,00 mg i.a./kg de deltametrina, o *A. lacunatus* demonstrou-se eficaz na redução das fases imaturas desse inseto-praga. O parasita *A. lacunatus*, quando associado a temperaturas da massa de grãos mais baixas, apresentou sua eficácia potencializada. Do mesmo modo, isso também foi observado quando esse ácaro foi associado ao parasitóide de larvas *A. calandrae* melhorando sua eficácia. Estes resultados reforçam a importância de *A. lacunatus* como uma alternativa para a redução dos níveis de inseticidas necessários ao controle das infestações de *R. dominica* sobre grãos.

## Abstract

GONÇALVES, José Roberto, D.S. Universidade Federal de Viçosa, July 2005.  
**Interaction of *Acarophenax lacunatus* with deltamethrin, temperature and the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* in the population suppression of *Rhyzopertha dominica*.** Adviser: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Committee Members: Raul Narciso Carvalho Guedes and Dirceu Pratisoli.

The main control method of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) in stored grains is by insecticide use despite of the existing reports of insecticide resistance in population of this species. The use of integrated pest management (IPM) is therefore an alternative to preserve the existing active ingredients and to reduce insecticide residue in stored products. The use of biological control is not yet used as an IPM component in Brazil, although some studies demonstrate its efficiency and compatibility with the main control methods. An important natural enemy to focus on for the suppression of grain pest populations, the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz), a host egg parasite. This study aimed to assess the interaction of this parasite with the insecticide deltamethrin, the temperature and the larvae parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Howard), considered the main chemical, physical and biological control agents of *R. dominica*, respectively. Before assessing these interactions, the use of an acaricide to control undesirable infestations of *A. lacunatus* was carried out. The parasite *A. lacunatus* showed to be an important tool for stored grains IPM since it was possible its association with the main control methods for *R. dominica*, with the exception of twice the recommended deltamethrin dose (1.00 mg a.i./kg). In contrast, *A. lacunatus* was effective in reducing immatures of this pest-species in deltamethrin doses lower than 1.00 mg a.i./kg. The parasite *A. lacunatus* showed increased efficacy when associated with lower temperatures of the grain mass. The same was observed when associated with the larvae parasitoid *A. calandrae*. The results reinforce the importance of *A. lacunatus* as an alternative to reduce the insecticide levels necessary to control *R. dominica* infestations on grains.

## Introdução Geral

---

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) indicam que as perdas de grãos, ocasionadas por pragas em armazéns no Brasil, chegam a 10% do total colhido (Beskow & Deckers 2002). No caso do trigo, o maior responsável por essas perdas é o coleóptero *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Lorini 2002). A forma de controle mais utilizada no manejo desse inseto é o químico em razão da facilidade de aplicação e maior rapidez de ação (White & Leesch 1996, Mourier & Poulsen 2000). No entanto, este método nem sempre apresenta resultados satisfatórios, pois existem populações de *R. dominica* resistentes aos principais princípios ativos dos inseticidas disponíveis para o seu controle (Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998). Deste modo, torna-se de fundamental importância a busca por novas alternativas que se integrem ao manejo desse inseto-praga.

A integração de métodos de controle no manejo de *R. dominica* vem sendo uma alternativa para os gerentes de unidades armazenadoras de grãos reduzirem o uso dos inseticidas (Scholler 1998). Isto é importante, pois pode amenizar problemas de resíduos nos alimentos e resistência a inseticidas pelo uso excessivo desses produtos (Croft 1990, Lorini & Galley 1999, Beckel *et al.* 2004).

A utilização do controle biológico tem surgido como uma forma alternativa de controle de *R. dominica* com várias espécies de inimigos naturais. Esses organismos liberados em unidades armazenadoras podem se reproduzir por muito tempo, caso possuam hospedeiros disponíveis e condições ambientais satisfatórias (Scholler *et al.* 1997).

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) vem se destacando como um importante agente de controle biológico de *R. dominica*, pois parasita os ovos deste coleóptero em temperaturas de 18 a 40 °C, não permitindo o seu desenvolvimento. A temperatura ótima para o desenvolvimento de *A. lacunatus* é de 30 °C, chegando a suprimir 90% dos ovos num período de 23 dias após a inoculação sobre populações de 25 adultos de *R. dominica* (Gonçalves *et al.* 2001).

Em geral, o ovo de *R. dominica* é parasitado por apenas uma fêmea de *A. lacunatus*, podendo, em alguns casos, mais de uma fêmea parasitar o mesmo ovo. Depois de fixar-se no ovo e sugar o seu conteúdo, seu corpo se distende largamente, tornando-se de forma esférica e de brilho intenso, podendo aumentar em até cinco vezes o seu tamanho inicial, caracterizando o desenvolvimento da progênie (fisogastria). Os indivíduos dessa

progênie emergem na forma adulta. Em condições ótimas, uma fêmea fisogástrica produz um ácaro macho e 16 fêmeas em média. O macho, o primeiro a emergir, fecunda todas as fêmeas, que, em seguida, saem em busca de novos hospedeiros. Normalmente, a morte do macho se dá logo depois da fecundação e a das fêmeas, depois da reprodução. O intervalo de tempo médio desde a fixação de *A. lacunatus* no hospedeiro até a emergência da progênie é de 56 h o número de gerações mensais é de, aproximadamente, 12 (Faroni *et al.* 2000, 2001).

A possibilidade de integrar *A. lacunatus* com o controle químico, torna-o uma ferramenta promissora para o manejo de *R. dominica*. Entretanto, existem dificuldades em realizar experimentos com este inimigo natural, pois são organismos de tamanho reduzido (0,14 x 0,09 mm) e apresentam uma elevada capacidade de infestação das criações massais de *R. dominica* isentas do parasita, principalmente nas testemunhas dos ensaios utilizando esse hospedeiro (Gonçalves *et al.* 2002, 2004). Assim, o **primeiro capítulo** desse trabalho teve como objetivo avaliar uma alternativa química para controlar as infestações indesejadas de *A. lacunatus*, e no **segundo capítulo** analisou-se a interferência dessa técnica no desenvolvimento de *R. dominica*. Feito isso, iniciaram-se os estudos da interação de *A. lacunatus* com outros métodos de controle de *R. dominica*. É importante salientar que a eficiência dos diferentes métodos associados pode ser essencial para se obter sucesso na supressão populacional desse inseto-praga (Subramanyam & Hangstrum 1996).

### **Método Químico**

Normalmente, o controle biológico não é considerado compatível com o uso de inseticidas (Croft 1990, Arthur 1996), embora já existam relatos de inimigos naturais resistentes e tolerantes aos inseticidas, principalmente, quando são introduzidos nos armazéns, alguns dias depois das aplicações desses produtos (Zdarkova 1996). De acordo com Elliott *et al.* (1983), certos piretróides são de 2 a 145 vezes mais tóxicos a *Ephestia kuehniella* (Zeller) do que ao parasitóide de larvas *Venturia canescens* (Gravenhorst). A resistência ao malatium foi observada para *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Baker & Weaver 1993). Outros inimigos naturais como *Trichogramma* spp., *Habrobracon hebetor* [*Bracon hebetor*] (Say) se mostraram tolerantes ao malatium (Brower 1984, Keever *et al.* 1986). O ácaro predador *Cheyletus eruditus* (Schrank) também apresentou maior tolerância a certos acaricidas do que suas presas (ácaros que infestam produtos armazenados) (Zdarkova 1996). Alguns trabalhos

constataram tolerância do ácaro parasita *A. lacunatus* aos principais inseticidas protetores de grãos armazenados (Gonçalves *et al.* 2001, 2002, 2004).

De acordo com Scholler (1998), o primeiro a propor a liberação de organismos benéficos resistentes a inseticidas, em ambientes de produtos armazenados foi Burges em 1965. Depois disso, vários trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de maximizar a eficácia do controle químico, principal forma de controle das pragas nos armazéns.

A resistência de *R. dominica* a produtos químicos é uma realidade comum no mundo todo e, cada vez mais, deve ser considerada de forma consciente e por todos os envolvidos no processo de armazenamento de grãos, uma vez que essa resistência pode inviabilizar o uso de alguns inseticidas disponíveis no mercado e causar perdas de elevados investimentos de capital (White & Leesch 1996). Por essa razão, o uso de inimigos naturais resistentes ou tolerantes a pesticidas tem sido uma ferramenta importante na supressão de populações dessa praga que persistem, em ambientes de armazenamento, após o tratamento químico (Gonçalves *et al.* 2002).

Um dos inseticidas mais importantes na proteção dos grãos é o piretróide deltametrina (Guedes 1990, Beckel *et al.* 2004). No entanto, a utilização desse produto no controle de *R. dominica* vem apresentando falhas devido a resistência de populações dessa praga a esse inseticida (Croft 1990, Lorini & Galley 1999).

O ácaro parasita *A. lacunatus* demonstra ser uma alternativa promissora para o manejo de populações de *R. dominica* resistentes a inseticidas, uma vez que esse inimigo natural persistiu parasitando ovos desse coleóptero em grãos de trigo tratados com os inseticidas deltametrina, bifentrina, pirimifós metílico e fenitrotion (Gonçalves *et al.* 2004). Inimigos naturais que parasitam ovos conseguem matar a praga antes que ela venha causar dano (Hansen & Jensen 2002), e *A. lacunatus* apresenta essa vantagem. Isto é importante devido ao fato de apenas uma fêmea de *R. dominica* ser capaz de ovipositar uma média de 420 ovos em condições de temperatura ótima (32 °C), podendo aumentar consideravelmente sua população em um curto intervalo de tempo (Faroni & García-Mari 1992), se métodos alternativos não forem utilizados (King & Nordlund 1992).

Diante disso, o **terceiro capítulo** teve como objetivo avaliar a influência da associação de deltametrina com o ácaro parasita *A. lacunatus* sobre o desenvolvimento de *R. dominica*.

## Método Físico

Os relatos constantes de resistência de *R. dominica* a inseticidas exigem o uso integrado de outros métodos de controle além do químico. Os métodos físicos que antecederam os químicos no controle de pragas no passado, devem ser retomados e adequados ao uso presente e futuro (Lorini 2002). Uma simples medida de higienização e sanitização no armazenamento, a manipulação da temperatura e a umidade dos grãos podem propiciar uma condição desfavorável ao desenvolvimento de pragas e beneficiar os inimigos naturais (Smith 1994, Zdarkova 1996).

O manejo da temperatura dos grãos, através da aeração, consiste numa prática que força o ar ambiente, por meio de ventiladores a esfriar a massa de grãos armazenados. Isto é importante, uma vez que algumas espécies de inimigos naturais suprimem melhor as populações de insetos-praga em temperaturas mais amenas em relação às mais elevadas (Flinn 1998). Este fato pode estar relacionado tanto com a redução da velocidade de reprodução das pragas, quanto com o aumento do parasitismo dos inimigos naturais. Desta forma, o número de progênie das pragas fica reduzido, se comparado com a aeração ou controle biológico, quando forem usados independentemente (Toews *et al.* 2001). Por outro lado, existem situações em que as temperaturas mais elevadas favorecem o desenvolvimento do inimigo natural e as baixas, o seu hospedeiro ou presa (Ahmad 1936).

O período de tempo de desenvolvimento dos insetos-praga e seus inimigos naturais está correlacionado diretamente com a temperatura da massa de grãos (Hagstrum *et al.* 1996, Faroni *et al.* 2001). Em condições de temperaturas mais altas, as fases imaturas das pragas podem desenvolver mais rapidamente e, como consequência, as populações aumentarão mais velozmente do que as populações dos inimigos naturais. Por essa razão, a relação entre a taxa de desenvolvimento de um predador ou parasitóide e aquela de sua presa ou hospedeiro pode ser crítica para o sucesso do controle biológico (Bernal & Gonzalez 1993).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do ácaro parasita *A. lacunatus* sobre o hospedeiro *R. dominica* se encontra na faixa dos 30 °C (Faroni *et al.* 2001). No entanto, nesta temperatura, este coleóptero também apresenta elevada capacidade de multiplicação (Faroni & García-Mari 1992). Embora o parasita *A. lacunatus* venha suprimir uma grande proporção dos imaturos de *R. dominica*, os adultos deste coleóptero são capazes de acarretar perdas significativas em grãos armazenados. De acordo com Faroni *et al.* (2001), *A. lacunatus* pode desenvolver-se sobre ovos de *R. dominica* entre os limiares de temperatura de 18 °C e 40 °C. Diante disso, o **quarto**

**capítulo** teve como objetivo avaliar o efeito da interação de diferentes temperaturas com o parasita *A. lacunatus* na supressão populacional de *R. dominica*, ao longo do período de armazenamento.

### **Interação entre espécies de inimigos naturais**

A utilização de mais de uma espécie de inimigo natural para o controle de pragas é uma técnica de manejo que visa aumentar a eficácia do controle biológico, principalmente, quando esses organismos atuam sobre diferentes estágios de desenvolvimento da praga (Kakehashi *et al.* 1984, Keever *et al.* 1986). Todavia, efeitos negativos podem ocorrer com essas interações, uma vez que os inimigos naturais podem afetar-se mutuamente (Brower & Press 1988, Wen *et al.* 1994), como observado em condições de laboratório para *H. hebetor*, suprimindo *V. canescens* em criações de *Cadra cautella* (Walker) (Pres *et al.* 1977); *Trichogramma pretiosum* Riley parasitando ovos de *Xylocoris flavipes* (Reuter); e *X. flavipes* predando ovos de traça parasitados por *T. pretiosum* (Brower & Press 1988). Embora esse efeito possa reduzir a eficácia de um dos inimigos naturais, a supressão da população do hospedeiro sob a ação desses organismos associados pode ser maior do que se as espécies estivessem sozinhas (Keller 1984). Isto já foi mostrado para *V. canescens* e *X. flavipes* (Press 1989), *T. pretiosum* e *H. hebetor* (Brower & Press 1990).

O ácaro *A. lacunatus* e a vespa *A. calandreae* são potenciais inimigos naturais de *R. dominica*. *Acarophenax lacunatus* apresenta um elevado potencial de parasitismo sobre ovos de *R. dominica* (Gonçalves *et al.* 2001), enquanto *A. calandreae* é um importante parasitóide de larvas deste coleóptero (Menon *et al.* 2002). Esses inimigos naturais atuam também sobre outros coleópteros-praga de grãos armazenados (Okamoto 1971, Wen & Brower 1995, Oliveira *et al.* 2003).

A interação de *A. lacunatus* e *A. calandreae* como uma ferramenta do manejo integrado de pragas pode ser promissora, uma vez que esses inimigos naturais apresentam compatibilidade com o controle químico (inseticidas) e o físico (aeração), importantes métodos de controle de pragas de grãos armazenados (Baker & Weaver 1993, Flinn *et al.* 1997, Scholler 1998, Gonçalves *et al.* 2004). Além disso, tanto *A. lacunatus* quanto *A. calandreae* podem ocorrer simultaneamente em grãos infestados por *R. dominica*. Desta forma, o **quinto capítulo** teve como objetivo avaliar a compatibilidade desses inimigos naturais na supressão populacional desse coleóptero-praga.

Diante do exposto, observa-se que as interações de *A. lacunatus* com métodos químicos, físicos e biológicos podem ser importantes no manejo de *R. dominica*. Neste sentido, este estudo teve como objetivo principal despertar o interesse sobre a importância dos métodos alternativos na redução dos níveis de inseticidas necessários ao controle de infestações de *R. dominica* em grãos armazenados.

### Literatura Citada

- Arthur, F.H. 1996.** Grain protectants: current status and prospects for the future. J. Stored Prod. Res. 32: 293-302.
- Ahmad, T. 1936.** The influence of ecological factors on the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* and its parasite, *Enteritis canescens*. J. Anim. Ecol. 5: 67-93.
- Baker, J.E. & D.K. Weaver. 1993.** Resistance in field strains of the parasitoid *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) and its host, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), to malathion, chlorpyrifos-methyl, and pirimiphos-methyl. Biol. Control. 3: 233-242.
- Beckel, H., I. Lorini & S.M.N. Lázari. 2004.** Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em superfície tratada com deltametrina. Rev. Bras. Entomol. 48: 115-118.
- Bernal, J.S. & D. Gonzalez. 1993.** Temperature requires of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. Entomol. Exp. Appl. 69: 173-182.
- Beskow, P. & D. Deckers. 2002.** Legislação brasileira de armazenamento de grãos, p. 27-53. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), Armazenagem de grãos, Instituto Bio Geneziz, 983p.
- Brower, J.H. 1984.** The natural occurrence of the egg parasite, *Trichogramma*, on almond moth eggs in peanut storages in Georgia. J. Ga. Entomol. Soc. 19: 285-290.
- Brower, J.H. & J.W. Press. 1988.** Interaction between the egg parasite *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and a predator, *Xylocoris flavipes*, (Hemiptera: Anthocoridae) of the almond moth, *Cadra cautella*, (Lepidoptera: Pyralidae). J. Entomol. Sci. 23: 342-349.
- Brower, J.H. & J.W. Press. 1990.** Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in suppressing stored-product moth populations in small inshell peanut storages. J. Econ. Entomol. 83: 1096-1101.

- Burges, H.D. 1965.** Possibilities of biological control of stored product insects, p. 659. In P. Freeman (ed.), Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Congress of Entomology, London, UK, 8-16 July 1964.
- Croft, B.A. 1990.** Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, 723p.
- Elliot, M., N.F. Janes, J.H. Stevenson & J.H.H. Walters. 1983.** Insecticidal activity of the pyrethrins and related compounds. Part XIV: Selectivity of pyrethroid insecticides between *Ephestia kuehniella* and its parasite *Venturia canescens*. Pestic. Sci. 14: 423-426.
- Faroni, L.R.A. & F. García-Mari. 1992.** Influencia de la temperatura sobre los parámetros biológicos de *Rhyzopertha dominica* (F.). Bol. San. Veg. Plagas 18: 455-467.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2000.** Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 55-63.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001.** Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Biocontrol Sci Tech. 11: 7-14.
- Flinn, P.W. 1998.** Temperature effects on efficacy of *Theololax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Flinn, P.W., D.W. Hagstrum & W.E. Muir. 1997.** Effects of time of aeration, bin size, and latitude on insect populations in stored wheat: a simulation study. J. Econ. Entomol. 90: 646-651.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. Oliveira. 2001.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Eng. Agric. 9: 242-250.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2002.** Pyrethroid-*Acarophenax lacunatus* interaction in suppressing the beetle *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. Exp. Appl. Entomol. 26: 231-242.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33: 243-248.

- Guedes, R.N.C. 1990.** Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. *Rev. Bras. Arm.* 15: 3-48.
- Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998.** Characterization of malathion resistance in a Mexican population of *Rhyzopertha dominica*. *Pestic. Sci.* 53: 15-20.
- Guedes, R.N.C., B.A. Dover & S. Kambhampati. 1996.** Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. population of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Econ. Entomol.* 89: 27-32.
- Hagstrum, D.W., F.W. Flinn & R.W. Howard. 1996.** Ecology, p. 71-134. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, 426p.
- Hansen, L.S. & K.M.V. Jensen. 2002.** Effect of temperature on parasitism and host-feeding of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 95: 50-56.
- Kakehashi, N., Y. Suzuki & Y. Iwasa. 1984.** Niche overlap of parasitoids in host-parasitoid system: its consequence to single versus multiple introduction controversy in biological control. *J. Appl. Ecol.* 21: 115-131.
- Keever, D.W., M.A. Mullen, J.W. Press & R.T. Arbogast. 1986.** Augmentation of natural enemies for suppressing two major insect pests in stored farmers stock peanuts. *Environ. Entomol.* 15: 767-770.
- King, E.G. & D.A. Nordlund. 1992.** Propagation and augmentative releases of predators and parasitoids for control of arthropod pests. *Pesq. Agropec. Bras.* 27: 239-254.
- Keller, M.A. 1984.** Reassessing evidence for competitive exclusion of introduced natural enemies. *Environ. Entomol.* 13: 192-195.
- Lorini, I. 2002.** Manejo integrado de pragas de grãos armazenados (MIPGrãos), p. 607-621. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), *Armazenagem de grãos*, Instituto Bio Geneziz, 983p.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 1999.** Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *J. Stored Prod. Res.* 35: 37-45.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 2000.** Estimation of realized heritability of resistance to deltamethrin insecticide in selected strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Stored Prod. Res.* 36: 119-124.
- Menon, A., P.W. Flinn & B.A. Dover. 2002.** Influence of temperature on the functional response of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a

- parasitoid of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 38: 463-469.
- Mourier, H. & K.P. Poulsen. 2000.** Control of insects and mites in grain using a high temperature/short time (HTST) technique. J. Stored Prod. Res. 36: 309-318.
- Okamoto, K. 1971.** The synchronization of the life cycles between *Callosobruchus chinensis* (L.) and the parasite *Anisopteromalus calandrae* Howard. Jap. J. Ecol. 21: 233-237.
- Oliveira, C.R.F., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. Biocontrol 48: 503-513.
- Press, J.W. 1989.** Compatibility of *Xylocoris flavipes* (Hymenoptera: Anthocoridae) and *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) for suppression of the almond moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Entomol. Sci. 24: 156-160.
- Press, J.W., B.R. Flaherty & R.T. Arbogast. 1977.** Interactions among *Nemeritis canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae), and *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Kansas Entomol. Soc. 50: 259-262.
- Scholler, M. 1998.** Integration of biological and non-biological methods for controlling arthropods infesting stored products. Postharv. News Inf. 9: 15-20.
- Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-kirshi & C. Reichmuth. 1997.** Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res. 33: 81-97.
- Smith, L. 1994.** Computer simulation model for biological control of maize weevil by the parasitoid *Anisopteromalus calandrae*, p. 1147-1151. In E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks & B.R. Champ (eds.), Proc. 6<sup>th</sup> Int. Working Conf. Stored-Prod., CAB International Wallingford.
- Subramanyam, Bh. & D.W. Hagstrum. 1996.** Resistance measurement and management, p. 331-397. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Integrated Management of Insects in Stored Products. Marcel Dekker, New York, 426p.
- Toews, M.D., T.W. Phillips & G.W. Cuperus. 2001.** Effects of wheat cultivar and temperature on suppression of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) by the parasitoid *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae). Biol. Control. 21: 120-127.

- Wen, B. & J.H. Brower. 1995.** Competition between *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in wheat. *Biol. Control* 5: 151-157.
- Wen, B., L. Smith & J.H. Brower. 1994.** Competition between *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) in corn. *Environ. Entomol.* 23: 367-373.
- White, N.D.G. & J.G. Leesch. 1996.** Chemical control, p. 287-330. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, 426p.
- Zdarkova, E. 1996.** Control of stored food mites by non-chemical methods, p. 165-169. In *Proc. Int. Forum on Stored Prod. Prot. Post-harvest Treatment Plant Products*, Strasbourg, France.

**Os Artigos da Tese estão formatados de acordo com as normas da revista *Neotropical Entomology*.**

### Susceptibilidade de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) ao Enxofre

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 36570-000, Brasil, e-mail: goncalves\_mip@hotmail.com

RESUMO - O ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) pode ser um importante agente de controle biológico de insetos-praga de grãos armazenados, mas sua presença em criações massais desses organismos é prejudicial. Desta forma, o experimento foi realizado com a finalidade de estudar a susceptibilidade de *A. lacunatus* a diferentes doses de enxofre. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri (140 x 10 mm), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. Esses grãos foram infestados com 30 adultos de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram na utilização de doses de enxofre em pó sobre grãos de trigo, correspondentes a 0,00; 0,15; 0,30; 0,60; 0,90 e 1,20 mg i.a./g, em cinco repetições. Em seguida, as unidades experimentais foram armazenadas por 60 dias em câmara climática ajustada a  $30 \pm 1$  °C,  $60 \pm 5\%$  de umidade relativa e escotofase de 24 h. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus* por placa de Petri com cinco, dez e quinze dias depois da infestação de *R. dominica*. O ácaro *A. lacunatus* se mostrou susceptível às doses de enxofre. O número de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* apresentou uma tendência decrescente com o aumento das doses desse acaricida. Essa tendência também foi observada para o número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus*. No que se refere à taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus*, houve uma redução desta taxa com o aumento das doses de enxofre, e nas doses superiores a 0,30 mg i.a./g não ocorreu o desenvolvimento desse parasita. A susceptibilidade de *A. lacunatus* ao enxofre é importante, uma vez que não existia na literatura uma alternativa de controle desse parasita sobre criações de insetos.

PALAVRAS-CHAVE: Acarophenacidae, criação massal, *Rhyzopertha dominica*, acaricida

## Susceptibility of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) to Sulfur

ABSTRACT - The parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) is an important biocontrol agent of stored grain insects, but their presence in the grain mass for rearing these insect-pests is harmful. Hence this study was carried out with the purpose to evaluate the susceptibility of *A. lacunatus* to sulfur. The experimental units were Petri dishes (140 x 10 mm) containing 30 g of whole wheat grains (13% moisture content). Petri dishes were infested with 30 adults of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), with three to seven days-old. The treatments consisted of doses of powdered sulfur on wheat grains corresponding to 0.0, 0.15, 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 mg a.i./g, in five replicates. Soon after, all treatments were stored during 60 days in environmental chamber at  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  relative humidity and 24 h scotophase. Three inoculations of five adult females of *A. lacunatus* were carried out in each Petri dish at five, ten and fifteen days after the infestation of *R. dominica*. The mite *A. lacunatus* was susceptible to the different doses of sulfur. The number of eggs of *R. dominica* parasitized by *A. lacunatus* showed a decreasing tendency with the increase in sulfur of doses. Such tendency was also observed for the number of physogastric females of *A. lacunatus*. The mite showed a negative correlation of their instantaneous rate of increase with sulfur dose. In addition, there was no mite development at sulfur doses higher than 0.3 mg a.i./g. The susceptibility of *A. lacunatus* to sulfur is an important control alternative to this parasite mite in colonies of *R. dominica*.

KEY WORDS: Acarophenacidae, mass rearing, *Rhyzopertha dominica*, acaricide

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) vem se destacando como um potencial agente de controle biológico de coleópteros-praga de grãos armazenados (Oliveira *et al.* 2003). Esse ácaro parasita os ovos de seus hospedeiros em temperaturas de 18 a 40 °C, não permitindo o seu desenvolvimento (Faroni *et al.* 2001). A temperatura ótima para *A. lacunatus* é 30 °C, chegando a suprimir 90% dos ovos de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), num período de 23 dias após sua inoculação sobre populações de 25 adultos deste coleóptero (Gonçalves *et al.* 2001).

O primeiro relato de *A. lacunatus* interagindo com praga de grãos armazenados foi feito por Cross & Krantz (1964), que o coletaram em adultos do coleóptero *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens). Estudos mais aprofundados com *A. lacunatus* se iniciaram com a descoberta desse parasita sobre *R. dominica* (Faroni 1992). Recentemente, Oliveira *et al.* (2002, 2003) constataram que esse ácaro é capaz de parasitar ovos de *C. ferrugineus*, *Dinoderus minutus* (Fabricius) e *Tribolium castaneum* (Herbst).

O hospedeiro em que *A. lacunatus* melhor se desenvolve é o *R. dominica*, podendo alcançar até 12 gerações em um mês (Faroni *et al.* 2001). Uma das dificuldades de manipulação desse organismo é o fato de que dificilmente se conseguem criações massais de insetos (hospedeiros) sem a presença desse ácaro. Esse problema também é observado para o ácaro *Acarophenax tribolii* Newstead & Duvall sobre *Tribolium confusum* Duval e *T. castaneum* (Trivelli & Velázquez 1985, Arnaud *et al.* 1996) e para *Pyemotes tritici* (Lagrèze-Fossat & Montané) sobre *Sitotroga cerealella* (Olivier), *Acanthoscelides obtectus* Say e *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Navarro *et al.* 1983, Trivelli & Velázquez 1985, Hanks *et al.* 1992), os quais causam sérios danos às criações de insetos em laboratório.

Essa dificuldade de manter criações de insetos livres de ácaros também vem sendo observada em colônias de *Apis cerana* Fabricius, *Apis mellifera* Linnaeus e *Melipona*

*colimana* Ayala, que são atacadas por *Varroa jacobsoni* (Oudemans), *Varroa destructor* Anderson & Trueman e *P. tritici* (De Jong *et al.* 1982, Anderson & Truneman 2000).

Na tentativa de controlar a infestação de ácaros em criações massais de insetos, vários acaricidas já foram avaliados, principalmente, contra *Pyemotes* spp. (Navarro *et al.* 1983, Dinabandhoo & Dogra 1984), uma vez que esses ácaros também causam dermatites em seres humanos (Rosen *et al.* 2002). Estudos realizados por Hanks *et al.* (1992) constataram que o uso do enxofre reduziu a densidade de *P. tritici* e, conseqüentemente, aumentou a emergência de *P. semipunctata*. Já Arnaud *et al.* (1996), na busca de uma alternativa para eliminar o ácaro *A. tribolii* de criações massais de *T. castaneum*, fizeram uso de uma solução de 5% de formol sobre os adultos desse coleóptero e obtiveram mortalidade dos ácaros após um período de 10 h de exposição. No presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de enxofre sobre o potencial de parasitismo de *A. lacunatus*, visando a obtenção de criações massais de *R. dominica* livres da presença do parasita.

### **Material e Métodos**

**Criação de *R. dominica*.** O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri, contendo grãos de trigo, previamente expurgados, com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após a montagem das criações, tempo suficiente para que o inseto iniciasse a oviposição, e colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de adultos de *R. dominica* com idade conhecida.

**Criação de *A. lacunatus*.** Indivíduos de *A. lacunatus* foram obtidos de criações massais de *R. dominica* infestadas por esse parasita há mais de quatro anos. Este ácaro foi criado em populações de *R. dominica* a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h, porém em salas diferentes das criações de *R. dominica* isentas do ácaro, para evitar a contaminação.

**Exposição de *A. lacunatus* ao Enxofre.** As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida), infestados com 30 adultos não-sexados de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram na utilização de doses de enxofre em pó (grau de pureza 99%) sobre grãos de trigo correspondentes a 0,00; 0,15; 0,30; 0,60; 0,90 e 1,20 mg do ingrediente ativo (i.a.)/g, em cinco repetições. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus* por placa de Petri com cinco, dez e quinze dias após a infestação de *R. dominica*, período suficiente para que a praga colocasse os primeiros ovos. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar que os insetos e os ácaros escapassem e também para prevenir uma possível contaminação com indivíduos de outras espécies. Em cada placa, foram feitos três furos com alfinete entomológico no filme de PVC, de maneira a permitir uma melhor troca de ar com o meio externo. Todos os tratamentos foram armazenados por 60 dias em câmara climática ajustada a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h.

Após o período de armazenamento, avaliaram-se as populações de *R. dominica* inoculadas com o ácaro e a massa de grãos de trigo presentes por placa. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os insetos dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas

(ovos e larvas) de *R. dominica* e ácaros. Em seguida, procedeu-se à determinação da perda de massa dos grãos de trigo (%), através da alteração da massa com o término do experimento, e à contagem do número de insetos adultos de *R. dominica*. Para quantificar o número de ovos de *R. dominica* parasitados ou não por *A. lacunatus*, de fêmeas desse ácaro em processo de fisogastria e de larvas de 1º instar de *R. dominica*, foi analisado o resíduo da massa de grãos com auxílio de microscópio estereoscópico.

A taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus* ( $r_i$ ) foi calculada usando a equação:  $r_i = [\ln(N_f / N_0)] / t$ ; onde  $N_f$  = número final de ácaros vivos;  $N_0$  = número inicial de ácaros vivos;  $t$  = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997).

Os dados avaliados foram submetidos à análise de regressão, com exceção da taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *A. lacunatus* e da perda de massa dos grãos de trigo cujas médias foram comparadas pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

## Resultados e Discussão

O ácaro *A. lacunatus* mostrou-se susceptível às doses de enxofre. Observa-se que o número de ovos de *R. dominica* parasitados por *A. lacunatus* apresentou uma tendência decrescente com o aumento da dose desse acaricida ( $F_{2,27} = 257,75$ ;  $P < 0,001$ ) (Fig. 1). Essa tendência também foi observada para o número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* ( $F_{2,27} = 100,93$ ;  $P < 0,001$ ) (Fig. 1). Nota-se que nas doses acima de 0,30 mg i.a./g não houve sobrevivência desse parasita (Fig. 1). Resultados semelhantes foram observados por Hanks et al. (1992), quando utilizaram 500 mg de enxofre sobre o ácaro *P. tritici*. O uso do enxofre na prevenção e/ou controle de ácaros é uma prática que já vem sendo empregada há vários anos em condições de campo (Jeppson et al. 1975). Em criações massais de insetos, esse acaricida vem se destacando, uma vez que pode

conferir proteção contra o ataque de ácaros e não afetar a longevidade e fecundidade dos insetos (Hanks *et al.* 1992).

As dificuldades para se prevenir infestação de ácaros em criações massais de insetos são decorrentes da inexistência de produtos registrados para esse fim. No entanto, pesquisadores vêm tentando adaptar produtos recomendados para outras espécies de ácaros em culturas ou em produtos armazenados para o controle desses organismos em criações de insetos (Dinabandhoo & Dogra 1984, Hanks *et al.* 1992).

Uma vez notada a infestação de ácaros em criações de insetos em laboratório, seu controle é praticamente impossível, sendo, às vezes, necessário descartar tais criações. Com isso, a prevenção da infestação é de suma importância (Flechtmann & Zem 2002). Algumas espécies de ácaros que atacam colônias de insetos em laboratório podem ser controladas através da limpeza e higienização das salas de criação, dos equipamentos e de materiais utilizados para multiplicação desses organismos, uma vez que podem existir focos de infestação de ácaros nesses locais (Navarro 1993).

Doses de enxofre inferiores a 0,30 mg i.a./g apresentaram efeito subletal no ácaro *A. lacunatus*. Isso foi constatado através da tendência decrescente do número de fêmeas fisogástricas desse ácaro e do número de ovos de *R. dominica* parasitados, com o aumento da dose de 0,15 para 0,30 mg i.a./g. Esse efeito subletal também foi observado para *P. tritici*, quando, após a aplicação do enxofre, o número médio de ácaros infestando *P. semipunctata* foi reduzido significativamente de 39±12 para 2,9±1,2 (Hanks *et al.* 1992). Existem evidências de que o enxofre também causa efeitos subletais sobre espécies de *Trichogramma* spp. e *Podisus nigrispinus* (Dallas), os quais apresentam seu potencial de parasitismo e de predação reduzido com a utilização desse acaricida (Thomson *et al.* 2000, Torres *et al.* 2002).

No que se refere à taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus*, também foi observada diferença significativa com a utilização do enxofre ( $F_{5,24} = 144,34$ ;  $P <$

0,001) (Fig. 2). Nas doses acima de 0,30 mg i.a./g, não houve desenvolvimento desse parasita. Porém, *A. lacunatus* se desenvolveu nas doses de 0,15 e 0,30 mg i.a./g desse acaricida sobre grãos de trigo, constatado pela taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de  $0,035 \pm 0,001$  e  $0,006 \pm 0,004$ , respectivamente (Fig. 2). Resultados semelhantes foram observados por Gonçalves et al. (2004) no desenvolvimento de *A. lacunatus* sobre grãos de trigo tratados com bifentrina. Essa resistência pode estar relacionada ao elevado número de gerações dessa espécie num curto período de tempo (12 gerações mensais a 30 °C) (Faroni et al. 2001).

O número de ovos ( $F_{1,28} = 339,56$ ;  $P < 0,001$ ) e larvas ( $F_{1,28} = 241,40$ ;  $P < 0,001$ ) de *R. dominica* apresentou uma tendência crescente com o aumento das doses de enxofre (Fig. 3). Isto se deve ao potencial de parasitismo de ovos de *R. dominica* pelo ácaro *A. lacunatus*, nas menores doses desse acaricida.

No período estudado, não houve diferença significativa em relação ao número de adultos de *R. dominica* ( $F_{5,24} = 1,51$ ;  $P = 0,23$ ), porém, foi observada diferença significativa para a perda de massa dos grãos de trigo ( $F_{5,24} = 6,71$ ;  $P < 0,001$ ), embora a menor perda só tenha ocorrido na ausência do acaricida.

Na ausência do enxofre, *A. lacunatus* proporcionou os menores números de ovos e larvas de *R. dominica* e, conseqüentemente, a menor perda de massa dos grãos de trigo. Para doses de 0,90 a 1,20 mg i.a./g de enxofre, também se observou uma redução no número de ovos de *R. dominica*. Admite-se que essa redução pode ter sido ocasionada pelo uso desse acaricida, uma vez que nesta faixa de dose, *A. lacunatus* não sobreviveu. Este fato foi relatado por Ware (1994), ao mencionar que o enxofre, embora seja um acaricida, pode afetar o desenvolvimento dos insetos.

Como observado neste estudo, *A. lacunatus* se mostrou susceptível ao enxofre. Esse resultado é relevante, uma vez que não existe na literatura uma alternativa para o controle desse parasita em criações massais de insetos. Todavia, altas doses desse

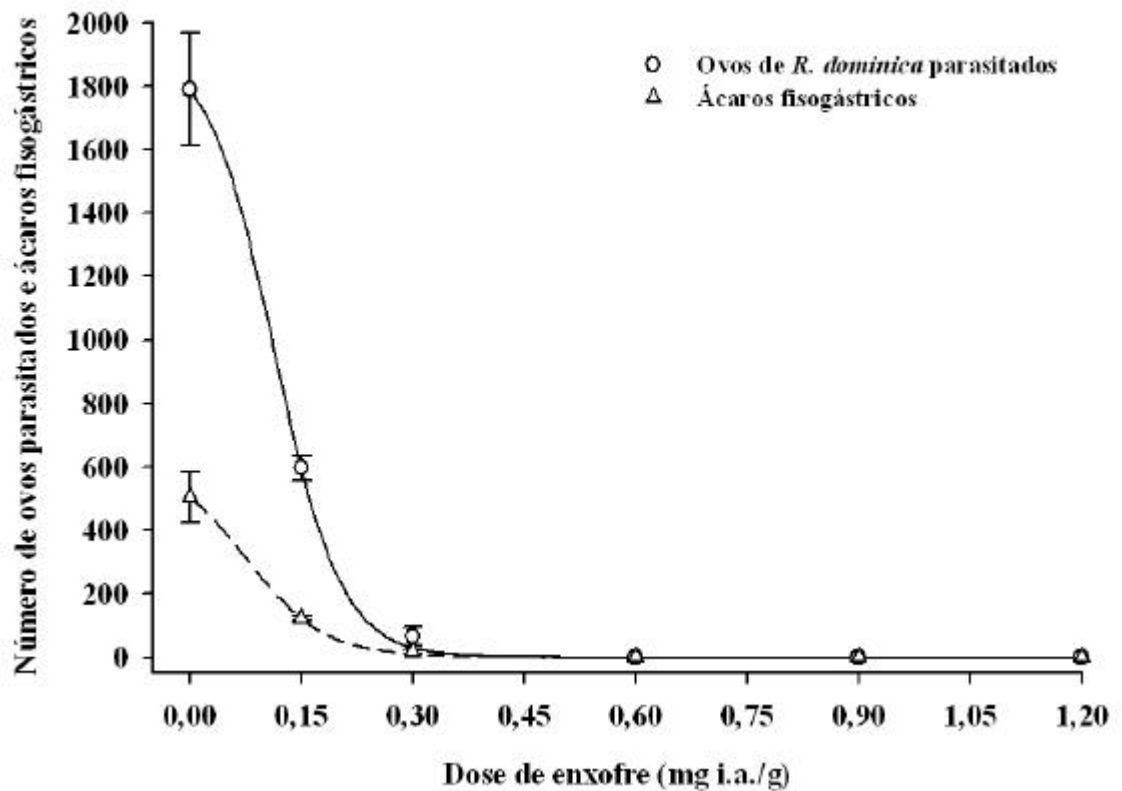
acaricida também podem afetar o desenvolvimento do hospedeiro. Nesse sentido, estudos utilizando *R. dominica* associado a diferentes doses de enxofre, sem o ácaro, devem ser realizados com o intuito de obter a dose desse acaricida que elimine o parasita e não influencie a biologia do hospedeiro.

### Literatura Citada

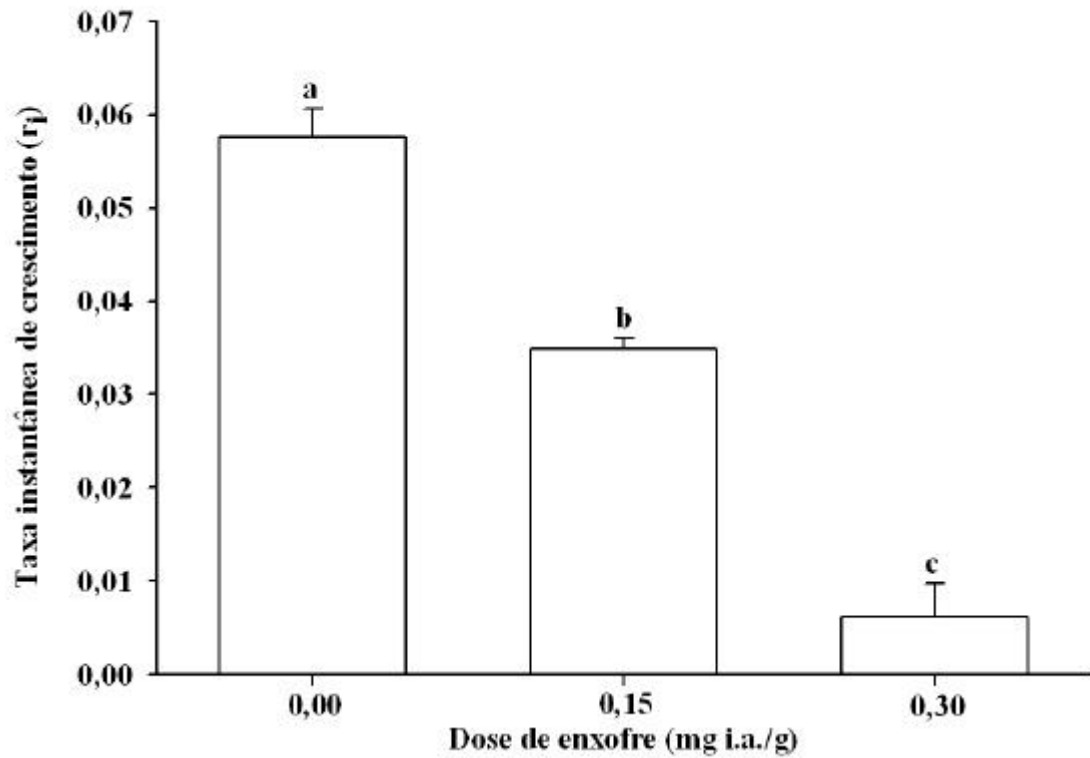
- Anderson, D.L. & J.W.H. Trueman. 2000.** *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. Exp. Appl. Acarol. 24: 165-189.
- Arnaud, L., J. Mignon, J.C. Gilson & E. Haubruge. 1996.** A simple technique to relieve *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Acarophenax tribolii* (Acarina: Pyemotidae), p.86-87. In Material contributed by workers on *Tribolium* and other coleoptera, School of Natural Sciences: California State University, San Bernadino, California. (Information Bulletin)
- Cross, E.A. & G.W. Krantz. 1964.** Two new species of the genus *Acarophenax* Newstead and Durvall 1918 (Acarina: Pyemotidae). Acarologia 6: 287-295.
- De Jong, D.D., R.A. Morse & G.C. Eickwort. 1982.** Mite pests of honey bees. Annu. Rev. Entomol. 27: 229-252.
- Dinabandhoo, C.L. & G.S. Dogra. 1984.** Incidence and control of ectoparasitic mite, *Pyemotes herfsi* Ondenmans of the Indian honeybee, *Apis cerana* Fab. Am. Bee J. 120: 44-47.
- Faroni, L.R.A. 1992.** Biología y control del gorgojo de los granos *Rhyzopertha dominica* (F.). Tese D.Sc., Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, Espanha.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001.** Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Biocontrol Sci. Tech. 11: 7-14.

- Flechtmann, C.H.W. & A.C. Zem. 2002.** Ácaros de produtos armazenados, p. 807-856. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), Armazenagem de grãos, Instituto Bio Geneziz: Campinas, 983p.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2001.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Eng. Agric. 9: 242-250.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33: 243-248.
- Hanks, L.M., J.S. McCelfresh, J.G. Millar & T.D. Paine. 1992.** Control of the straw itch mite (Acari: Pyemotidae) with sulfur in an insect rearing facility. J. Econ. Entomol. 85: 683-686.
- Jeppson, L.R., H.H. Keifer & E.W. Baker. 1975.** History of chemical control and mite resistance to acaricides, p. 47-61. In L.R. Jeppson, H.H. Keifer & E.W. Baker (eds.), Mites injurious to economic plants. University of California Press, Berkley, USA, 614p.
- Navarro, R., C. Luna & C. Juarez. 1983.** Prueba de diferentes substratos para la cria masiva de *Sitotroga cerealella*. Agron. Trop. 33: 111-121.
- Navarro, M.A. 1993.** El *Trichogramma* spp.: producción, uso y manejo en Colombia, Palmira, ICA., 184p.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. Biocontrol 48: 503-513.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes, A. Pallini & J.R. Gonçalves. 2002.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata:

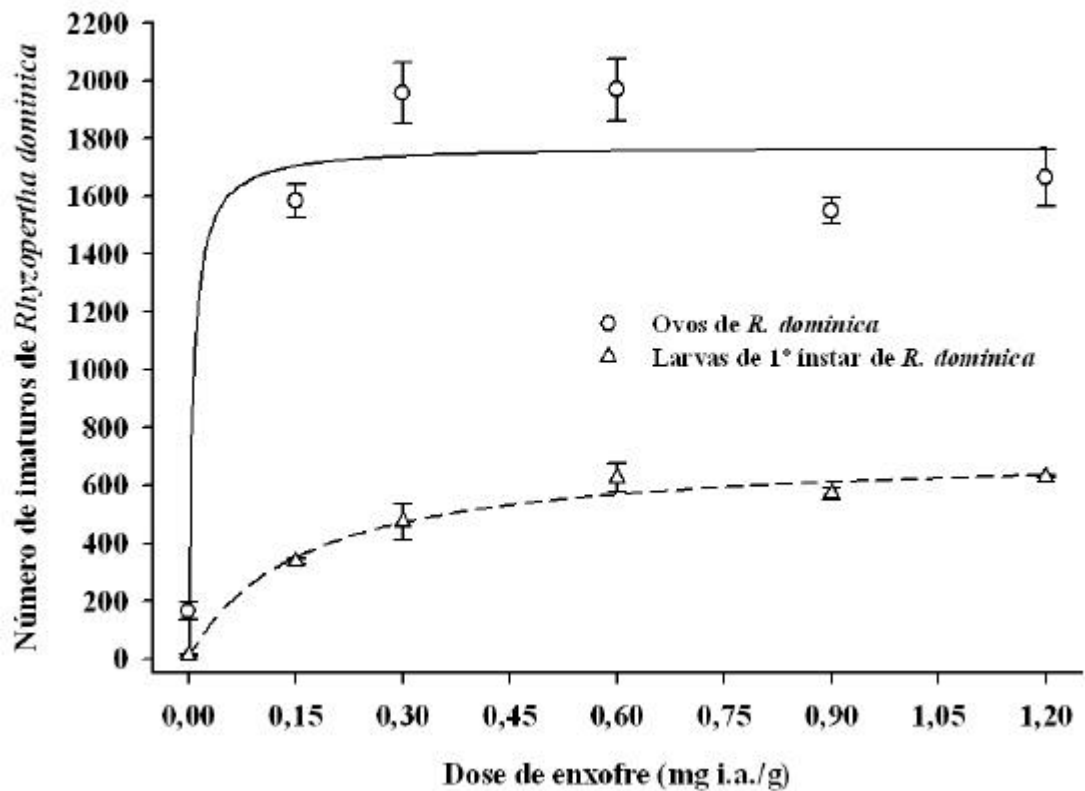
- Acarophenacidae) sobre *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae).  
Neotrop. Entomol. 31: 245-248.
- Rosen, S., I. Yeruham & Y. Braverman. 2002.** Dermatitis in humans associated with the mites *Pyemotes tritici*, *Dermanyssus gallinae*, *Ornithonyssus bacoti* and *Androlaelaps casalis* in Israel. Med. Vet. Entomol. 16: 442-444.
- Thomson, L.J., D.C. Glenn & A.A. Hoffmann. 2000.** Effects of sulfur on *Trichogramma* egg parasitoids in vineyards: measuring toxic effects and establishing release windows. Australian J. Exp. Agric. 40: 1165-1171.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres, M.R. Silva & J.F. Ferreira. 2002.** Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. Neotrop. Entomol. 31: 311-317.
- Trivelli, H.Dell'O. & C.J.A. Velásquez. 1985.** Insectos que dañan granos y productos almacenados, FAO/RLAC, Santiago, Chile, 142p.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.
- Ware, G.W. 1994.** Insecticide, p. 41-74. In The pesticide book, Thomson Publications.



**Figura 1.** Número de ovos de *R. dominica* parasitados e ácaros fisogástricos de *A. lacunatus* em função de doses de enxofre aplicadas em grãos de trigo, após 60 dias de armazenamento a  $30 \pm 1$  °C,  $60 \pm 5\%$  de UR e 24 h de escotofase. ([ ]  $y = 1933,27/(1+\exp(-(x-0,11)/-0,04))$ ;  $F_{2,27} = 257,75$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,95$ ) ([---]  $y = 627,22/(1+\exp(-(x-0,08)/-0,05))$ ;  $F_{2,27} = 100,93$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,88$ ).



**Figura 2.** Taxa instantânea de crescimento de *A. lacunatus* em função de doses de enxofre aplicadas em grãos de trigo, após 60 dias de armazenamento a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  de UR e 24 h de escotofase. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.



**Figura 3.** Efeito de doses de enxofre aplicadas em grãos de trigo sobre o potencial de *A. lacunatus* na redução do número de ovos e larvas de *R. dominica*, após 60 dias de armazenamento a  $30 \pm 1$  °C,  $60 \pm 5\%$  de UR e 24 h de escotofase. ([ ]  $y = 1787,73 \cdot x / (0,55 + x)$ ;  $F_{1,28} = 339,55$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,92$ ); ([---]  $y = 716,93 \cdot x / (5,20 + x)$ ;  $F_{2,28} = 241,40$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,90$ ).

### Susceptibilidade de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) ao Enxofre

JOSÉ ROBERTO GONÇALVES <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36570-000, Brasil, e-mail: goncalves\_mip@hotmail.com

RESUMO - As criações de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) são freqüentemente infestadas por diversas espécies de ácaros como o parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz), que, por ser um importante inimigo natural desse coleóptero, vem trazendo limitações para sua criação. Nesse sentido, realizou-se este trabalho com a finalidade de avaliar a compatibilidade de um acaricida eficaz contra *A. lacunatus* e não prejudicial a *R. dominica*. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri (140 x 10 mm), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. Os grãos foram infestados com 30 adultos de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram na utilização de doses de enxofre em pó sobre grãos de trigo correspondentes a 0,0; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 3,0; 6,0; 12,0; 24,0 e 48,0 mg i.a./g, em 10 repetições. Em seguida, as unidades experimentais foram armazenadas por 60 dias em câmara climática ajustada a 30±1 °C, 60±5% UR e escotofase de 24 h. O desenvolvimento de *R. dominica* foi afetado pela utilização de doses de enxofre maiores que 3,0 mg i.a./g. Isto foi observado através da tendência decrescente do número de adultos vivos, da taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) e das fases imaturas (ovos e larvas de primeiro ínstar) desse coleóptero. No entanto, entre as doses de 0,6 e 3,0 mg i.a./g de enxofre, o crescimento da população de *R. dominica* não foi afetado. Com essa metodologia, torna-se possível prevenir e/ou controlar a infestação do ácaro *A. lacunatus*, sem afetar o desenvolvimento de *R. dominica*.

PALAVRAS-CHAVE: Bostrichidae, Acarophenacidae, acaricida, enxofre

## Susceptibility of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) to Sulfur

ABSTRACT - The laboratory rearing of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) is frequently infested by several species of mites, as the parasite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz), which is an important natural enemy of *R. dominica*. Thus, this mite species have been causing problems for mass rearing of this pest. Hence, this experiment was carried out to evaluate the compatibility of sulfur, an effective acaricide, against *A. lacunatus*, on rearing of *R. dominica*. The experimental units were Petri dishes (140 x 10 mm) containing 30 g of whole wheat grains (13% water content) powdered with the different doses of the sulfur (0.0, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 3.0, 6.0, 12.0, 24.0 and 48.0 mg a.i./g) infested with 30 adults of *R. dominica*, in ten replicates. All treatments were maintained under controlled conditions ( $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  r.h. and 24 h scotophase) for 60 days after the insect infestation. Sulfur doses higher than 3.0 mg a.i./g negatively affected *R. dominica* development, by decreasing the number of adults, the instantaneous rate of increase ( $r_i$ ) and the number of immature forms (eggs and first instar larvae). Between Among the doses 0.6 to 3.0 mg a.i./g of sulfur however, the population growth of *R. dominica* was not affected. Our results suggest that, under small doses of sulfur, it is possible to prevent or to control the infestation of the mite *A. lacunatus* without significantly affecting the development of *R. dominica*.

KEY WORDS: Bostrichidae, Acarophenacidae, acaricide, sulfur

A criação de insetos-praga em condições de laboratório é uma prática corriqueira e de suma importância para seu estudo (Parra 2002). Além disso, algumas dessas espécies, como *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) são utilizadas para multiplicação de inimigos naturais, como por exemplo, do parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz). No entanto, quando se pretende fazer criações desse coleóptero livres desse ácaro, surge uma série de dificuldades devido à elevada capacidade de infestação de *A. lacunatus* (Gonçalves *et al.* 2002, 2004).

As criações de insetos em laboratório estão sujeitas a contaminações por ácaros, microorganismos ou até mesmo por outras espécies de insetos que não se pretende multiplicar (Arnaud *et al.* 1996, Parra 1997). Essas complicações se agravam ainda mais, à medida que se aumenta o número de insetos produzidos. Com isso, o monitoramento constante das criações se faz necessário para que seja possível direcionar uma decisão por parte do laboratorista, a fim de garantir a qualidade e/ou proteção dos organismos criados.

A limpeza das salas de multiplicação de insetos e o monitoramento das condições climáticas desses ambientes são importantes para a prevenção de contaminações nas criações (Parra 1997, Flechtmann & Zem 2002). Existem situações em que se torna necessária a utilização de produtos químicos para proteger criações de insetos contra o ataque de ácaros parasitas, uma vez que esses organismos se multiplicam em grande número sobre essas criações, podendo causar sérios prejuízos e até a perda da cultura (Navarro *et al.* 1983, Nogueira-Neto 1997, Hassan 1997, Haji *et al.* 2002).

O uso de pesticidas sobre criações de insetos requer estudos prévios para avaliar a compatibilidade desses produtos com os organismos a serem multiplicados. Navarro *et al.* (1983) observaram que o uso do acaricida Galecron 50 CE (clordimeform) não permitiu que larvas de *Sitotroga cerealella* (Olivier) penetrassem nos grãos de trigo. Verificaram também que o uso do produto Kelthane 18,5 CE (dicofol) não resultou em

diferença significativa em relação à testemunha, não tendo afetado a população de insetos adultos. Resultados semelhantes foram observados por Hanks *et al.* (1993), utilizando enxofre sobre colônias de *Phoracantha semipunctata* (Fabricius), mantendo-as protegidas da infestação do parasita *Pyemotes* spp., sem afetar a criação desse coleóptero.

Estudos de laboratório demonstraram que o uso do enxofre é eficiente no controle de *A. lacunatus*. Ao se selecionar um acaricida para utilização sobre criações de insetos, deve-se lembrar que esta substância não pode afetar o organismo que se deseja multiplicar. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses de enxofre sobre o desenvolvimento de *R. dominica*.

### **Material e Métodos**

**Criação de *R. dominica*.** O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri contendo grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após a montagem das criações, tempo suficiente para que o inseto iniciasse a oviposição, e colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de adultos de *R. dominica* com idade conhecida.

**Exposição de *R. dominica* ao Enxofre.** As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u., infestados com 30 adultos não-sexados de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram na utilização de doses de enxofre

em pó (grau de pureza 99%) sobre grãos de trigo correspondentes a 0,0; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 3,0; 6,0; 12,0; 24,0 e 48,0 mg do ingrediente ativo (i.a.)/g, em 10 repetições. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar a fuga dos insetos. Em cada placa, foram feitos três furos com alfinete entomológico no filme de PVC, de maneira a permitir uma melhor troca de ar com o meio externo. Todos os tratamentos foram armazenados por 60 dias em câmara climática ajustada nas mesmas condições dadas para a criação em laboratório.

Após o período de armazenamento, as populações de *R. dominica* e a massa de grãos de trigo foram avaliadas. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os insetos dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas (ovos e larvas) de *R. dominica*. Em seguida, procedeu-se à determinação da perda de massa dos grãos de trigo (%) através da alteração da massa com o término do experimento e à contagem do número de adultos vivos de *R. dominica*. Para quantificar o número de ovos e larvas de primeiro ínstar de *R. dominica*, foi analisado o resíduo da massa de grãos com o auxílio de microscópio estereoscópico.

A taxa instantânea de crescimento de *R. dominica* ( $r_i$ ) foi calculada usando a equação:  $r_i = [\ln(N_f / N_0)] / t$ ; onde  $N_f$  = número final de insetos vivos;  $N_0$  = número inicial de insetos vivos;  $t$  = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997).

Para avaliar o efeito de diferentes doses de enxofre sobre o desenvolvimento de *R. dominica*, foi realizada análise de regressão. A perda de massa dos grãos de trigo e o número de adultos de *R. dominica*, assim como o número de ovos e larvas desse coleóptero foram comparados por análise de correlação de Pearson.

## Resultados

O número de adultos vivos de *R. dominica* apresentou diferença significativa para doses de enxofre utilizadas ( $F_{11;108} = 21,97$ ;  $P < 0,001$ ) (Fig. 1) e correlação positiva para perda de massa dos grãos de trigo ( $r = 0,85$ ;  $P = 0,0001$ ). Nas doses de enxofre maiores que 3,0 mg i.a./g, houve tendência decrescente mais acentuada do número de adultos vivos desse coleóptero (Fig. 1). Esta tendência também foi observada para a taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) de *R. dominica* ( $F_{11;108} = 20,37$ ;  $P < 0,001$ ) (Fig. 2), mas, entre as doses de 0,6 a 3,0 mg i.a./g de enxofre, o crescimento da população de *R. dominica* não foi afetado.

No que se refere ao número de ovos de *R. dominica*, também foi observada diferença significativa com a utilização do enxofre ( $F_{11;108} = 67,50$ ;  $P < 0,001$ ) e correlação positiva com o número de larvas de primeiro ínstar desse inseto ( $r = 0,51$ ;  $P = 0,0001$ ). As doses de enxofre menores que 3,0 mg i.a./g não afetaram as proporções de imaturos de *R. dominica* (Fig. 3).

## Discussão

Neste trabalho, buscaram-se, por meio da utilização do enxofre, doses que não prejudicassem o desenvolvimento de *R. dominica*. Nota-se, de maneira geral, que o uso de doses abaixo de 3,0 mg i.a./g não afetou as criações desse coleóptero. Isto é importante, uma vez que já foi constatada a susceptibilidade do ácaro parasita *A. lacunatus* ao enxofre (Capítulo 1), podendo-se obter criações de *R. dominica* livres da infestação desse ácaro. Resultados semelhantes foram observados para *P. semipunctata* e *S. cerealella*, que foram protegidas da infestação de *Pyemotes* spp. por meio da utilização do enxofre e dicofol, respectivamente (Navarro *et al.* 1983, Hanks *et al.* 1993).

As criações massais de insetos em laboratório estão sujeitas a infestações por diversos tipos de pragas, ou seja, outras espécies de insetos que não se pretende multiplicar, ácaros e microrganismos (Arnaud *et al.* 1996, Parra 1997). Assim, devem ser tomadas medidas de higiene para todos os equipamentos utilizados na multiplicação dos insetos, assepsia na preparação de dietas artificiais ou, quando a dieta for natural (grãos), deve-se ter o cuidado com o seu teor de água. Além disso, antes de se iniciar uma criação de insetos, os grãos devem passar por um tratamento curativo (fumigação) e a temperatura e umidade relativa do ambiente devem ser monitoradas de modo que sejam desfavoráveis ao desenvolvimento de ácaros e microrganismos (Navarro 1993, Flechtmann & Zem 2002). Mesmo tomando todos esses cuidados, *A. lacunatus* infesta as criações de *R. dominica* devido ao fato de este ácaro apresentar exigências climáticas semelhantes ao seu hospedeiro. Somando-se a isso, *A. lacunatus* apresenta elevada capacidade de dispersão, podendo deslocar-se por longas distâncias (Faroni *et al.* 2001). Desta forma, torna-se necessário o uso de um acaricida que seja eficaz contra *A. lacunatus* e não influencie o desenvolvimento de *R. dominica*.

O uso de produtos químicos sobre criações de insetos é uma ferramenta indispensável em determinadas situações. Uma das dificuldades para esse manejo é a inexistência de produtos registrados para esse fim. Embora já existam alguns produtos recomendados, poucos estudos retratam seus efeitos sobre as criações de insetos (Navarro *et al.* 1983, Dinabandhoo & Dogra 1984).

O uso do enxofre, apesar de apresentar pouco efeito sobre os insetos, vem demonstrando eficácia sobre ácaros, há vários anos (Hanks *et al.* 1992, Ware 1994). Entretanto, como visto neste estudo, doses elevadas desse acaricida podem causar reduções no número de adultos e imaturos de *R. dominica* e, conseqüentemente, um menor incremento populacional desses organismos. Resultados semelhantes foram observados por outros pesquisadores, que constataram um efeito deletério do enxofre

sobre *Trichogramma* spp. (Navarajan 1986, Thomson *et al.* 2000) e *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Torres *et al.* 2002). Esses resultados demonstram que, embora o enxofre seja um acaricida importante para ser utilizado em criações de insetos, deve-se ter cuidado com a dosagem desse produto, uma vez que pode causar prejuízos para os insetos que se deseja criar.

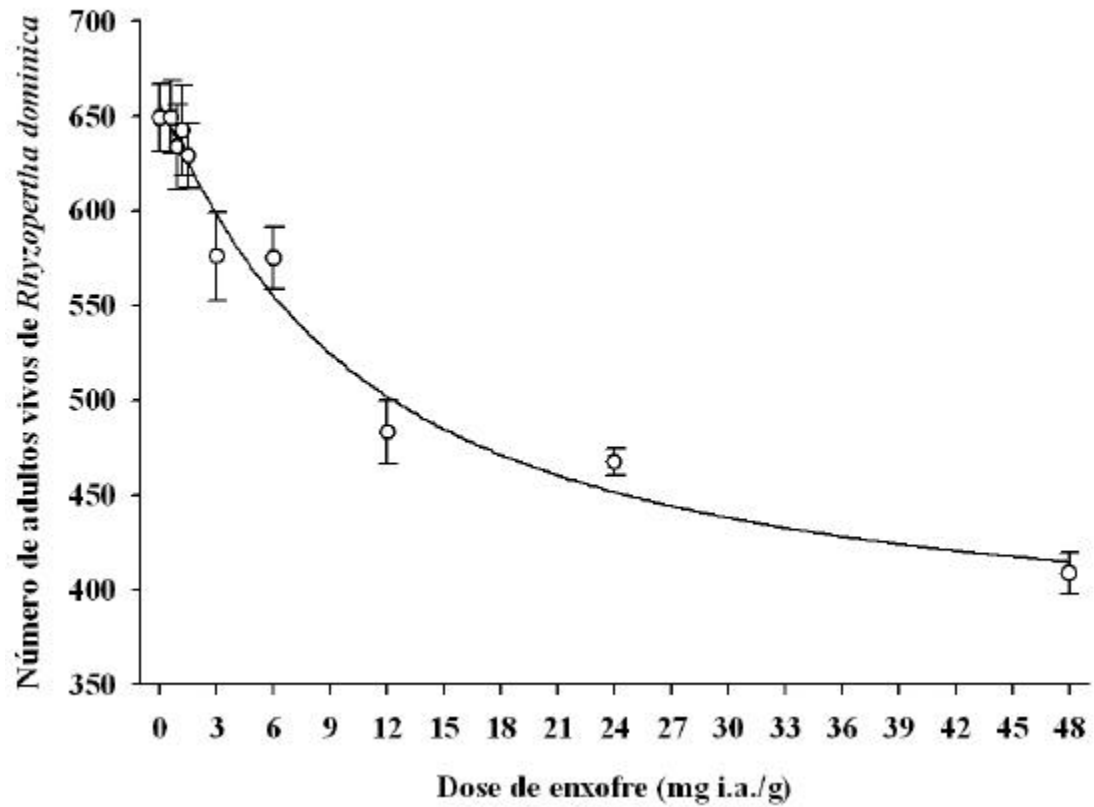
O monitoramento da evolução de pragas em criações de insetos é de fundamental importância, pois permite detectar o início da infestação e direcionar a tomada de decisão por parte do pesquisador, a fim de garantir a qualidade e a proteção dos organismos criados. Neste estudo, encontrou-se uma alternativa simples e barata para prevenir e/ou controlar a infestação do ácaro *A. lacunatus*, sem afetar o desenvolvimento de *R. dominica*. Para isso, devem ser utilizadas doses de enxofre entre 0,6 e 3,0 mg i.a./g, uma vez que em doses abaixo de 0,6 mg/g o ácaro pode se desenvolver e as doses acima de 3,0 mg i.a./g influenciam negativamente o desenvolvimento de *R. dominica*.

#### Literatura Citada

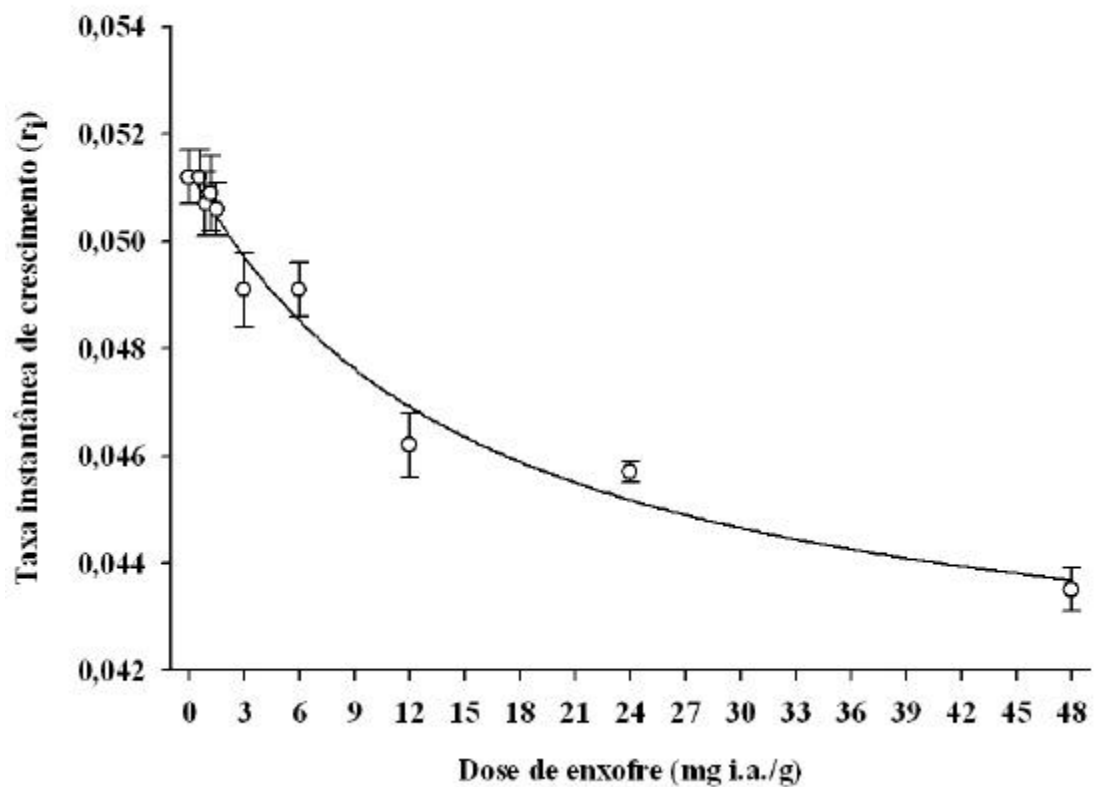
- Arnaud, L., J. Mignon, J.C. Gilson & E. Haubruge. 1996.** A simple technique to relieve *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Acarophenax tribolii* (Acarina: Pyemotidae), p.86-87. In Material contributed by workers on *Tribolium* and other coleoptera, School of Natural Sciences: California State University, San Bernadino, California. (Information Bulletin)
- Dinabandhoo, C.L. & G.S. Dogra. 1984.** Incidence and control of ectoparasitic mite, *Pyemotes herfsi* Ondenmans of the Indian honeybee, *Apis cerana* Fab. Am. Bee J. 120: 44-47.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001.** Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz)

- (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 11: 7-14.
- Flechtmann, C.H.W. & A.C. Zem. 2002.** Ácaros de produtos armazenados, p. 807-856. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), *Armazenagem de grãos*, Instituto Bio Geneziz: Campinas, 983p.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2002.** Pyrethroid-*Acarophenax lacunatus* interaction in suppressing the beetle *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. *Exp. Appl. Entomol.* 26: 231-242.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 243-248.
- Haji, F.N.P., L. Prezotti, J.S. Carneiro & J.A. Alencar. 2002.** *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial, p. 477-494. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), *Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores*. São Paulo, Manole.
- Hanks, L.M., J.S. McCelfresh, J.G. Millar & T.D. Paine. 1992.** Control of the straw itch mite (Acari: Pyemotidae) with sulfur in an insect rearing facility. *J. Econ. Entomol.* 85: 683-686.
- Hanks, L.M., J.S. Mcelfresh, J.G. Millar & T.D. Paine. 1993.** *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae), a serious pest of *Eucalyptus* in California: Biology and laboratory rearing procedures. *Annu. Entomol. Soc. Am.* 86: 96-102.
- Hassan, S.A. 1997.** Criação da traça do milho, *Sitotroga cerealella*, para a produção massal de *Trichogramma*, p. 152-182. In J.R.P. Parra & R.A. Zucchi. (eds.), *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba: FEALQ, 324p.

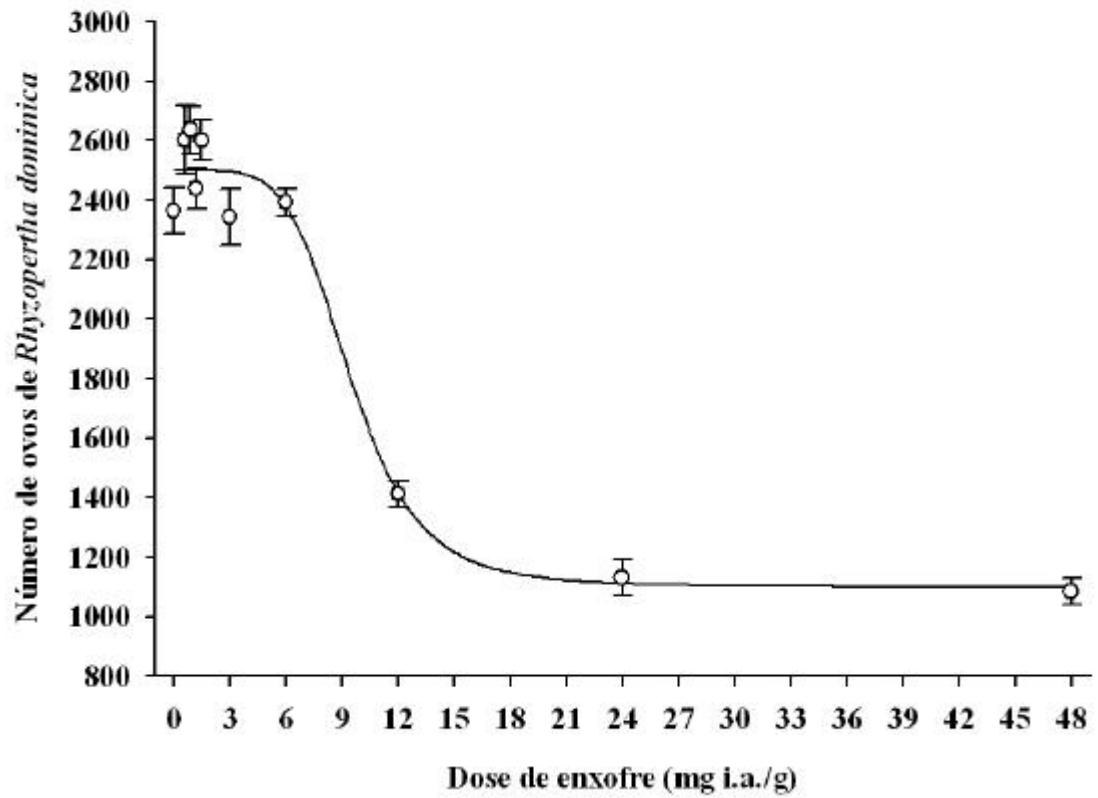
- Navarajan, P. 1986.** Toxicity of different pesticides to parasitoids of the genus *Trichogramma*, p. 423-432. In J. Voegelé, J. Waage, S. Van Lenteren (eds.), *Trichogramma* and other egg parasitoids. (Les Colloques de l'INRA: Guangzhou, China)
- Navarro, R., C. Luna & C. Juárez. 1983.** Prueba de diferentes substratos para la cría masiva de *Sitotroga cerealella*. Agron. Trop. 33: 111-121.
- Navarro, M.A. 1993.** El *Trichogramma* spp.: producción, uso y manejo en Colombia, Palmira, ICA., 184p.
- Nogueira-Neto, P. 1997.** Vida e criação de abelhas sem ferrão. Editora Nogueirapis. 446p.
- Parra, J.R.P. 1997.** Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*, p. 121-150. In J.R.P. Parra & R.A. Zucchi (eds.), *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Piracicaba: FEALQ, 324p.
- Parra, J.R.P. 2002.** Criação massal de inimigos naturais, p. 143-164. In J.R.P. Parra, P.S.M. Botelho, B.S. Corrêa-Ferreira & J.M.S. Bento (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo, Manole.
- Thomson, L.J., D.C. Glenn & A.A. Hoffmann. 2000.** Effects of sulfur on *Trichogramma* egg parasitoids in vineyards: measuring toxic effects and establishing release windows. Aust. J. Exp. Agric. 40: 1165-1171.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva-Torres, M.R. Silva & J.F. Ferreira. 2002.** Compatibilidade de inseticidas e acaricidas com o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em algodoeiro. Neotrop. Entomol. 31: 311-317.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.
- Ware, G.W. 1994.** Insecticide, p. 41-74. In The pesticide book, Thomson Publications.



**Figura 1.** Número de adultos de *R. dominica* desenvolvidos sobre grãos de trigo tratados com diferentes doses de enxofre. [y = 369,20+(654,96-369,20)/(1+(x/10,53)^1,10); r<sup>2</sup> = 0,68; F<sub>3;96</sub> = 68,60; P < 0,001].



**Figura 2.** Taxa instantânea de crescimento de *R. dominica* sobre grãos de trigo tratados com diferentes doses de enxofre. [ $y = 0,0413 + (0,0514 - 0,0413) / (1 + (x/15,19)^{1,01})$ ;  $r^2 = 0,69$ ;  $F_{3;96} = 70,92$ ;  $P < 0,001$ ].



**Figura 3.** Número de imaturos de *R. dominica* desenvolvidos sobre grãos de trigo tratados com diferentes doses de enxofre.  $[y = 1100,25 + (2499,39 - 1100,25) / (1 + (x/9,48)^{5,21}); r^2 = 0,86; F_{3;96} = 197,35; P < 0,001]$ .

#### **Desenvolvimento de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) Associado a Deltametrina e ao Ácaro Parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz)**

**JOSÉ ROBERTO GONÇALVES <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36571-000, Brasil, e-mail: goncalves\_mip@hotmail.com

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a associação do inseticida deltametrina com o ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) sobre o desenvolvimento de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). Para o ensaio, utilizaram-se grãos de trigo com 13% de teor de água, tratados com diferentes doses de deltametrina (0,00; 0,125; 0,25; 0,375; 0,50; 0,625; 0,75; 0,875 e 1,00 mg i.a./kg). As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm, contendo 30 g de grãos tratados ou não com o inseticida, infestados com 30 adultos de *R. dominica*. Cinco dias depois da infestação, foram inoculados cinco ácaros parasitas por unidade experimental, em sete repetições. Todas as unidades experimentais foram armazenadas por 60 dias em câmara climática ajustada a 30±1 °C, 60±5% UR e escotofase de 24 h. Neste estudo, observou-se que o aumento das doses de deltametrina favoreceu uma tendência decrescente no número de adultos de *R. dominica*. A taxa instantânea de crescimento desse coleóptero apresentou índices negativos para as doses maiores que 0,25 mg i.a./kg. A interação entre as doses de deltametrina e *A. lacunatus* proporcionou os menores números de ovos e larvas de *R. dominica*. Isto pode refletir-se numa maior proteção dos grãos de trigo em períodos de armazenamento maiores que 60 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Acarophenacidae, piretróide, manejo integrado de pragas

Development of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) Associated with Deltamethrin and  
the Parasitic Mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz)

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the association of the insecticide deltamethrin with the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) on the development of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). The experimental units were Petri dishes (140 x 10 mm) containing 30 g of whole wheat grains (13% moisture content) sprayed with different doses of deltamethrin (0.00, 0.125, 0.25, 0.375, 0.50, 0.625, 0.75, 0.875 and 1.00 mg a.i./kg) infested with 30 adults of *R. dominica*. Five days after the infestation, five mites were inoculated on each experimental unit, in seven replicates. All treatments were maintained under controlled conditions (30±1 °C, 60±5% r.h. and 24 h scotophase) for 60 days after the insect infestation. Higher deltamethrin doses led to lower number of adults of *R. dominica*. The instantaneous rate of increase of *R. dominica* was negative under doses higher than 0,25 mg a.i./kg. The lowest number of eggs and larvae of *R. dominica* were observed with the interaction between deltamethrin doses and *A. lacunatus*. These results indicate that the interaction of *A. lacunatus* with deltamethrin can provide a greater protection period of wheat grains, more than 60 days.

KEY WORDS: Acarophenacidae, pyrethroid, integrated pest management

O coleóptero *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) é a principal praga de trigo armazenado no Brasil (Lorini & Galley 2000). A forma mais utilizada de prevenção e controle desse inseto nas unidades armazenadoras é através de inseticidas em razão da facilidade de aplicação e sua maior rapidez de ação (White & Leesch 1996, Mourier & Poulsen 2000). Um dos inseticidas mais importantes na proteção dos grãos é o piretróide deltametrina (Guedes 1990, Beckel *et al.* 2004).

A resistência de *R. dominica* a produtos químicos é uma realidade comum no mundo todo e, cada vez mais, deve ser considerada de forma consciente e por todos os envolvidos no processo de armazenamento de grãos, uma vez que pode inviabilizar o uso de alguns inseticidas disponíveis no mercado e causar perdas de elevados investimentos de capital (White & Leesch 1996). Por essa razão, o uso de inimigos naturais resistentes ou tolerantes a pesticidas tem sido uma ferramenta importante na supressão de populações dessa praga que persiste em ambientes de armazenamento, após o tratamento químico (Gonçalves *et al.* 2002).

O ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) demonstra ser uma alternativa promissora para o manejo de populações de *R. dominica* resistentes a inseticidas, uma vez que esse inimigo natural persistiu parasitando ovos desse coleóptero em grãos de trigo tratados com os inseticidas deltametrina, bifentrina, pirimifós metílico e fenitroton (Gonçalves *et al.* 2004). Inimigos naturais que parasitam ovos conseguem matar a praga antes que ela venha a causar dano (Hansen & Jensen 2002), e *A. lacunatus* apresenta essa vantagem. Isto é importante devido ao fato de apenas uma fêmea de *R. dominica* ser capaz de ovipositar uma média de 420 ovos em condições de temperatura ótima (32 °C), podendo aumentar consideravelmente sua população em um curto intervalo de tempo (Faroni & García-Mari 1992), se métodos de controle não forem utilizados (King & Nordlund 1992).

Os inimigos naturais liberados nos armazéns podem se reproduzir por muito tempo, quando possuem hospedeiros disponíveis e condições ambientais satisfatórias (Scholler *et al.* 1997). Ao mesmo tempo, as estruturas dos armazéns (silos, graneleiros, etc.) proporcionam um ambiente adequado para o desenvolvimento desses organismos, o que tem despertado o interesse de diversos pesquisadores em estudar agentes de controle biológico que possam ser utilizados como uma ferramenta do manejo integrado de pragas de grãos armazenados (Haines 1984, Brower 1990, Scholler *et al.* 1997, Gonçalves *et al.* 2002). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da associação de deltametrina e do ácaro parasita *A. lacunatus* sobre o desenvolvimento de *R. dominica*.

### **Material e Métodos**

**Criação de *R. dominica*.** O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri contendo grãos de trigo, previamente expurgados, com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após a montagem das criações, tempo suficiente para que o inseto iniciasse a oviposição, e colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de adultos de *R. dominica* com idade conhecida. O controle da infestação de *A. lacunatus* sobre as criações de *R. dominica* foi realizado por meio da utilização de 0,6 mg i.a./g de enxofre sobre os grãos de trigo.

**Criação de *A. lacunatus*.** Indivíduos de *A. lacunatus* foram obtidos de criações massais de *R. dominica* infestadas por esse parasita há mais de quatro anos. Este ácaro foi criado em populações de *R. dominica* a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h.

**Aplicação de Deltametrina sobre os Grãos.** Doses do inseticida deltametrina (0,125; 0,25; 0,375; 0,50; 0,625; 0,75; 0,875 e 1,00 mg i.a.) foram dissolvidas em água destilada, separadamente, e pulverizadas com atomizador manual, com o bico voltado para baixo, a 20 cm de altura da massa de 1 kg de grãos de trigo, em local protegido do vento, semelhante a uma torre de pulverização. O volume de solução aplicado foi de 2 mL por massa de grãos, correspondendo a 2 L de solução por 1000 kg de grãos. O atomizador foi calibrado em teste preliminar, em uma superfície de 1 m<sup>2</sup> de área com 10 kg de grãos de trigo, ajustando-se o volume de 2 mL de solução para cada kg de grãos de trigo. Para a testemunha, utilizou-se somente água destilada na pulverização. Em seguida, aguardou-se um período de 30 min. para a infestação de *R. dominica* (Gonçalves *et al.* 2002).

**Ensaio da Interação de Deltametrina e *A. lacunatus* sobre *R. dominica*.** Para o ensaio, foram utilizados grãos de trigo com 13% de teor de água, tratados com as diferentes doses de deltametrina em estudo. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 30 g de grãos, infestados com 30 adultos de *R. dominica* não-sexados, com idade entre três e sete dias. Cinco dias após a infestação, período suficiente para que esse coleóptero colocasse os primeiros ovos, foram inoculadas cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus*, por unidade experimental, em sete repetições. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar que os insetos e os ácaros escapassem e também para prevenir uma possível contaminação com indivíduos de outras espécies. Em cada placa, foram feitos três furos

com alfinete entomológico no filme de PVC, de maneira a permitir uma melhor troca de ar com o meio externo. Todas as unidades experimentais foram armazenadas por 60 dias em câmara climática ajustada a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h.

Após o período de armazenamento, avaliou-se o efeito da associação de deltametrina com o ácaro *A. lacunatus* sobre o desenvolvimento de *R. dominica*. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada através de peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os adultos de *R. dominica* dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas (ovos e larvas) desse coleóptero e adultos de *A. lacunatus*. Em seguida, procedeu-se à determinação da perda de massa dos grãos de trigo (%) através da alteração da massa com o término do experimento e à contagem do número de insetos adultos vivos de *R. dominica*. O resíduo da massa de grãos foi analisado com auxílio de um microscópio estereoscópico para determinação do número de ovos de *R. dominica* parasitados ou não por *A. lacunatus*, do número de fêmeas desse ácaro em processo de fisogastria e do número de larvas de primeiro ínstar de *R. dominica*.

A taxa instantânea de crescimento de *R. dominica* ( $r_i$ ) foi calculada usando a equação:  $r_i = [\ln(N_f / N_0)] / t$ ; onde  $N_f$  = número final de insetos vivos;  $N_0$  = número inicial de insetos vivos;  $t$  = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997).

Para avaliar a associação de deltametrina com *A. lacunatus* sobre *R. dominica* foram realizadas análises de regressão. A perda de massa dos grãos de trigo e o número de adultos de *R. dominica* foram comparados por análise de correlação de Pearson.

## Resultados

O número de adultos de *R. dominica* apresentou diferença significativa para doses de deltametrina ( $F_{8,108} = 18,04$ ;  $P < 0,001$ ) e correlação positiva para perda de massa dos grãos de trigo ( $r = 0,98$ ;  $P = 0,0001$ ). Entretanto, a interação das doses de

deltametrina com *A. lacunatus* não demonstrou diferença significativa para esses parâmetros. Nota-se que o número de adultos de *R. dominica* apresentou redução acentuada quando aplicou-se a dose inicial de deltametrina de 0,125 mg i.a./kg, mantendo tendência de redução gradual quando a dose foi aumentada de 0,125 para 0,375 mg i.a./kg. O aumento progressivo da dose de 0,375 até 1 mg i.a./kg não resultou em uma forma significativa para redução do número de adultos de *R. dominica* (Fig. 1). O tratamento dos grãos de trigo com doses de deltametrina maiores que 0,375 mg i.a./kg proporcionou as menores perdas de massa dos grãos (<4%) comparadas com a testemunha que teve uma perda de aproximadamente 50%.

A taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *R. dominica* também apresentou diferença significativa para doses de deltametrina ( $F_{8;97} = 15,67; P < 0,001$ ). A menor dose de deltametrina, 0,125 mg i.a./kg, proporcionou desenvolvimento da população de *R. dominica*. Por outro lado, nas doses maiores ou iguais a 0,25 mg i.a./kg, a taxa instantânea de crescimento desse coleóptero apresentou valores negativos (Fig. 2).

Na ausência do ácaro parasita, tanto o número de ovos ( $F_{8;108} = 2,17; P = 0,03$ ) quanto o de larvas ( $F_{8;108} = 5,08; P < 0,001$ ) de *R. dominica* demonstraram uma tendência decrescente com o aumento das doses do inseticida. Na presença de *A. lacunatus*, as proporções de ovos e larvas desse coleóptero apresentaram redução acentuada nas doses de deltametrina menores que 0,375 mg i.a./kg. Porém o aumento progressivo das doses deste inseticida percebe-se que a presença ou não do ácaro deixa de influenciar significativamente o número de ovos e larvas de *R. dominica* (Fig. 3).

O número de ovos de *R. dominica* parasitados ( $F_{8;54} = 24,02; P < 0,001$ ) e o de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* ( $F_{8;54} = 51,88; P < 0,001$ ) apresentaram diferença significativa em relação a doses de deltametrina. Embora em menor magnitude do que a

testemunha, *A. lacunatus* parasitou ovos de *R. dominica* em doses crescentes de deltametrina até 0,875 mg i.a./kg (Fig. 4).

### Discussão

A associação do controle químico com o parasita *A. lacunatus* não proporcionou maior eficácia na redução da perda de massa dos grãos e do número de adultos de *R. dominica*, num período de 60 dias do armazenamento; apenas o inseticida proporcionou maior proteção dos grãos e menor desenvolvimento desse coleóptero. Isto foi mais evidente nas doses de deltametrina acima de 0,25 mg i.a./kg, em que foram observadas taxas instantâneas de crescimento populacional negativa para *R. dominica*.

Embora tenha ocorrido sobrevivência de *R. dominica* nas doses de deltametrina superiores a 0,25 mg i.a./kg, não houve crescimento da população desse inseto-praga. Em períodos de armazenamento maiores que 60 dias, essa situação poderia ser modificada, principalmente, por se tratar de uma espécie com elevada capacidade de multiplicação (Faroni & García-Mari 1992). Desta forma, os responsáveis pelas unidades armazenadoras de grãos devem fazer o monitoramento freqüente dos seus produtos, uma vez que existe a possibilidade de esse inseto-praga se desenvolver na massa de grãos, mesmo quando tiver sido tratada com doses elevadas de um inseticida protetor (Hagstrum & Subramanyam 2000).

Em todo o mundo, a forma mais utilizada para a proteção de grãos armazenados contra a infestação de pragas é o controle químico (White & Leesch 1996). A resistência de algumas linhagens de *R. dominica* a esse método de controle tem contribuído para que os responsáveis pelas unidades armazenadoras aumentem as doses dos inseticidas na busca de um controle mais efetivo das pragas, o que nem sempre acontece (Beckel *et al.* 2004). Este fato pode ser observado nas doses de deltametrina acima de 0,75 mg i.a./kg, as quais proporcionaram reduções semelhantes da taxa

instantânea de crescimento populacional de *R. dominica*. Nesta situação, não é aconselhado aumentar a dose do inseticida, mas sim tentar utilizar outras formas de controle associadas ao método químico (King & Nordlund 1992, Hagstrum & Subramanyam 2000).

Apesar do aumento da dose de deltametrina ter favorecido uma maior proteção dos grãos de trigo, este tipo de manejo de *R. dominica* pode acarretar resistência desse inseto-praga ao princípio ativo, além de causar problemas de resíduos tóxicos nos produtos processados (Beckel *et al.* 2004). Uma alternativa para amenizar esses entraves pode ser feita através da associação de inimigos naturais com doses de inseticidas que sejam eficazes contra as pragas e seletivos em relação aos organismos benéficos (Gonçalves *et al.* 2002). Isto foi observado para as doses de deltametrina entre 0,625 e 0,875 mg i.a./kg, que, além de permitir o desenvolvimento do parasita *A. lacunatus*, apresentaram bons resultados no controle de *R. dominica*. De acordo com Hagstrum & Subramanyam (2000), esse manejo, além de favorecer a sobrevivência dos inimigos naturais, contribui para o uso racional dos inseticidas.

Uma característica importante dos inseticidas é apresentar efeitos mais imediatos sobre um determinado inseto-praga, quando comparados com a utilização de inimigos naturais que requerem um período mais longo para serem efetivos (White & Leesch 1996, Scholler *et al.* 1997, Mourier & Poulsen 2000). Por essa razão, a associação de deltametrina com *A. lacunatus* não apresentou, no período estudado, supressão populacional significativa de adultos de *R. dominica*. Por outro lado, essa interação demonstrou-se eficaz sobre as fases imaturas desse inseto-praga. Esse fato é importante, uma vez que uma fêmea de *R. dominica* em condições climáticas favoráveis é capaz de ovipositar um grande número de ovos, ocorrendo, em pouco tempo, o crescimento da população desse inseto-praga (Faroni & García-Mari 1992).

A eficácia da associação do controle químico com inimigos naturais pode ser

melhorada por meio da interação com o controle físico (aeração), além de medidas de limpeza e higienização das unidades armazenadoras, uma vez que esses pré-requisitos são importantes para reduzir o desenvolvimento de pragas nesses ambientes. Esses procedimentos tem sido considerados primordiais para associação do controle biológico, uma vez que muitos inimigos naturais são mais eficazes em baixas populações das pragas (Smith 1994, Zdarkova 1996, Flinn 1998).

Uma das restrições ao uso de inimigos naturais em produtos armazenados é pelos fragmentos que estes podem deixar no produto beneficiado (farinha), mas, por se tratar de espécies pequenas, esses organismos são facilmente removidos no processo de limpeza, antes do beneficiamento dos grãos (Haines 1984, Brower 1990, Scholler *et al.* 1997). Flinn & Hagstrum (2002) relatam que o uso do parasitóide *Theocolax elegans* (Westwood), além de reduzir os danos causados por *R. dominica*, também reduziu os fragmentos desses insetos na farinha.

O estudo da interação de deltametrina com *A. lacunatus* sobre o desenvolvimento de uma população de *R. dominica* em grãos de trigo permite concluir que, embora o uso desse inseticida seja importante na proteção dos grãos, a associação do parasita numa faixa de dose seletiva reduz consideravelmente as fases imaturas de *R. dominica*. Isto pode refletir numa maior proteção dos grãos em períodos de armazenamento superiores a 60 dias.

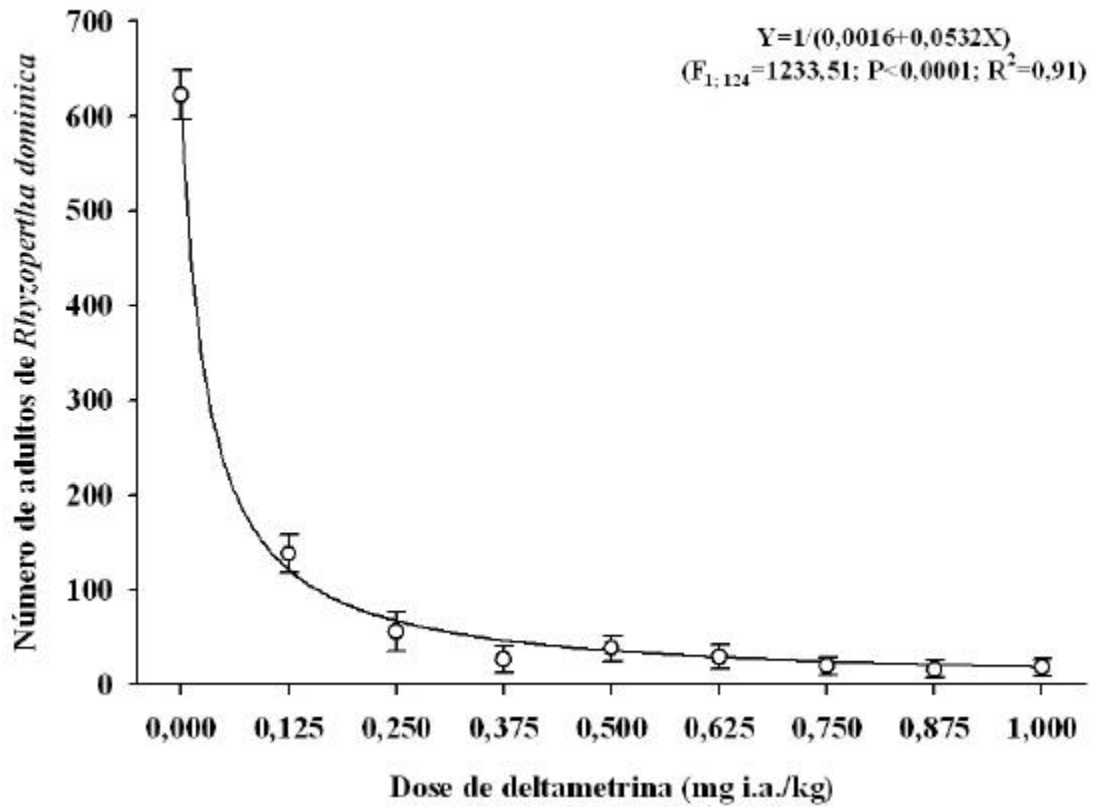
### **Literatura Citada**

**Beckel, H., I. Lorini & S.M.N. Lázari. 2004.** Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em superfície tratada com deltametrina. Rev. Bras. Entomol. 48: 115-118.

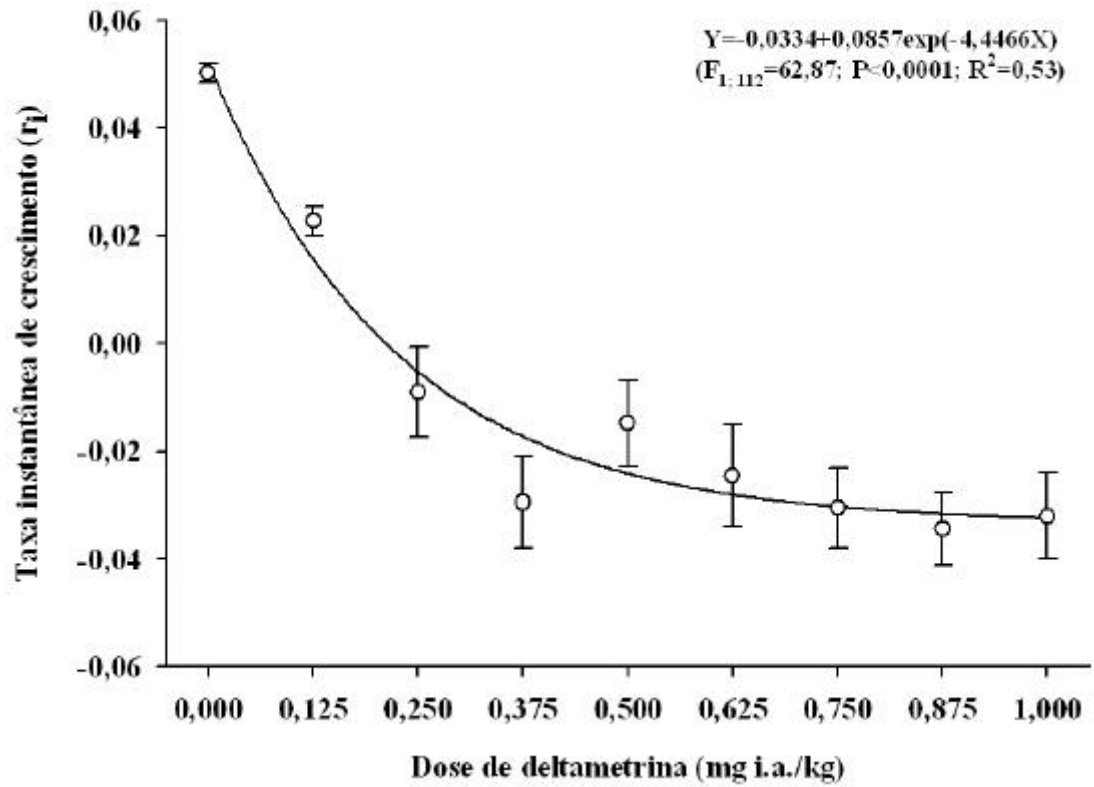
- Brower, J.H. 1990.** Pests of stored products, p. 113-122. In D.H. Habeck, F.D. Bennett & J.H. Frank (eds.), Classical biological control in the southern United States. Southern Coop. Series Bull., Gainesville, 355p.
- Daglish, G.J & B.E. Wallbank. 2000.** Searching for candidate insecticides for desinfestation and protection of grain, p. 169-173. In Aust. Posth. Technol Conf.
- Faroni, L.R.A. & F. García-Mari. 1992.** Influencia de la temperatura sobre los parámetros biológicos de *Rhyzopertha dominica* (F.). Bol. San. Veg. Plagas 18: 455-467.
- Flinn, P.W. 1998.** Temperature effects on efficacy of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Flinn, P.W. & D.W. Hagstrum. 2002.** Temperature-mediated functional response of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Stored Prod. Res. 38: 185-190.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni & R.N.C. Guedes. 2002.** Pyrethroid-*Acarophenax lacunatus* interaction in suppressing the beetle *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. Exp. Appl. Acarol. 26: 231-242.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33: 243-248.
- Guedes, R.N.C. 1990.** Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. Rev. Bras. Armaz. 15: 3-48.
- Hagstrum, D.W. & B.H. Subramanyam. 2000.** Monitoring and decision tools, p. 01-28. In B.H. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Kluwer Academic Publishers, 437p.

- Haines, C.P. 1984.** Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. III. The use of predators and parasites. Trop. Stored Prod. Inf. 48: 17-25.
- Hansen, L.S. & K.M.V. Jensen. 2002.** Effect of temperature on parasitism and host-feeding of *Trichogramma turkestanica* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 95: 50-56.
- King, E.G. & D.A. Nordlund. 1992.** Propagation and augmentative releases of predators and parasitoids for control of arthropod pests. Pesq. Agropec. Bras. 27: 239-254.
- Lorini, I. 2002.** Manejo integrado de pragas de grãos armazenados (MIPGrãos), p. 607-621. In: I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), Armazenagem de grãos, Instituto Bio Geneziz, 983p.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 2000.** Estimation of realized heritability of resistance to deltamethrin insecticide in selected strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 119-124.
- Mourier, H. & K.P. Poulsen. 2000.** Control of insects and mites in grain using a high temperature/short time (HTST) technique. J. Stored Prod. Res. 36: 309-318.
- Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-kirshi & C. Reichmuth. 1997.** Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res. 33: 81-97.
- Smith, L. 1994.** Computer simulation model for biological control of maize weevil by the parasitoid *Anisopteromalus calandrae*, p. 1147-1151. In E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks & B.R. Champ (eds.), Proc. 6<sup>th</sup> Int. Working Conf. Stored-Prod., CAB International Wallingford.

- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. *Environ. Toxicol. Chem.* 16: 1068-1073.
- White, N.D.G. & J.G. Leesch. 1996.** Chemical control, p. 287-330. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, 426p.
- Zdarkova, E. 1996.** Control of stored food mites by non-chemical methods, p. 165-169. In: *Proc. Int. Forum on Stored Prod. Prot. Post-harvest Treatment Plant Products*, Strasbourg, France.

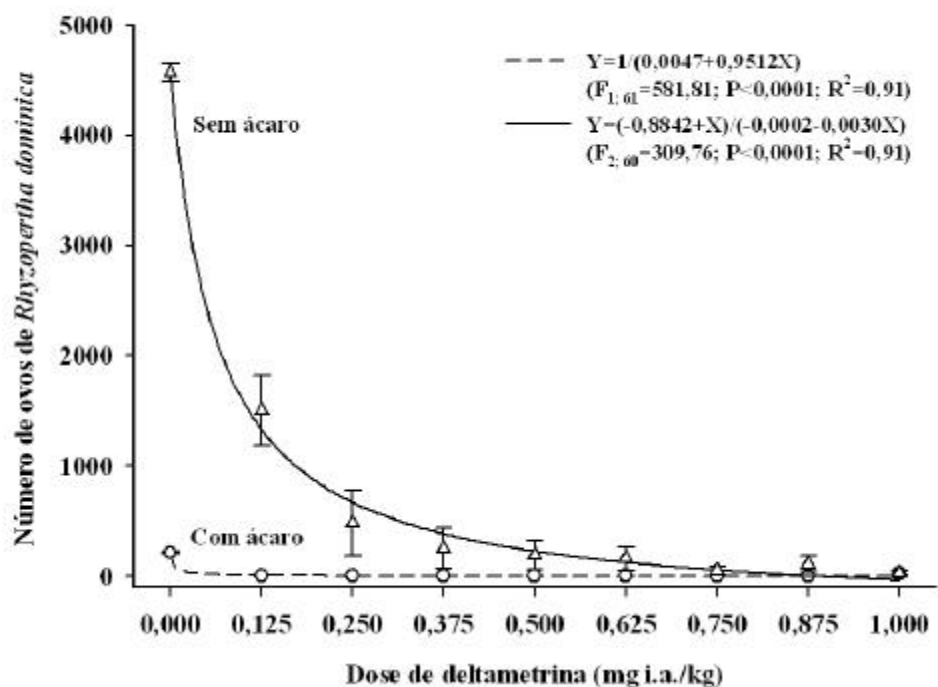


**Figura 1.** Número de adultos de *R. dominica* após 60 dias do armazenamento de grãos de trigo, tratados com diferentes doses de deltametrina.

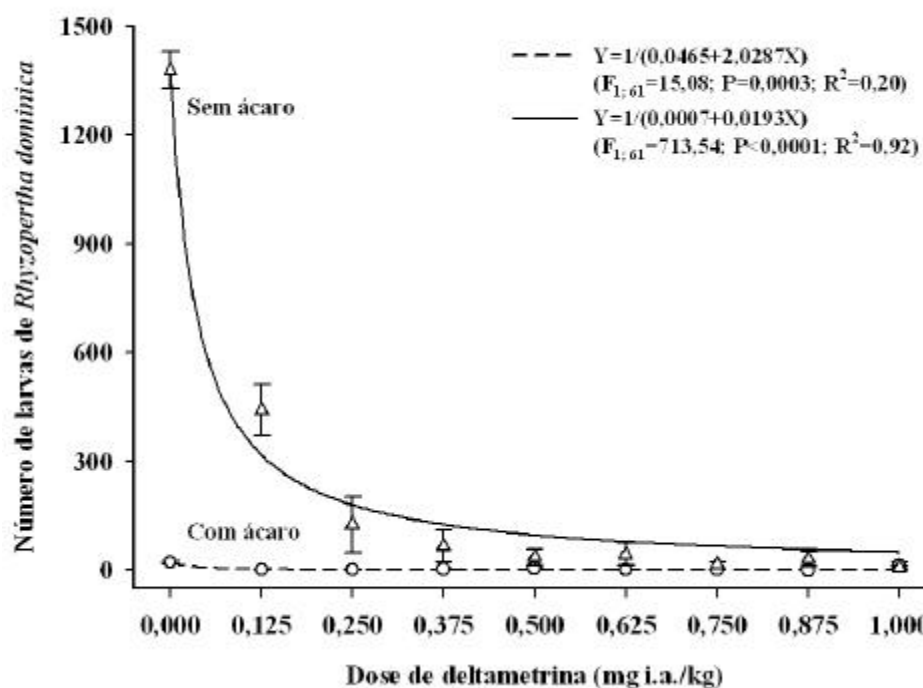


**Figura 2.** Desenvolvimento de uma população de *R. dominica* após 60 dias do armazenamento de grãos de trigo, tratados com diferentes doses de deltametrina.

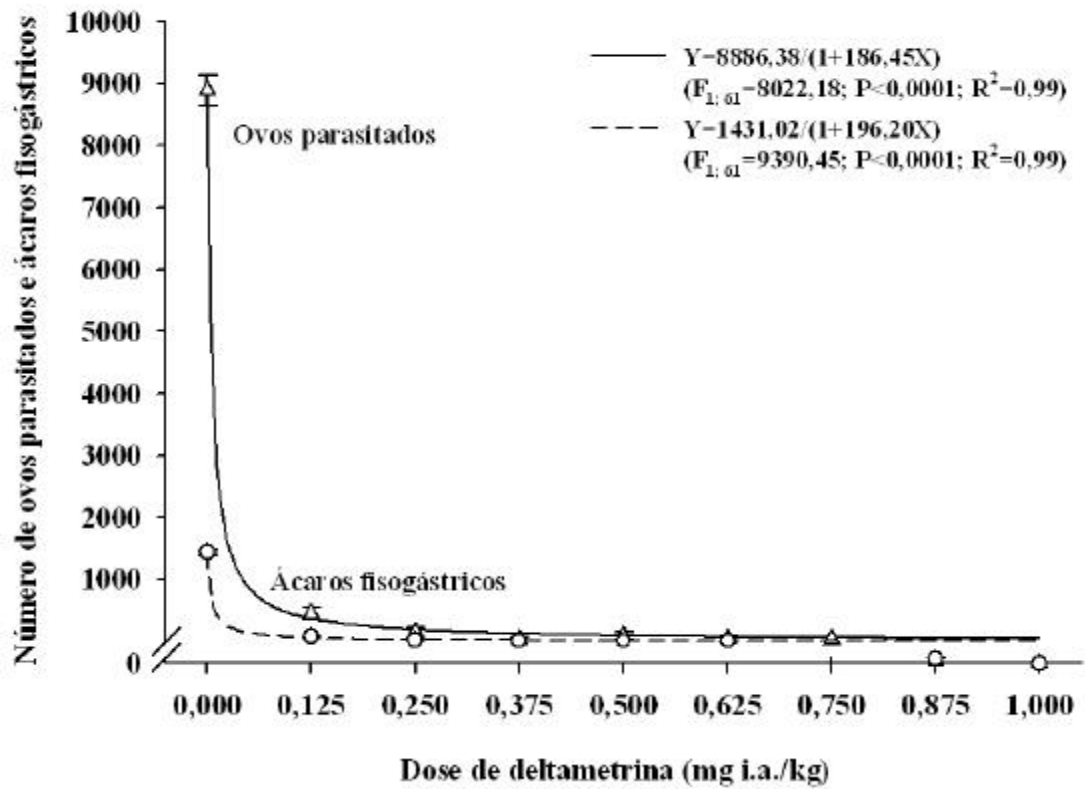
(A)



(B)



**Figura 3.** Número de ovos não-parasitados (A) e larvas (B) de *R. dominica* provenientes de uma população desse coleóptero sobre grãos de trigo tratados com diferentes doses de deltametrina associadas ao parasita *A. lacunatus*, após 60 dias de armazenamento.



**Figura 4.** Número de ovos de *R. dominica* parasitados e de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus*, após 60 dias do armazenamento de grãos de trigo tratados com diferentes doses de deltametrina, infestados com *R. dominica*.

### **Interação da Temperatura com o Ácaro Parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) sobre o Desenvolvimento de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius)**

**JOSÉ ROBERTO GONÇALVES**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 36571-000, Brasil, e-mail: goncalves\_mip@hotmail.com

RESUMO - A integração de métodos não químicos no manejo de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), vem sendo uma alternativa para os gerentes de unidades armazenadoras de grãos reduzirem o uso dos inseticidas. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da interação de diferentes temperaturas com o parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) na supressão populacional de *R. dominica*. Os ensaios foram realizados sob as temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, com e sem a presença de *A. lacunatus*, em cinco repetições. Em todas as temperaturas, utilizaram-se umidade relativa de 60±5% e escotofase de 24 h. As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm, contendo 40 g de grãos, com teor de água de 13% b.u., infestados com 10 adultos de *R. dominica*. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus* por placa de Petri aos cinco, dez e quinze dias após a infestação de *R. dominica*. As avaliações foram realizadas depois de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias do início do experimento. Foi observado que a interação da temperatura com o parasita *A. lacunatus* mostrou ser uma importante ferramenta para a supressão populacional de *R. dominica*. Todavia, em temperaturas maiores que 25 °C, mesmo *A. lacunatus* reduzindo uma grande proporção das fases imaturas de *R. dominica*, as perdas de massa dos grãos foram elevadas aos 120 dias do armazenamento. A manutenção da temperatura dos grãos de trigo armazenados a 20 °C pode ser usada como um complemento para o controle biológico de *R. dominica* com *A. lacunatus*.

PALAVRAS-CHAVE: Acarophenacidae, Bostrichidae, controle biológico, controle físico, manejo integrado de pragas

Interaction of the Temperature with the Parasite mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) on the Development of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius)

ABSTRACT - The integration of non-chemical methods in the management of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), is an alternative for the managers of stored grain units to reduce insecticide use. The objective of this study was to evaluate the effect of different temperatures with the association of the mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) on the population suppression of *R. dominica*. The experimental units were Petri dishes (140 x 10 mm) containing 40 g of whole wheat grains (13% moisture content) infested with 10 adults of *R. dominica*, under the temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C, with or without *A. lacunatus* presence, in five replicates. Relative humidity of 60±5% and escotophase of 24 hours were used for all temperatures. Five days after the infestation, five mites were inoculated on each experimental unit. The evaluations were carried out at 20, 40, 60, 80, 100 and 120 days after the *R. dominica* infestation. The interaction of the temperature with the parasite *A. lacunatus* was an important tool for the population suppression of *R. dominica*. In temperatures higher than 25 °C, however, despite the reduction of the immature stages of *R. dominica*, there was a high grain weight loss after 120 days. The maintenance of the temperature of the wheat grains stored at 20 °C can be used to complement the biological control of *R. dominica* with *A. lacunatus*.

KEY WORDS: Acarophenacidae, Bostrichidae, biological control, physical control, integrated pest management

A utilização de inseticidas é o método mais comumente empregado na prevenção e no controle do coleóptero *Rhyzopertha dominica* (Fabricius), principal praga de trigo armazenado no Brasil (Lorini & Galley 2000). A integração de métodos não químicos no manejo dessa praga vem sendo uma alternativa para os gerentes de unidades armazenadoras de grãos reduzirem o uso dos inseticidas (Scholler 1998). Isto é importante, uma vez que métodos alternativos podem amenizar problemas referentes à presença de resíduos nos alimentos e a resistência das pragas pelo uso excessivo desses produtos (Croft 1990, Lorini & Galley 1999, Beckel *et al.* 2004). A manipulação da temperatura dos grãos e o emprego de inimigos naturais são exemplos de métodos não químicos promissores para o manejo integrado de *R. dominica* nos armazéns (Flinn 1998, Flinn & Hagstrum 2002).

O manejo da temperatura dos grãos por meio da aeração consiste numa prática que força o ar ambiente, por meio de ventiladores, a esfriar a massa de grãos armazenados. Este método, em situações específicas, pode reduzir a temperatura dos grãos a um valor que iniba a multiplicação dos insetos-praga, conforme observou Sutherland (1968) e Reed & Arthur (2000). Algumas espécies de pragas são adaptadas a condições de temperaturas mais baixas e apenas o efeito da aeração não é capaz de reprimir o desenvolvimento populacional desses organismos (Santos 2002).

O uso da aeração dos grãos também pode afetar o potencial dos inimigos naturais na supressão populacional das pragas (Burks *et al.* 2000). Entretanto, este método de controle parece ser compatível com estratégias biológicas do manejo integrado (Reed & Arthur 2000). De acordo com Flinn (1998), algumas espécies de inimigos naturais suprimem melhor as populações de insetos-praga em temperaturas mais amenas. Isto pode estar relacionado com a redução da velocidade de reprodução das pragas e um aumento do parasitismo dos inimigos naturais. Desta forma, a progênie das pragas sofre

uma maior redução quando a aeração e o controle biológico estiverem associados (Toews *et al.* 2001).

O período de tempo para o desenvolvimento dos insetos-praga e seus inimigos naturais está correlacionado diretamente com a temperatura da massa de grãos (Hagstrum *et al.* 1996, Faroni *et al.* 2001). A faixa tolerável para a maioria das espécies desses organismos se encontra entre 10 °C e 38 °C. Com o incremento da temperatura até um determinado limite, a taxa de desenvolvimento e a duração em um estágio específico diminuem (Pedigo & Zeiss 1996). Em condições de temperaturas mais elevadas, as fases imaturas das pragas podem desenvolver mais rapidamente e, como consequência, sua população aumentará com maior rapidez que a dos inimigos naturais. Por essa razão, a relação entre a taxa de desenvolvimento de um predador ou parasitóide e sua presa ou hospedeiro pode ser crítica para o sucesso do controle biológico (Bernal & Gonzalez 1993).

A temperatura ótima para o desenvolvimento do ácaro parasita *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) sobre o hospedeiro *R. dominica* se encontra na faixa dos 30 °C (Faroni *et al.* 2001). Nesta temperatura, este coleóptero apresenta elevada capacidade de multiplicação (Faroni & García-Mari 1992). Embora o parasita *A. lacunatus* venha suprimir uma grande proporção dos imaturos de *R. dominica*, os adultos desse coleóptero são capazes de acarretar perdas significativas nos grãos armazenados. De acordo com Faroni *et al.* (2001), *A. lacunatus* pode desenvolver-se sobre ovos de *R. dominica* entre os limiares de temperatura de 18 °C e 40 °C. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da interação de diferentes temperaturas com o parasita *A. lacunatus* na supressão populacional de *R. dominica*, ao longo do período de armazenamento.

## Material e Métodos

**Criação de *R. dominica*.** O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri contendo grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após a montagem das criações, tempo suficiente para que o inseto iniciasse a oviposição, e colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de adultos de *R. dominica* com idade conhecida. O controle da infestação de *A. lacunatus* sobre as criações de *R. dominica* foi realizado por meio da utilização de 0,6 mg i.a./g de enxofre sobre os grãos de trigo.

**Criação de *A. lacunatus*.** Indivíduos de *A. lacunatus* foram obtidos de criações massais de *R. dominica* infestadas por esse parasita há mais de quatro anos. Este ácaro foi criado em populações de *R. dominica* a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h.

**Ensaio da Interação da Temperatura com *A. lacunatus* sobre *R. dominica*.** As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 40 g de grãos de trigo, com teor de água de 13% de b.u., infestados ou não com 10 adultos de *R. dominica* não-sexados, com idade entre três e sete dias. Foram utilizadas nos ensaios as temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, com e sem a presença do parasita *A. lacunatus*, em cinco repetições. Em todas as temperaturas, utilizaram-se umidade relativa de  $60\pm 5\%$  e escotofase de 24 h. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas de *A. lacunatus* por placa de Petri aos cinco, dez e quinze dias depois da infestação de *R. dominica*, período suficiente para que esse coleóptero

colocasse os primeiros ovos. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar que os insetos e os ácaros escapassem e também para prevenir uma possível contaminação com indivíduos de outras espécies. Em cada placa foram feitos três furos com alfinete entomológico no filme de PVC, de maneira a permitir uma melhor troca de ar com o meio externo. As avaliações foram realizadas aos 20, 40, 60, 80, 100 e 120 dias do início do experimento.

Após cada período de armazenamento, avaliou-se o efeito da associação da temperatura com o ácaro *A. lacunatus* sobre o desenvolvimento populacional de *R. dominica*. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os adultos de *R. dominica* dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas (ovos e larvas) desse coleóptero e adultos de *A. lacunatus*. Em seguida, procedeu-se à contagem do número de insetos adultos vivos e mortos de *R. dominica* e à determinação da perda percentual de massa dos grãos de trigo através da alteração da massa inicial com o término do experimento. As médias de perda de massa ocasionadas pelas diferentes temperaturas, ao longo dos períodos de armazenamento sem a infestação de *R. dominica*, foram subtraídas das unidades experimentais com infestação desse coleóptero. O resíduo da massa de grãos foi analisado com auxílio de um microscópio estereoscópico para determinação do número de ovos de *R. dominica* parasitados ou não por *A. lacunatus*, do número de fêmeas desse ácaro em processo de fisogastria e do número de larvas de primeiro ínstar de *R. dominica*.

A taxa instantânea de crescimento de *R. dominica* ( $r_i$ ) foi calculada, usando a equação:  $r_i = [\ln(N_f / N_0)] / t$ ; onde  $N_f$  = número final de insetos vivos;  $N_0$  = número inicial de insetos vivos;  $t$  = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997).

Os resultados foram submetidos à análise de regressão múltipla. A perda de massa dos grãos de trigo e o número de adultos mortos de *R. dominica*, o número de ovos e larvas desse coleóptero, assim como o número de ovos parasitados e ácaros fisogástricos foram comparados por análise de correlação de Pearson.

### Resultados

A associação da temperatura com *A. lacunatus* ( $F_{4;115} = 63,94$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,69$ ) reduziu as porcentagens de perda de massa dos grãos de trigo. Com 120 dias do armazenamento dos grãos, mesmo utilizando a associação do método físico com o biológico, as perdas foram altas para as temperaturas maiores que 25 °C, com exceção de 20 °C, na qual se constatou a menor perda (Fig. 1).

O número de adultos vivos de *R. dominica* também foi suprimido com a associação da temperatura com o inimigo natural ( $F_{4;115} = 42,90$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,60$ ). Nota-se que a 30 °C e 20 °C foram observados os maiores e menores números desse inseto-praga, respectivamente. Embora as maiores perdas de massa dos grãos tenham ocorrido na temperatura de 35 °C, o número de insetos vivos, aos 120 dias de armazenamento, foi maior a 30 °C (Fig. 1 e 2). Isto se deve ao maior número de insetos mortos a 35 °C, ao longo deste período, que apresentou uma correlação positiva com a perda de massa dos grãos ( $r = 0,78$ ;  $P = 0,0001$ ).

A taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *R. dominica* apresentou o maior pico de desenvolvimento na temperatura de 35 °C na ausência de *A. lacunatus* ( $F_{4;115} = 44,85$ ;  $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,61$ ). Nota-se ainda que, nas temperaturas mais elevadas, os picos de desenvolvimento foram alcançados mais rapidamente (Fig. 3).

Na ausência de *A. lacunatus*, o número de ovos de *R. dominica* apresentou uma tendência crescente ao longo do período de armazenamento, com destaque para as temperaturas de 30 °C e 25 °C, nas quais foram encontrados os maiores números dessa

fase imatura ( $F_{4;115} = 205,26; P < 0,001, R^2 = 0,88$ ). Observa-se que a associação da temperatura com o ácaro *A. lacunatus* apresentou os menores números de ovos de *R. dominica* ( $F_{4;115} = 57,22; P < 0,001, R^2 = 0,67$ ) (Fig. 4). O número de larvas de primeiro ínstar desse inseto-praga apresentou correlação positiva com o número de ovos ( $r = 0,90; P < 0,001$ ).

O número de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* apresentou diferença significativa na interação da temperatura com o período de armazenamento ( $F_{4;115} = 86,30; P < 0,001, R^2 = 0,75$ ), sendo seu maior número observado nas temperaturas de 30 °C e 25 °C. Embora a 20 °C não tenha se observado um grande número de fêmeas fisogástricas, este inimigo natural manteve parasitando ovos de *R. dominica* (Fig. 5). Houve uma correlação positiva entre o número de ácaros fisogástricos e os ovos parasitados ( $r = 0,65; P < 0,001$ ).

### Discussão

A interação da temperatura com o parasita *A. lacunatus* mostrou-se uma importante ferramenta para a supressão populacional de *R. dominica* sobre grãos de trigo armazenados. Isso se tornou mais evidente quando esses grãos foram mantidos a 20 °C, observando-se um menor desenvolvimento desse inseto-praga e, conseqüentemente, uma maior proteção dos grãos. Embora Faroni et al. (2001) tenham demonstrado que *A. lacunatus* apresenta um menor desenvolvimento sob temperaturas abaixo de 25 °C, no presente estudo foi constatado que a sua eficácia na supressão de *R. dominica* é maior nessas condições. Esse fato pode estar relacionado com a maior efetividade do controle biológico em baixas densidades da praga e quando associado a outros métodos de controle (Smith 1994, Van Driesche & Bellows 1996, Zdarkova 1996).

De maneira geral, os estudos com inimigos naturais buscam as condições ambientais que propiciem as maiores taxas de parasitismo e de predação desses organismos

(Nielsen 1999, Flinn & Hagstrum 2002). Entretanto, na maioria das vezes, essas taxas são beneficiadas por temperaturas mais elevadas, as quais também favorecem uma maior velocidade de desenvolvimento dos insetos-praga e maiores perdas de quantidade e qualidade dos grãos (Hagstrum *et al.* 1996). Isto foi observado nas temperaturas acima de 25 °C, mesmo quando houve a associação de *A. lacunatus* reduzindo a taxa instantânea de crescimento populacional de *R. dominica*. Aos 120 dias do armazenamento, as perdas de massa dos grãos variaram entre 13,72±1,20%, a 60,62±1,53%.

Valores de temperatura entre 27 °C e 35 °C proporcionaram um melhor desenvolvimento para os inimigos naturais *Blattisocius tarsalis* (Berlese), *Theocolax elegans* (Westwood), *Anisopteromalus calandrae* (Howard) e *Xylocoris flavipes* (Reuter) e um maior consumo de hospedeiros e presas do que a 20 °C (Smith 1994, Nielsen 1999, Flinn & Hagstrum 2002, Russo *et al.* 2004). Da mesma forma, *A. lacunatus* apresenta maior taxa intrínseca de crescimento populacional e fertilidade de suas fêmeas em temperaturas próximas a 30 °C (Faroni *et al.* 2001). Todavia, temperaturas baixas são mais importantes para a armazenagem dos grãos (Sutherland 1968, Reed & Arthur 2000). A utilização de inimigos naturais nesses ecossistemas em condições subótimas é muito limitada. A maioria desses organismos só ficaria abundante em grãos armazenados, após uma infestação elevada dos insetos-praga, tendo já provocado sérios danos a esses grãos (Haines 1984). Entretanto, Hagstrum (1987) demonstrou que parasitas também podem se tornar abundantes, e reduzir a população de insetos-praga nessas condições.

Os artrópodes sob condições ambientais ótimas de temperatura e umidade relativa, com alimento adequado disponível, apresentam um crescimento exponencial das suas populações (Reed & Arthur 2000). O período de tempo para o desenvolvimento dos coleópteros-praga de grãos armazenados, geralmente, é mais afetado pela temperatura

do que pela umidade ou dieta (Hagstrum & Milliken 1988). Dessa forma, os gerentes das unidades armazenadoras devem reduzir a temperatura da massa de grãos, desfavorecendo o desenvolvimento dos insetos-praga, mesmo que esta medida seja desfavorável aos inimigos naturais (Smith & Arbogast 1990, Burks *et al.* 2000). Essa estratégia pode tanto aumentar a efetividade do controle biológico como também elevar a eficácia biológica de inseticidas protetores (Flinn 1998, Pimentel *et al.* 2004).

Tanto a temperatura ótima como os baixos e altos limiares são específicos para cada espécie (Smith & Arbogast 1990). Nota-se que *Ephestia kuehniella* Zeller apresenta um limiar de desenvolvimento (8 e 10 °C) mais baixo do que seu parasitóide *Venturia canescens* (Gravenhorst) (12 e 15 °C). A 23 °C, a população de *V. canescens* cresce mais rapidamente do que seu hospedeiro. Nesse caso, o aumento da temperatura favorece o parasitóide, e baixas temperaturas, o hospedeiro (Ahmad 1936). Todavia, isso parece não acontecer com *R. dominica* e *A. lacunatus*, que se desenvolvem em condições semelhantes (18 °C e 36 °C) (Longstaff 1999, Faroni *et al.* 2001). Desta forma, podem-se explorar os limiares mais baixos de desenvolvimento dos insetos-praga para facilitar a ação dos inimigos naturais e se obter uma maior proteção dos grãos armazenados (Toews *et al.* 2001). Resultados semelhantes foram observados para *T. elegans* na supressão populacional de *R. dominica* (Flinn 1998).

O esfriamento dos grãos através da aeração é um método de controle físico perfeitamente compatível com o controle biológico (Reed & Arthur 2000). Este fato é nitidamente observado para os números de imaturos de *R. dominica* ao longo do período de armazenamento, os quais foram menores na presença de *A. lacunatus* a 20 °C e a 35 °C, e maiores sem o parasita, a 25 °C e a 30 °C. Isto pode ser explicado pela menor fecundidade das fêmeas de *R. dominica* em baixas temperaturas e o desenvolvimento mais rápido da população a 35 °C, seguidos de um decréscimo mais acentuado com o maior período de armazenamento (Faroni & García-Mari 1992).

O uso da aeração para inibir o desenvolvimento de insetos-praga vem sendo praticado com sucesso há muito tempo, principalmente associado a outros métodos de controle (Flinn *et al.* 1997). Desta forma, no presente estudo, o resfriamento dos grãos de trigo foi simulado através do uso de diferentes temperaturas, com o intuito de integração com o parasita *A. lacunatus* que vem se destacando como inimigo natural de *R. dominica* (Faroni *et al.* 2000, Gonçalves *et al.* 2001). Apesar de esse inimigo natural reduzir um grande número das fases imaturas desse hospedeiro, em temperaturas maiores que 25 °C, as perdas de massa dos grãos são elevadas com 120 dias do armazenamento. Entretanto, esta pesquisa demonstrou que a manutenção da temperatura dos grãos de trigo armazenados, próxima a 20 °C, pode ser uma alternativa viável para utilizar o ácaro *A. lacunatus*.

#### Literatura Citada

- Ahmad, T. 1936.** The influence of ecological factors on the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* and its parasite, *Nemeritis canencens*. J. Anim. Ecol. 5: 67-93.
- Beckel, H., I. Lorini & S.M.N. Lazzari. 2004.** Comportamento de adultos de diferentes raças de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em superfície tratada com deltametrina. Rev. Bras. Entomol. 48: 115-118.
- Bernal, J.S. & D. Gonzalez. 1993.** Temperature requires of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. Entomol. Exp. Appl. 69: 173-182.
- Burks, C.S., J.A. Johnson, D.E. Maier & J.W. Heaps. 2000.** Temperature, p. 73-104. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, London, 437p.
- Croft, B.A. 1990.** Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, 723p.

- Faroni, L.R.A. & F. García-Mari. 1992.** Influencia de la temperatura sobre los parámetros biológicos de *Rhyzopertha dominica* (F.). Bol. San. Veg. Plagas 18: 455-467.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2000.** Potential of *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) as a biological control agent of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 36: 55-63.
- Faroni, L.R.A., R.N.C. Guedes & A.L. Matioli. 2001.** Effect of temperature on development and population growth of *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Biocontrol Sci. Tech. 11: 5-12.
- Flinn, P.W. 1998.** Temperature effects on efficacy of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Flinn, P.W. & D.W. Hagstrum. 2002.** Temperature-mediated functional response of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Stored Prod. Res. 38: 185-190.
- Flinn, P.W., D.W. Hagstrum & W.E. Muir. 1997.** Effects of time of aeration, bin size, and latitude on insect populations in stored wheat: a simulation study. J. Econ. Entomol. 90: 646-651.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2001.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Eng. Agric. 9: 242-250.
- Hagstrum, D.W. 1987.** Seasonal variation of stored wheat environment and insect populations. Environ. Entomol. 16: 77-83.

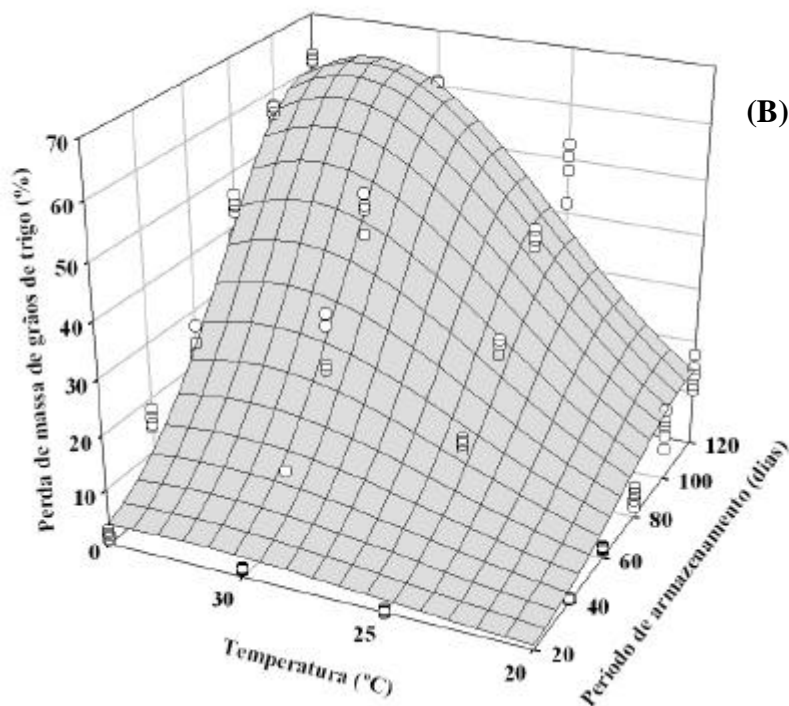
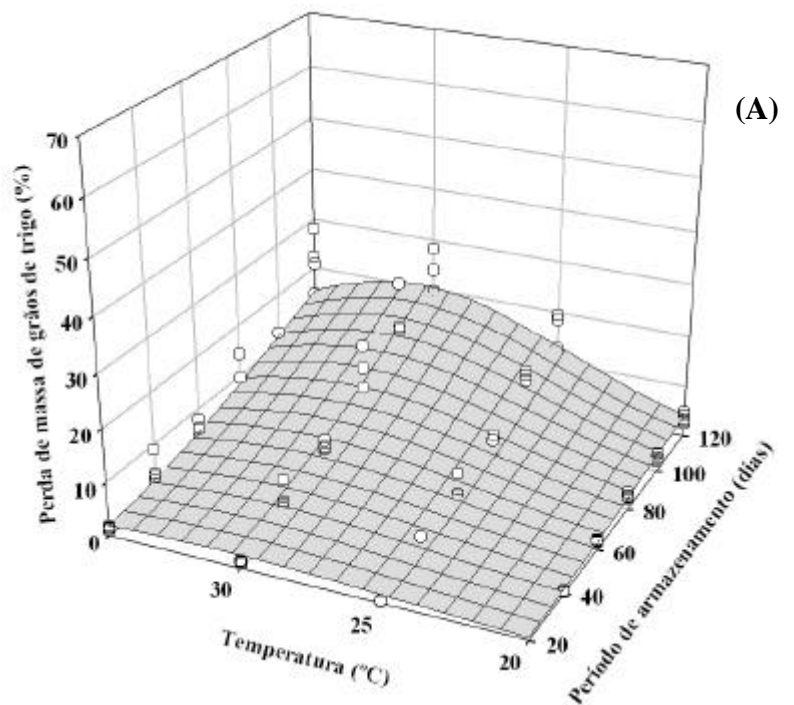
- Hagstrum, D.W. & G.W. Milliken. 1988.** Quantitative analysis of temperature, moisture, and diet factors affecting insect development. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 539-546.
- Hagstrum, D.W., F.W. Flinn & R.W. Howard. 1996.** Ecology, p. 71-134. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Integrated Management of Insects in Stored Products*. Marcel Dekker, New York, 426p.
- Haines, C.P. 1984.** Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. III. The use of predators and parasites. *Trop. Stored Prod. Inf.* 48: 17-25.
- Longstaff, B.C. 1999.** An experimental and modelling study of the demographic performance of *Rhyzopertha dominica* (F.). I. Development rate. *J. Stored Prod. Res.* 35: 89-98.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 1999.** Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *J. Stored Prod. Res.* 35: 37-45.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 2000.** Estimation of realized heritability of resistance to deltamethrin insecticide in selected strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Stored Prod. Res.* 36: 119-124.
- Nielsen, P.S. 1999.** The impact of temperature on activity and consumption rate of moth eggs by *Blattisocius tarsalis* (Acari: Ascidae). *Exp. Appl. Acarol.* 23: 149-157.
- Pedigo, L.P. & M.R. Zeiss. 1996.** *Analyses in insect ecology and management*. Ames, Iowa State University Press, 168p.
- Pimentel, M.A.G., L.R.D´A. Faroni, J.R. Gonçalves, C.R.F de Oliveira & E.R. de Alencar. 2004.** Influência da temperatura na eficácia biológica de pirimifós metílico em milho armazenado. *Rev. Bras. Armaz.* 29: 58-61.

- Reed, C. & F.H. Arthur. 2000.** Aeration, p. 51-72. In Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (eds.), *Alternative to Pesticide in Stored-Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, London, 437p.
- Russo, A., Cocuzza, G.E. & M.C. Vasta. 2004.** Life tables of *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) feeding on *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 40: 103-112.
- Santos, J.P. 2002.** Métodos preventivos de controle de pragas de grãos armazenados, p. 399-441. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.), *Armazenagem de grãos*, Instituto Bio Geneziz: Campinas, 983p.
- Scholler, M. 1998.** Integration of biological and non-biological methods for controlling arthropods infesting stored products. *Postharv. News Inf.* 9: 15-20.
- Smith, L. 1994.** Computer simulation model for biological control of maize weevil by the parasitoid *Anisopteromalus calandrae*, p. 1147-1151. In E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks & B.R. Champ (eds.), *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Working Conf. Stored-Prod.*, CAB International Wallingford.
- Smith, L. & R.T. Arbogast. 1990.** Effect of temperature on life history statistics of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), p. 1291-1292. In F. Fleurat-Lessard & P. Ducom (eds.), *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Working Conf. Stored-Prod.*, Imprimeria Médocaine, Blanquefort Cedex, France.
- Sutherland, J.W. 1968.** Control of insects in wheat store with an experimental aeration system. *J. Agric. Eng. Res.* 13: 310-219.
- Toews, M.D., T.W. Phillips & G.W. Cuperus. 2001.** Effects of wheat cultivar and temperature on suppression of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) by the parasitoid *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Biol. Control* 21: 120-127.

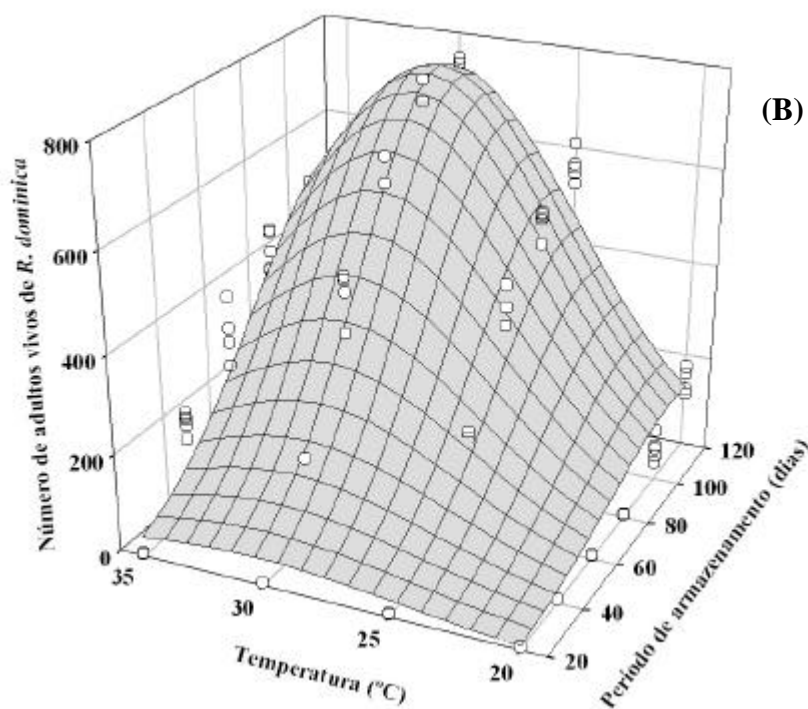
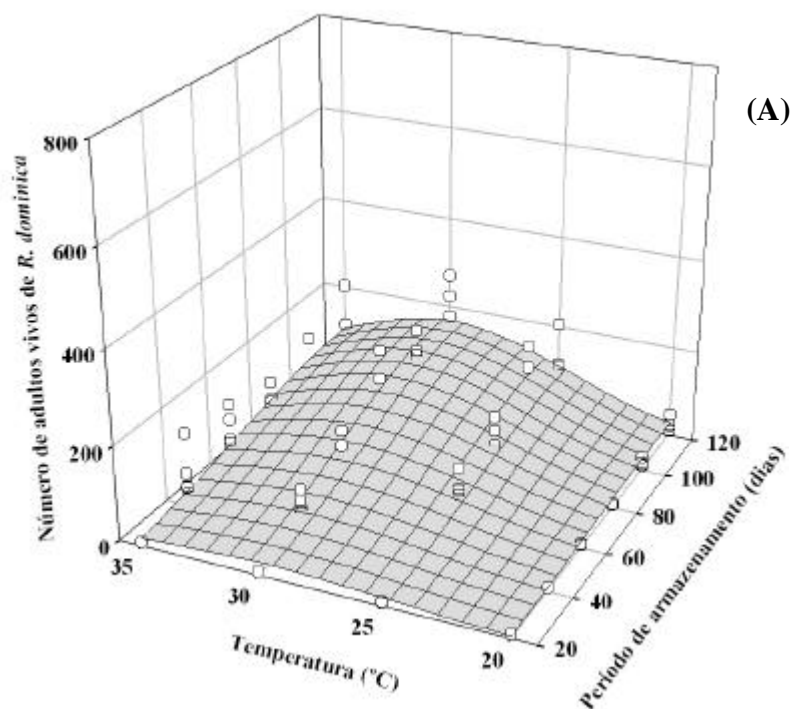
**Van Driesche, R.G. & T.S. Bellows Jr. 1996.** Biological control. Chapman and Hall, New York, 539p.

**Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.

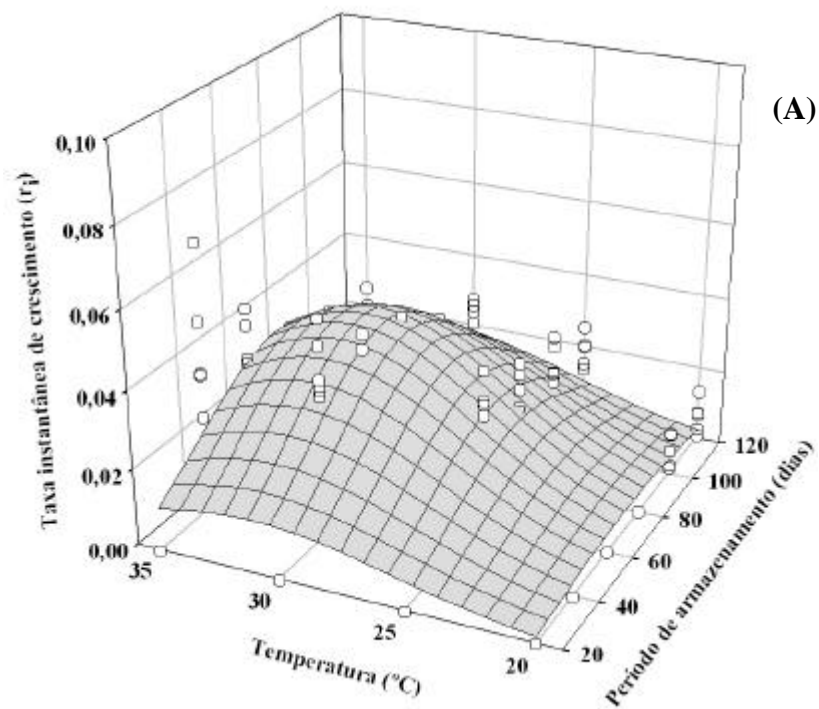
**Zdarkova, E. 1996.** Control of stored food mites by non-chemical methods, p. 165-169. In: Proc. Int. Forum on Stored Prod. Prot. Post-harvest Treatment Plant Products, Strasbourg, France.



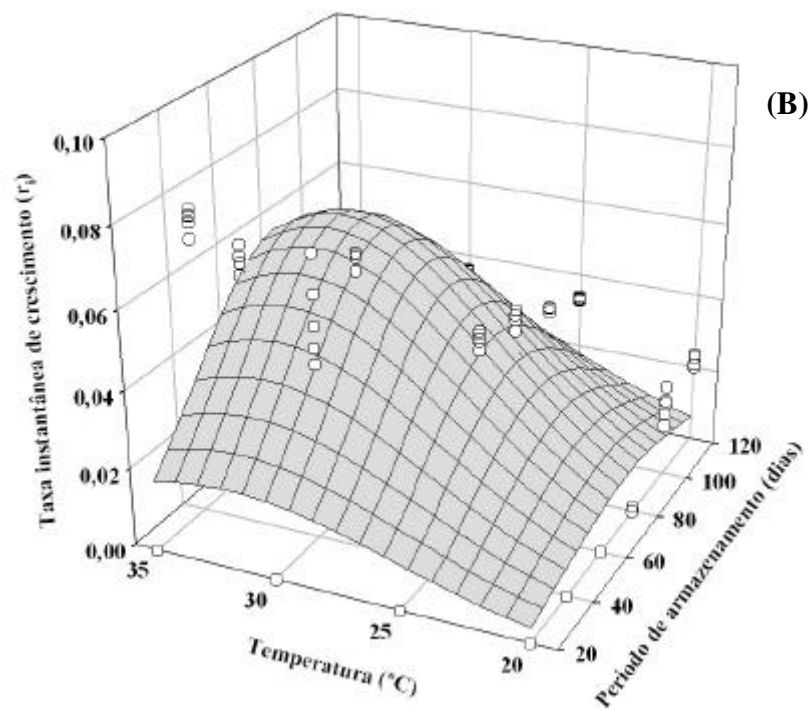
**Figura 1.** Redução percentual da massa de grãos de trigo ocasionada pelo ataque de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de 60±5% e escotofase de 24 h. (A):  $z = 28,19 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-176,74)/71,46)^2 + ((y-30,53)/5,86)^2])$ , ( $F_{4;115} = 63,94$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,69$ ); (B):  $z = 64,11 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-115,57)/40,74)^2 + ((y-32,38)/7,15)^2])$ , ( $F_{4;115} = 524,44$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,95$ ), onde  $z$  = redução percentual da massa de grãos de trigo (%),  $x$  = período de armazenamento (dias) e  $y$  = temperatura (°C).



**Figura 2.** Número de adultos vivos de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24 h. (A):  $z = 168,08 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-113,76)/49,12)^2 + ((y-29,80)/5,21)^2])$ , ( $F_{4;115} = 42,90$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,60$ ); (B):  $z = 749,32 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-112,12)/40,66)^2 + ((y-30,45)/5,62)^2])$ , ( $F_{4;115} = 339,66$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,92$ ), onde  $z = n^\circ$  de adultos vivos de *R. dominica*,  $x =$  período de armazenamento (dias) e  $y =$  temperatura ( $^\circ\text{C}$ ).

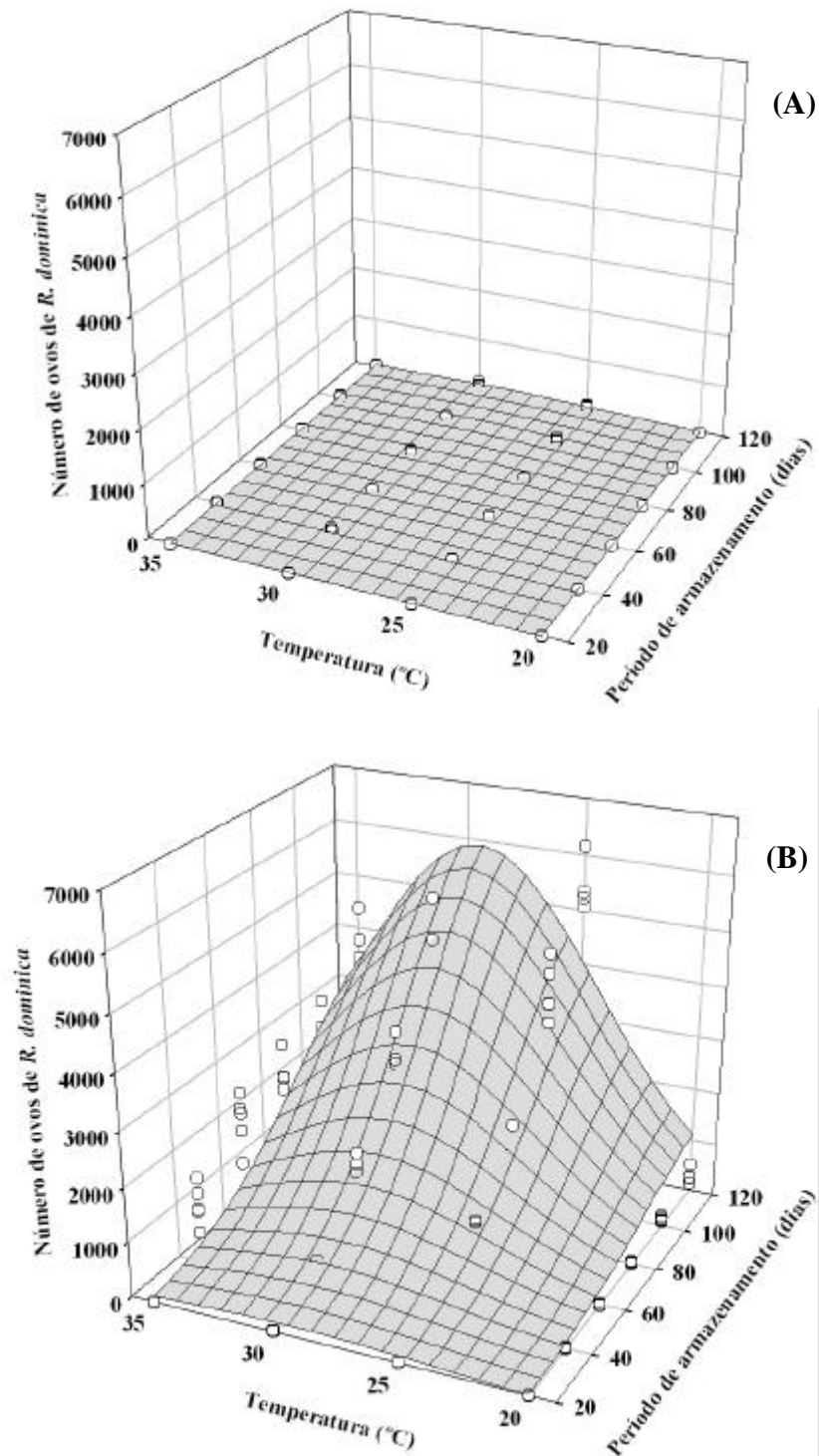


(A)

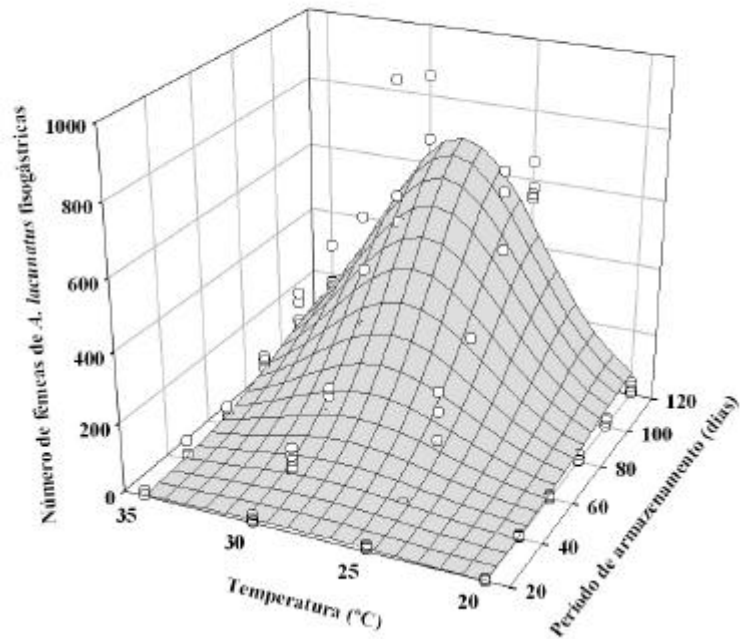


(B)

**Figura 3.** Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24 h. (A):  $z = 0,04 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-73,93)/36,76)^2 + ((y-31,25)/5,62)^2])$ , ( $F_{4;115} = 34,22$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,54$ ); (B):  $z = 0,07 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-76,01)/36,60)^2 + ((y-31,95)/6,57)^2])$ , ( $F_{4;115} = 44,85$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,61$ ), onde  $z = r_i$  de *R. dominica*,  $x =$  período de armazenamento (dias) e  $y =$  temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).



**Figura 4.** Número de ovos de *R. dominica* com (A) e sem o parasita *A. lacunatus* (B), em 120 dias do armazenamento, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de 60±5% e escotofase de 24 h. (A):  $z = 78,63 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-105,45)/37,02)^2 + ((y-28,75)/4,52)^2])$ , ( $F_{4;115} = 57,22$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,67$ ); (B):  $z = 6110,33 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-131,09)/42,51)^2 + ((y-29,50)/5,22)^2])$ , ( $F_{4;115} = 205,26$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,88$ ), onde  $z$  = número de ovos de *R. dominica*,  $x$  = período de armazenamento (dias) e  $y$  = temperatura (°C).



**Figura 5.** Número de fêmeas de *A. lacunatus* fisogástricas sobre ovos de *R. dominica*, em 120 dias do armazenamento de grãos de trigo, sob diferentes temperaturas e umidade relativa de  $60 \pm 5\%$  e escotofase de 24 h. ( $z = 697,64 \cdot \exp(-0,5 \cdot [((x-125,43)/36,51)^2 + ((y-28,40)/3,91)^2])$ , ( $F_{4;115} = 86,30$ ;  $P < 0,001$ ;  $R^2 = 0,75$ ), onde  $z$  = número de fêmeas de *A. lacunatus* fisogástricas,  $x$  = período de armazenamento (dias) e  $y$  = temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### **Interação entre *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) e *Anisopteromalus calandrae* (Howard) na Supressão Populacional de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius)**

**JOSÉ ROBERTO GONÇALVES**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG  
36571-000, Brasil, e-mail: goncalves\_mip@hotmail.com

RESUMO - A interação entre *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) e *Anisopteromalus calandrae* (Howard) pode ser uma ferramenta promissora para o manejo integrado de pragas. O objetivo deste estudo foi avaliar a compatibilidade desses dois inimigos naturais na supressão populacional de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). As unidades experimentais consistiram de placas de Petri (140 x 10 mm), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. Esses grãos foram infestados com 20 adultos de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram na inoculação com *A. lacunatus* e *A. calandrae*, isoladamente e em conjunto, em oito repetições. Foram realizadas três inoculações com cinco fêmeas adultas dos inimigos naturais por placa de Petri, com cinco, dez e quinze dias após a infestação de *R. dominica*. Todos os tratamentos foram armazenados por 60 dias em câmara climática ajustada a 30±1 °C, 60±5% UR e escotofase de 24 h. Os menores números de fêmeas fisogástricas de *A. lacunatus* e de adultos de *A. calandrae* foram observados quando esses inimigos naturais estavam associados. O uso de *A. calandrae* sozinho demonstrou menor taxa instantânea de crescimento populacional de *R. dominica* e uma maior proteção aos grãos de trigo. Quando esse inimigo natural foi associado a *A. lacunatus*, além de ter preservado seu potencial, também apresentou os menores números de imaturos de *R. dominica*, demonstrando a importância desta interação como uma ferramenta do manejo integrado de *R. dominica* em grãos de trigo armazenados.

PALAVRAS-CHAVE: Acarophenacidae, Pteromalidae, Bostrichidae, controle biológico

Interaction between *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) and *Anisopteromalus calandrae* (Howard) on the Suppression of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius)

ABSTRACT - The interaction between *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) and *Anisopteromalus calandrae* (Howard) may be a promising tool for the integrated pest management of stored grain insect pests. The objective of this study was to evaluate the compatibility of these two natural enemies on the suppression of *Rhyzopertha dominica* (Fabricius). The experimental units were Petri dishes (140 x 10 mm) containing 30 g of whole wheat grains (13% water content) infested with 20 adults of *R. dominica*. The treatments consisted of inoculation of *A. lacunatus* and *A. calandrae*, separately and associated, in eight replicates. Three inoculations of five adult females of the natural enemies were carried out in each Petri dish at five, ten and fifteen days after the infestation of *R. dominica*. All treatments were stored during 60 days in environmental chamber at  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  relative humidity and 24 h scotophase. The smallest numbers of physogastric females of *A. lacunatus* and of adults of *A. calandrae* were obtained when the natural enemies were in association. The use of *A. calandrae* alone demonstrated a low instantaneous rate of increase ( $r_i$ ) of *R. dominica* and a high protection of the wheat grains. The association of *A. calandrae* with *A. lacunatus* led to the lowest number of immatures of *R. dominica*. These results demonstrate the importance of this interaction as a tool of for the integrated management of *R. dominica* in stored wheat grains.

KEY WORDS: Acarophenacidae, Pteromalidae, Bostrichidae, biological control

O coleóptero *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) é, na maioria das vezes, o principal inseto-praga de grãos de trigo armazenado em muitos países, inclusive no Brasil (Lorini 2002). A forma de controle mais utilizada no manejo desse inseto é o químico. No entanto, esse método nem sempre apresenta resultados satisfatórios, uma vez que existem muitas raças de *R. dominica* resistentes aos princípios ativos dos inseticidas disponíveis para o seu controle (Guedes *et al.* 1996, Guedes & Zhu 1998). Assim, torna-se de fundamental importância a busca por novas alternativas para se integrar ao manejo desse inseto-praga. A utilização do controle biológico tem surgido como uma forma alternativa de controle de pragas de grãos armazenados com várias espécies de inimigos naturais. Esses organismos liberados nos armazéns podem se reproduzir por muito tempo, quando possuem hospedeiros disponíveis e condições ambientais satisfatórias (Scholler *et al.* 1997).

O ácaro *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) e a vespa *Anisopteromalus calandrae* (Howard) são importantes inimigos naturais de *R. dominica*. *A. lacunatus* apresenta um elevado potencial de parasitismo sobre ovos de *R. dominica* (Gonçalves *et al.* 2001), enquanto *A. calandrae* é um importante parasitóide de larvas desse coleóptero (Menon *et al.* 2002). Além disso, esses inimigos naturais atuam sobre outros coleópteros-praga de grãos armazenados (Okamoto 1971, Wen & Brower 1995, Oliveira *et al.* 2003).

O uso de mais de uma espécie de inimigo natural para o controle de pragas é uma técnica de manejo que visa aumentar a eficácia do controle biológico, principalmente quando esses organismos atuam sobre diferentes estágios de desenvolvimento da praga (Kakehashi *et al.* 1984, Keever *et al.* 1986). Todavia, efeitos negativos podem ocorrer com essas interações, uma vez que os inimigos naturais podem afetar-se mutuamente (Brower & Press 1988, Wen *et al.* 1994). Embora esse efeito possa reduzir a eficácia de um dos inimigos naturais, a supressão da população do hospedeiro sob a ação desses

organismos associados pode ser maior do que se as espécies estivessem sozinhas (Keller 1984).

A interação de *A. lacunatus* e *A. calandrae* como uma ferramenta do manejo integrado de pragas pode ser promissora, uma vez que esses inimigos naturais apresentam compatibilidade com o controle químico (inseticidas) e o físico (aeração), importantes métodos de controle de pragas de grãos armazenados (Baker & Weaver 1993, Flinn *et al.* 1997, Scholler 1998, Gonçalves *et al.* 2004). Além disso, tanto *A. lacunatus* quanto *A. calandrae* ocorrem em grãos infestados por *R. dominica*. Esse trabalho estuda a compatibilidade desses inimigos naturais na supressão da população desse coleóptero-praga.

### **Material e Métodos**

**Criação de *R. dominica*.** O coleóptero *R. dominica* foi criado em câmara climatizada, à temperatura de  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h, a partir de adultos provenientes da criação estoque do laboratório. Esta criação foi iniciada com 50 adultos de *R. dominica* em placas de Petri, contendo grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida). Os ovos dessa praga foram coletados com peneira de orifícios de 1 mm de diâmetro, sete dias após a montagem das criações, tempo suficiente para que o inseto iniciasse a oviposição, e colocados em outras placas com a mesma dieta. Esses ovos foram coletados de acordo com um calendário, para que houvesse disponibilidade de adultos de *R. dominica* com idade conhecida. O controle da infestação de *A. lacunatus* sobre as criações de *R. dominica* foi realizado por meio da utilização de 0,6 mg i. a./g de enxofre sobre os grãos de trigo.

**Criações de *A. lacunatus* e *A. calandrae*.** Indivíduos de *A. lacunatus* e *A. calandrae* foram obtidos de criações massais de *R. dominica* infestadas por esses inimigos naturais

há mais de quatro anos. As criações foram conduzidas separadamente para cada inimigo natural, à temperatura de  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h.

**Ensaio da Interação entre *A. lacunatus* e *A. calandrae* sobre *R. dominica*.** As unidades experimentais consistiram de placas de Petri de 140 x 10 mm (diâmetro x altura), contendo 30 g de grãos de trigo com teor de água de 13% b.u. (base úmida), infestados com 20 adultos não-sexados de *R. dominica*, com idade entre três e sete dias. Os tratamentos consistiram na inoculação de *A. lacunatus* e *A. calandrae*, isoladamente e em conjunto, em oito repetições. Foram realizadas três inoculações de cinco fêmeas adultas por placa de Petri no período de cinco, dez e quinze dias após a infestação de *R. dominica*, tempo suficiente para que esse coleóptero colocasse os primeiros ovos e as larvas eclodissem. As placas foram revestidas com filme plástico de PVC para evitar que os insetos e os ácaros escapassem e também para prevenir uma possível contaminação com indivíduos de outras espécies. Em cada placa, foram feitos três furos com alfinete entomológico no filme de PVC, de maneira a permitir uma melhor troca de ar com o meio externo. Todos os tratamentos foram armazenados por 60 dias em câmara climática ajustada a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  UR e escotofase de 24 h.

Após o período de armazenamento, avaliou-se o efeito de *A. lacunatus* e *A. calandrae* sobre as populações de *R. dominica*. Para isso, a massa de grãos de cada placa foi passada em peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, separando-se os indivíduos de *A. calandrae* e *R. dominica* dos grãos e o resíduo (pó) contendo fases imaturas, ovos e larvas de *R. dominica* e adultos de *A. lacunatus*. Em seguida, procedeu-se à determinação da perda de massa dos grãos de trigo (%), através da alteração da massa com o término do experimento. Foram quantificados os números de fêmeas de *A. lacunatus* em processo de fisogastria, ovos de *R. dominica* parasitados ou não pelo ácaro, adultos de *A. calandrae*, larvas de primeiro ínstar de *R. dominica* e adultos desse

coleóptero. O resíduo da massa de grãos foi analisado com auxílio de microscópio estereoscópico.

A taxa instantânea de crescimento de *R. dominica* ( $r_i$ ) foi calculada usando a equação:  $r_i = [\ln(N_f/N_0)]/t$ ; onde  $N_f$  = número final de coleópteros vivos;  $N_0$  = número inicial de coleópteros vivos;  $t$  = variação de tempo (número de dias em que o ensaio foi executado) (Walthall & Stark 1997).

Os dados avaliados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

### **Resultados e Discussão**

O número de adultos de *R. dominica* apresentou diferença significativa com a ação dos inimigos naturais *A. lacunatus* e *A. calandrae* ( $F_{3,28} = 64,42$ ;  $P < 0,001$ ). Nota-se que houve supressão populacional de *R. dominica*, quando esse coleóptero foi associado aos inimigos naturais. No entanto, os menores números de adultos desse inseto-praga foram observados quando *A. calandrae* esteve presente isoladamente ou associado ao *A. lacunatus* (Tabela 1). Estes resultados demonstram uma superioridade de *A. calandrae* sobre *A. lacunatus*. Isto pode estar relacionado com a densidade inicial de *R. dominica* em estudo, uma vez que os inimigos naturais apresentam potencial de parasitismo diferenciado com a densidade do hospedeiro (Smith 1994, Flinn & Hagstrum 2002).

De acordo com Flinn & Hagstrum (2002), se um inimigo natural apresenta um curto período de tempo de manipulação do hospedeiro, isto significa que ele pode parasitar um maior número de hospedeiros em um determinado intervalo de tempo. Isto foi observado para *A. calandrae*, que é mais eficiente parasitando larvas de *Sitophilus zeamais* Motschulsky em baixas densidades, enquanto outro himenóptero, *Theocolax elegans* (Westwood), parasita um maior número de hospedeiros em densidades mais altas (Smith 1994).

Assim como observado para o número de adultos de *R. dominica*, a taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ) desse coleóptero ( $0,0605 \pm 0,004$ ) também apresentou diferença significativa com o parasitismo dos inimigos naturais ( $F_{3;28} = 25,23$ ;  $P < 0,001$ ). O menor crescimento da população de *R. dominica* foi observado com *A. calandrae* ( $0,0348 \pm 0,031$ ) e em seguida com a *A. lacunatus* ( $0,0520 \pm 0,012$ ). No entanto, quando esses inimigos foram associados, a  $r_i$  desse coleóptero ( $0,0351 \pm 0,038$ ) não apresentou diferença significativa com a supressão obtida com *A. calandrae* isoladamente.

No que se refere ao número de ovos ( $F_{3;28} = 119,42$ ;  $P < 0,001$ ) e larvas ( $F_{3;28} = 507,43$ ;  $P < 0,001$ ) de *R. dominica*, também houve diferença significativa com os diferentes tratamentos. Observa-se que os menores números de imaturos desse coleóptero foram encontrados nos tratamentos utilizando *A. lacunatus* sozinho e associado a *A. calandrae* (Fig. 1).

Em um ecossistema de grãos armazenados, a liberação combinada de inimigos naturais que atacam diferentes estágios de desenvolvimento de seus hospedeiros pode aumentar a eficiência do controle biológico (Scholler 1998, Gonçalves *et al.* 2003), fato observado pela associação de *A. lacunatus* e *A. calandrae* sobre uma população de *R. dominica*. Outros resultados de sucesso com interações entre inimigos naturais foram observados para *Venturia canescens* (Gravenhorst) e *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Press 1989), *Trichogramma pretiosum* Riley e *Bracon hebetor* (Say) (Brower & Press 1990).

Por outro lado, a associação entre inimigos naturais pode afetar de forma adversa esses organismos (Scholler 1998). Nota-se que houve diferença significativa para o número de *A. lacunatus* fisogástricos ( $F_{3;28} = 28,79$ ;  $P < 0,001$ ) e o número de vespas adultas de *A. calandrae* ( $F_{3;28} = 119,42$ ;  $P < 0,001$ ). Neste contexto, a associação de *A. lacunatus* com *A. calandrae* proporcionou os menores números desses inimigos naturais (Tabela 1). Isto já era esperado, uma vez que os dois inimigos naturais em conjunto

interagiram com a mesma densidade do hospedeiro que foi oferecida para ambas as espécies isoladamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Wen & Brower (1995), num ensaio de competição de *A. calandreae* e *T. elegans*. Outros resultados de interações adversas entre inimigos naturais foram observados para *B. hebetor*, que suprimiu *V. canescens* em uma população de *Cadra cautella* (Walker) (Press *et al.* 1977); para *T. pretiosum* que parasitou ovos de *X. flavipes*; e para *X. flavipes* que predou ovos de *C. cautella* parasitados por *T. pretiosum* (Brower & Press 1988).

A perda de massa dos grãos de trigo apresentou diferença significativa com a utilização dos inimigos naturais ( $F_{3;28} = 40,79$ ;  $P < 0,001$ ). Nota-se que *A. calandreae* tanto sozinha como associada ao ácaro parasita proporcionou as menores perdas de massa dos grãos (Fig. 2). É possível que essa perda seja ainda menor utilizando-se a interação de *A. lacunatus* e *A. calandreae* com o controle químico e o físico, uma vez que pesquisas anteriores já constataram a compatibilidade desses organismos com esses métodos de controle (Baker & Weaver 1993, Flinn 1998, Gonçalves *et al.* 2004).

Em geral, o uso isolado de vespas demonstrou menor taxa instantânea de crescimento populacional de *R. dominica* e perda de massa dos grãos. Entretanto, quando esse inimigo natural foi associado a *A. lacunatus*, além de ter preservado seu potencial, também apresentou os menores números de imaturos de *R. dominica*, concluindo-se que a interação de *A. lacunatus* com *A. calandreae* é uma importante ferramenta para a supressão populacional de *R. dominica*.

### Literatura Citada

**Baker, J.E. & D.K. Weaver.** 1993. Resistance in field strains of the parasitoid *Anisopteromalus calandreae* (Hymenoptera: Pteromalidae) and its host, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), to malathion, chlorpyrifos-methyl, and pirimiphos-methyl. Biol. Control 3: 233-242.

- Brower, J.H. & J.W. Press. 1988.** Interaction between the egg parasite *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and a predator, *Xylocoris flavipes*, (Hemiptera: Anthocoridae) of the almond moth, *Cadra cautella*, (Lepidoptera: Pyralidae). J. Entomol. Sci. 23: 342-349.
- Brower, J.H. & J.W. Press. 1990.** Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in suppressing stored-product moth populations in small inshell peanut storages. J. Econ. Entomol. 83: 1096-1101.
- Flinn, P.W. 1998.** Temperature effects on efficacy of *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) to suppress *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Econ. Entomol. 91: 320-323.
- Flinn, P.W. & D.W. Hagstrum. 2002.** Temperature-mediated functional response of *Theocolax elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. J. Stored Prod. Res. 38: 185-190.
- Flinn, P.W., D.W. Hagstrum & W.E. Muir. 1997.** Effects of time of aeration, bin size, and latitude on insect populations in stored wheat: a simulation study. J. Econ. Entomol. 90: 646-651.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2001.** Parasitismo de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Acarophenacidae) em ovos de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). Eng. Agric. 9: 242-250.
- Gonçalves, J.R., C.R.F. de Oliveira & C.H.C. Matos. 2003.** Potencial de *Trichogramma* spp. no controle de pragas de grãos armazenados. Eng. Agric. 11: 65-71.
- Gonçalves, J.R., L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & C.R.F. de Oliveira. 2004.** Insecticide selectivity to the parasitic mite *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz)

- (Prostigmata: Acarophenacidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) (Coleoptera: Bostrichidae). Neotrop. Entomol. 33: 243-248.
- Guedes, R.N.C. & K.Y. Zhu. 1998.** Characterization of malathion resistance in a Mexican population of *Rhyzopertha dominica*. Pestic. Sci. 53: 15-20.
- Guedes, R.N.C., B.A. Dover & S. Kambhampati. 1996.** Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. population of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Econ. Entomol. 89: 27-32.
- Kakehashi, N., Y. Suzuki & Y. Iwasa. 1984.** Niche overlap of parasitoids in host-parasitoid system: its consequence to single versus multiple introduction controversy in biological control. J. Appl. Ecol. 21: 115-131.
- Keever, D.W., M.A. Mullen, J.W. Press & R.T. Arbogast. 1986.** Augmentation of natural enemies for suppressing two major insect pests in stored farmers stock peanuts. Environ. Entomol. 15: 767-770.
- Keller, M.A. 1984.** Reassessing evidence for competitive exclusion of introduced natural enemies. Environ. Entomol. 13: 192-195.
- Lorini, I. 2002.** Manejo integrado de pragas de grãos armazenados (MIPGrãos). p. 607-621. In I. Lorini, L.H. Miike & V.M. Scussel (eds.). Armazenagem de grãos, Instituto Bio Geneziz, 983p.
- Menon, A., P.W. Flinn & B.A. Dover. 2002.** Influence of temperature on the functional response of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Stored Prod. Res. 38: 463-469.
- Oliveira, C.R.F. de, L.R.A. Faroni, R.N.C. Guedes & A. Pallini. 2003.** Parasitism by the mite *Acarophenax lacunatus* on beetle pests of stored products. Biocontrol 48: 503-513.

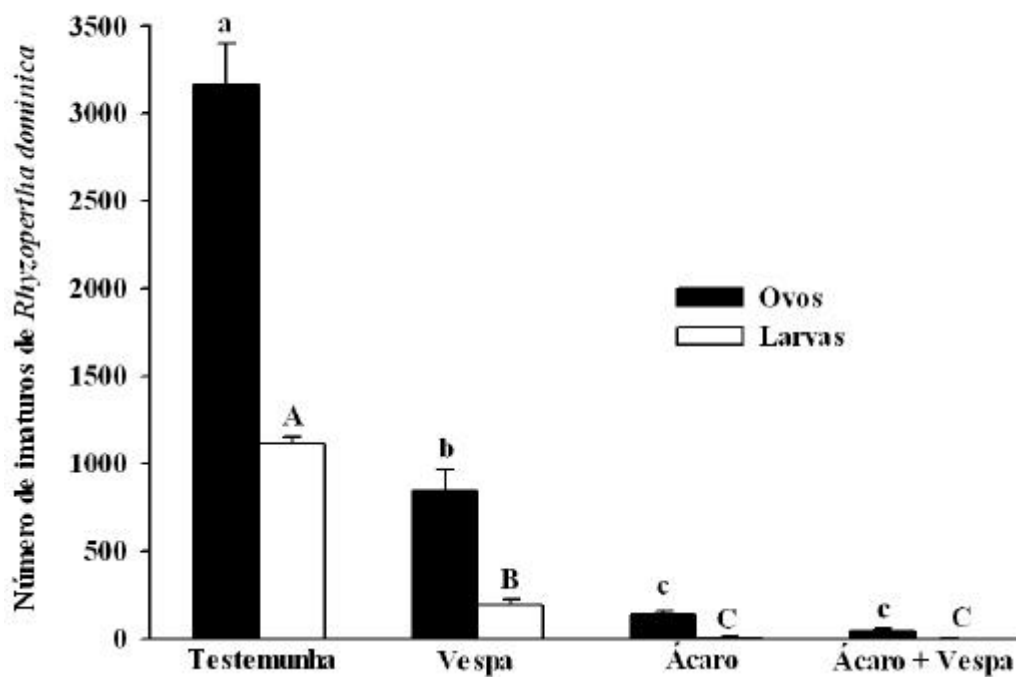
- Okamoto, K. 1971.** The synchronization of the life cycles between *Callosobruchus chinensis* (L.) and the parasite *Anisopteromalus calandrae* Howard. Jpa. J. Ecol. 21: 233-237.
- Press, J.W. 1989.** Compatibility of *Xylocoris flavipes* (Hymenoptera: Anthocoridae) and *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) for suppression of the almond moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Entomol. Sci. 24: 156-160.
- Press, J.W., B.R. Flaherty & R.T. Arbogast. 1977.** Interactions among *Nemeritis canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae), and *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Kans. Entomol. Soc. 50: 259-262.
- Scholler, M. 1998.** Integration of biological and non-biological methods for controlling arthropods infesting stored products. Postharv. News Inf. 9: 15-20.
- Scholler, M., S. Prozell, A.G. Al-Kirshi & C. Reichmuth. 1997.** Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res. 33: 81-97.
- Smith, L. 1994.** Temperature influences functional response of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing maize weevil larvae in shelled corn. Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 849-855.
- Walthall, W.K. & J.D. Stark. 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.
- Wen, B., L. Smith & J.H. Brower. 1994.** Competition between *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) in corn. Environ. Entomol. 23: 367-373.

**Wen, B. & J.H. Brower. 1995.** Competition between *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature rice weevils (Coleoptera: Curculionidae) in wheat. *Biol. Control* 5: 151-157.

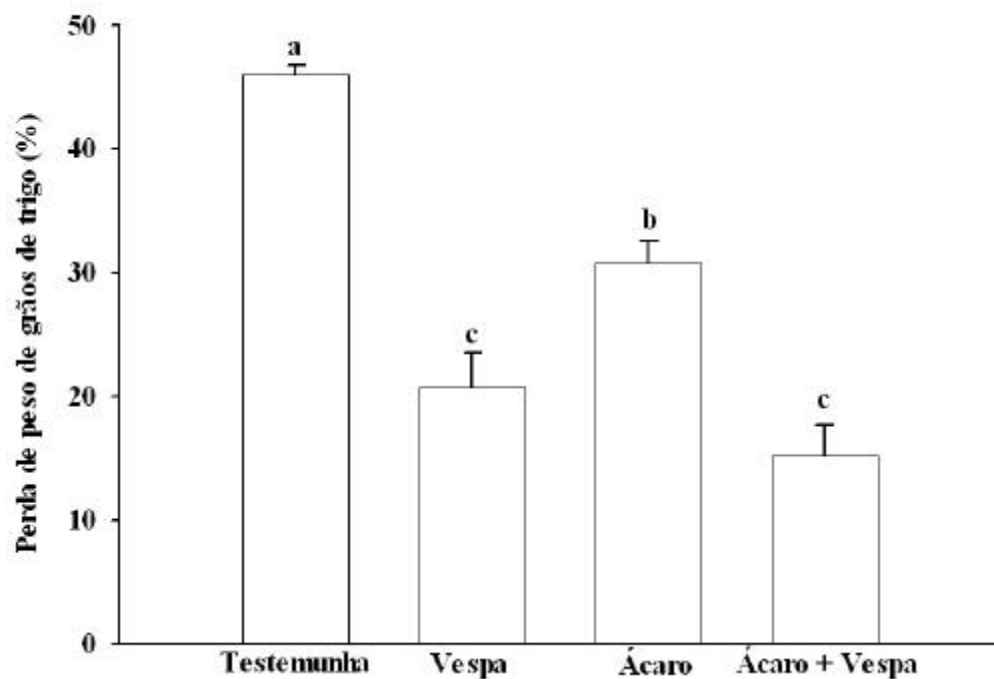
**Tabela 1.** Número médio de adultos de *R. dominica* e seus inimigos naturais *A. lacunatus* e *A. calandrae*, criados isoladamente ou associados, sobre grãos de trigo, após 60 dias do armazenamento a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  de UR e 24 h de escotofase.

Tratamentos	<i>R. dominica</i> <sup>1</sup>	<i>A. lacunatus</i> <sup>2</sup>	<i>A. calandrae</i> <sup>2</sup>
<i>R. dominica</i>	755,75±17,43 a		
<i>R. dominica</i> + <i>A. lacunatus</i>	461,00±30,93 b	699,13±74,53 a	
<i>R. dominica</i> + <i>A. lacunatus</i> + <i>A. calandrae</i>	197,75±46,49 c	194,75±57,28 b	8,50±2,02 b
<i>R. dominica</i> + <i>A. calandrae</i>	182,25±33,21 c		24,50±3,28 a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelos testes de Duncan<sup>(1)</sup> e *F*<sup>(2)</sup>, a 5% de probabilidade.



**Figura 1.** Efeito dos inimigos naturais *A. calandrae* (vespa) e *A. lacunatus* (ácaro), isoladamente e em conjunto, sobre o número de ovos e larvas de *R. dominica*, após 60 dias da infestação de grãos de trigo a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  de UR e 24 h de escotofase. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.



**Figura 2.** Perda de massa de grãos de trigo em função da infestação de *R. dominica* associada a *A. calandreae* (vespa) e *A. lacunatus* (ácaro), isoladamente e em conjunto, após 60 dias do armazenamento a  $30\pm 1$  °C,  $60\pm 5\%$  de UR e 24 h de escotofase. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

## Conclusões Gerais

---

Na busca de uma alternativa para controlar as infestações indesejadas de *A. lacunatus* nas criações massais e testemunhas de experimentos utilizando *R. dominica*, concluiu-se que a faixa de dose entre 0,6 e 3,0 mg i.a./g de enxofre sobre grãos de trigo pode ser utilizada para conter infestações desse ácaro sem comprometer o desenvolvimento de *R. dominica*. Esta técnica é importante, uma vez que possibilita a otimização de material e espaço físico de um único laboratório, ou de uma mesma câmara climática, de forma a agilizar os estudos e reduzir os custos de implantação dos experimentos com *A. lacunatus*.

Em relação à interação de *A. lacunatus* com deltametrina, pode-se concluir que o dobro da dose recomendada pelo fabricante (1,00 mg i.a./kg) não é compatível com uso desse inimigo natural. No entanto, as doses entre 0,625 e 0,875 mg i.a./kg associadas a *A. lacunatus* demonstraram ser uma importante ferramenta para supressão populacional de adultos e imaturos de *R. dominica*, num período de 60 dias do armazenamento dos grãos de trigo com uma menor perda de grãos.

Assim como a utilização de deltametrina, a manipulação da temperatura da massa de grãos de trigo também é um importante método de controle de *R. dominica*, e pode ser associado a *A. lacunatus*. A manutenção dos grãos de trigo a 20 °C, embora não seja favorável ao desenvolvimento desse inimigo natural, é a mais recomendada, na medida que proporciona um menor desenvolvimento de *R. dominica* e conseqüentemente uma maior proteção dos grãos.

Da mesma forma que se observou com o deltametrina e a temperatura, o parasitóide *A. calandreae* também foi compatível em associação com *A. lacunatus* na supressão populacional de *R. dominica*. A utilização isolada da vespa mostrou um menor crescimento populacional de *R. dominica* e uma menor perda de massa dos grãos de

trigo. A associação desse inimigo natural com *A. lacunatus* além de ter preservado seu potencial, também apresentou os menores números de imaturos de *R. dominica*.

Apesar das informações acrescentadas com a presente pesquisa, um dos maiores obstáculos para utilização de *A. lacunatus*, como uma ferramenta do manejo integrado de *R. dominica*, é convencer os gerentes de unidades armazenadores de que é possível, através da associação de inimigos naturais com métodos químicos, físicos e biológicos, proporcionar uma maior proteção aos grãos de trigo contra esse inseto-praga.