

HELENARA DOS SANTOS BECKEL

**Comportamento de *Rhyzopertha dominica* (F.)
(Coleoptera: Bostrychidae) em Relação à Resistência
ao Inseticida Deltamethrin**

**CURITIBA
2000**

HELENARA DOS SANTOS BECKEL

**Comportamento de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:
Bostrychidae) em Relação à Resistência ao Inseticida
Deltamethrin**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Entomologia, do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.
Orientação: Prof^a Dr^a Sonia Maria Noemberg Lazzari
Dr. Irineu Lorini

Curitiba
2000

Comportamento de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera:
Bostrychidae) em Relação à Resistência ao Inseticida
Deltamethrin



Prof. Dra. Sonia M.N Lazzari

Dr. Irineu Lorini

Dr. Paulo R.V. da Silva

Este trabalho foi realizado mediante o convênio existente entre a Universidade Federal do Paraná e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Embrapa cod. 10200.88/005-1).

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Irineu Lorini pelo apoio e incentivo incessantes, por seus esclarecimentos, críticas e cooperação, durante a realização deste trabalho.

À Prof^a Dr^a Sonia M. N. Lazzari, pela orientação, apoio e amizade no decorrer desta pesquisa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Trigo, pela cessão do Laboratório de Entomologia, material biológico, e equipamentos utilizados durante o trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Zoologia, da Universidade Federal do Paraná, pelos ensinamentos transmitidos, amizade e incentivo.

Aos técnicos e funcionários da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Trigo, e em especial, a Nereide de Almeida, pelo carinho e colaboração na realização dos experimentos.

A todos os colegas do Curso de Pós-Graduação em Entomologia da UFPR, e, em especial, a Andreia Mauruto Chernaki, pelo carinho, companheirismo e amizade.

Aos meus familiares, pelo estímulo, carinho e atenção que sempre me dedicaram.

A Mateus Vieira, pelo incentivo e compreensão durante a realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) é uma das principais pragas de trigo, arroz e cevada armazenados e, devido ao uso intensivo de inseticidas, é uma das que apresentam maiores problemas de resistência. O objetivo geral deste trabalho foi verificar as alterações comportamentais de *R. dominica* em relação à resistência ao inseticida deltamethrin, em laboratório. Insetos adultos de quatro raças de *R. dominica* foram utilizados, sendo duas resistentes, BR6 e BR12, e duas suscetíveis, BR4 e UK1. A determinação da suscetibilidade das raças e a obtenção das concentrações letais foram executadas através de bioensaios que seguiram a metodologia padrão preconizada pela FAO. Posteriormente, as CL₅, CL₂₅ e CL₅₀ obtidas foram usadas nos testes para medir o hábito de deslocamento dos insetos sobre superfície tratada e, também, para testar o efeito repelente do inseticida deltamethrin sobre os insetos, em papel filtro impregnado e em grãos de trigo tratados. Os experimentos foram realizados sob condições controladas de temperatura (25 ± 1 °C) e de umidade relativa do ar (60 ± 5 %). Os resultados obtidos mostraram diferenças comportamentais significativas entre as raças resistentes e suscetíveis. As resistentes, BR6 e BR12, reduziram seu deslocamento sobre a superfície tratada de modo a evitar um maior contato com o inseticida. Estas raças também não dispersaram para porções de grãos de trigo tratados com deltamethrin, demonstrando uma reação de repelência a este inseticida. Contudo, não houve constatação de repelência em papel filtro contaminado com deltamethrin em nenhuma das raças. Os resultados sobre as alterações comportamentais de raças resistentes ao inseticida deltamethrin podem ser úteis para o manejo da resistência desta praga no armazenamento de trigo.

ABSTRACT

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) is one of the most important pests of stored wheat, rice, and barley. It was studied to verify behaviour alterations due to deltamethrin insecticide resistance. Adults of four strains were used, two resistant strains, BR6 and BR12, and two susceptible, BR4 and UK1, maintained in laboratory for the tests. Bioassays were carried out to determine the susceptibility of the strains and to get LC₅, LC₂₅, and LC₅₀ following the FAO methodology. The LCs were used to test the response on treated surface and the repellent effect of deltamethrin against the insects on impregnated filter paper and treated wheat grains. The experiments were performed on controlled temperature (25 ± 1 °C) and relative humidity (60 ± 5 %).

The results showed significant behaviour differences between resistant and susceptible strains. The resistant strains reduced walking behaviour on contaminated surface and were repelled by deltamethrin in treated wheat grain. Deltamethrin did not cause repellency to *R. dominica* on treated surface. The behaviour alteration of insects when exposed to insecticides is of fundamental importance for pest resistance management in stored wheat.

ÍNDICE

	Página
Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Índice	viii
Lista de Tabelas	x
Lista de Figuras	xiii
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	3
3. Material e Métodos	11
3.1 Raças de Insetos	11
3.2 Método de Criação dos Insetos	12
3.3 Bioensaio de Suscetibilidade das Raças	14
3.4 Hábito de Deslocamento	15
3.5 Repelência em Superfície Tratada	16
3.6 Dispersão Natural e Repelência em Grãos de Trigo Tratados com Deltamethrin	17
3.7 Análise Estatística	19

4. Resultados e Discussão	20
4.1 Determinação da Suscetibilidade das Raças de <i>R. dominica</i> ao Inseticida Deltamethrin	20
4.2 Hábito de Deslocamento	24
4.2.1 CL ₅	24
4.2.2 CL ₂₅	27
4.2.3 CL ₅₀	29
4.3 Repelência em Superfície Tratada	32
4.4 Dispersão Natural e Repelência em Grãos de Trigo Tratados com Deltamethrin	38
4.4.1 Dispersão Natural	38
4.4.2 Repelência em Grãos de Trigo Tratados com Deltamethrin	45
5. Conclusões	49
6. Referências Bibliográficas	51
Anexo	62

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1 Valores da CL_{50} ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de deltamethrin) para adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) expostos a papel filtro tratado com deltamethrin para a determinação do fator de resistência, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	21
Tabela 2 Avaliação da distância percorrida pelas raças de <i>Rhyzopertha dominica</i> sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL_5) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições, de 1 inseto cada, ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min., a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	25
Tabela 3 Avaliação da distância percorrida pelas raças de <i>Rhyzopertha dominica</i> sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL_{25}) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições, de 1 inseto cada, ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min., a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	28
Tabela 4 Avaliação da distância percorrida pelas raças de <i>Rhyzopertha dominica</i> sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL_{50}) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições, de 1 inseto cada, ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min., a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	31

Tabela 5 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , da raça suscetível BR4, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	34
Tabela 6 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , da raça suscetível UK1, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	35
Tabela 7 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , da raça resistente BR6, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	36
Tabela 8 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , da raça resistente BR12, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	37
Tabela 9 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> (raça BR4) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, 1999	39

Tabela 10 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> (raça UK1) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	40
Tabela 11 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> (raça BR6) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	41
Tabela 12 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> (raça BR12) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	42
Tabela 13 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> (raças BR4, UK1, BR6 e BR12) em grãos de trigo, nas CL_5 , CL_{25} e CL_{50} . Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 100 insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	48

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 Locais de procedência das raças de <i>Rhyzopertha dominica</i> (F.) usadas para os testes de resistência a deltamethrin, no Rio Grande do Sul	12
Figura 2 Frasco de vidro com grãos de trigo (variedade Embrapa 16) para a criação de <i>Rhyzopertha dominica</i> , a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, para experimentos de resistência a inseticidas, Passo Fundo, RS, 1999	13
Figura 3 Peneira utilizada para a obtenção dos ovos de <i>Rhyzopertha dominica</i> para estabelecer criações dos insetos para experimentos de resistência a inseticidas, Passo Fundo, RS, 1999	13
Figura 4 Hodômetro manual usado para medir a distância percorrida por adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> em papel filtro tratado com deltamethrin, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	16
Figura 5 Placa de Petri contendo uma metade de papel filtro tratada com deltamethrin (T) e outra metade não tratada (NT) para testar o comportamento de repelência de <i>Rhyzopertha dominica</i> , a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	17

Figura 6 Unidade experimental composta por dois potes de plástico com grãos de trigo usada para testar a repelência de deltamethrin sobre <i>Rhyzopertha dominica</i> , a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	18
Figura 7 Mortalidade de adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça BR4, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	22
Figura 8 Mortalidade de adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça UK1, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	22
Figura 9 Mortalidade de adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça BR6, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	23
Figura 10 Mortalidade de adultos de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça BR12, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	23

Figura 11 Padrão de deslocamento da raça UK1 de <i>Rhyzopertha dominica</i> , suscetível a deltamethrin, em papel filtro impregnado com solvente, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	26
Figura 12 Padrão de deslocamento da raça BR6 de <i>Rhyzopertha dominica</i> , resistente a deltamethrin, em papel filtro impregnado com deltamethrin (CL ₅), a 1 minuto após a liberação, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	26
Figura 13 Padrão de deslocamento da raça resistente BR6 de <i>Rhyzopertha dominica</i> , resistente a deltamethrin, em papel filtro impregnado com deltamethrin (CL ₂₅), a 24 horas após a liberação, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	29
Figura 14 Dispersão de <i>Rhyzopertha dominica</i> , em papel filtro, com metade tratada com deltamethrin (T) e metade não tratada (NT), a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	33
Figura 15 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça BR4, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	43
Figura 16 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça UK1, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR	

de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	43
Figura 17 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça BR6, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	44
Figura 18 Dispersão natural de <i>Rhyzopertha dominica</i> , raça BR12, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	44
Figura 19 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre <i>Rhyzopertha dominica</i> , raças BR4 e BR12, em grãos de trigo com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999	47

1. INTRODUÇÃO

A necessidade crescente de produtos para suprir a demanda mundial de alimentos, em função do crescimento populacional, exige que a qualidade do grão colhido na lavoura seja mantida com o mínimo de perdas até o consumo final (Lorini, 1999).

Um dos principais problemas existentes no setor de armazenagem é o uso inadequado de inseticidas ou mistura de inseticidas para combater infestações de pragas, bem como o despreparo dos aplicadores. O uso contínuo de inseticidas exerce uma pressão seletiva sobre os insetos e propicia condições para o desenvolvimento de resistência das pragas aos ingredientes ativos. Contudo, os químicos sintéticos, provavelmente, continuarão sendo, por algum tempo, a maior arma contra as pragas, devido à sua confiabilidade geral e ação rápida (Anônimo, 1986).

O inseto em estudo *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) é a principal praga de trigo armazenado no país, e há registros de resistência desta espécie ao deltamethrin (Lorini & Galley, 1996; 1999) e a outros de diversos grupos de inseticidas (Pacheco *et al.*, 1990; Sartori *et al.*, 1990; Sartori, 1993; Guedes *et al.*, 1996; 1997).

O inseticida deltamethrin é um dos mais importantes piretróides recomendados como protetor de grãos (Lorini & Galley, 1996; 1999). Devido às falhas que vem apresentando no controle de *R. dominica*, pesadas e freqüentes aplicações e misturas de inseticidas têm sido necessárias, acarretando, além da resistência dos insetos, problemas de resíduos tóxicos nos grãos, e poluição do ambiente de armazenagem (Jilani & Saxena, 1990).

Diante desta realidade, é nítida a importância que o manejo da resistência de

insetos aos inseticidas representa no setor de armazenagem de grãos, sendo um dos mais importantes assuntos a serem entendidos e colocados em prática, uma vez que é muito difícil controlar uma praga depois que esta se torna resistente a um químico. O manejo adequado pode reduzir o número de espécies resistentes ou no mínimo retardar certos problemas de resistência (Lorini, 1999).

O objetivo geral deste trabalho, portanto, foi determinar as alterações no comportamento de *R. dominica* em relação à resistência ao inseticida deltamethrin, através dos seguintes estudos específicos:

- a) Determinar o hábito de deslocamento de raças resistentes e suscetíveis de *R. dominica*, quando em contato com superfícies tratadas com deltamethrin;
- b) Estudar a dispersão natural de *R. dominica* na massa de grãos de trigo em laboratório, para testes de comportamento da espécie;
- c) Determinar o efeito da repelência de deltamethrin sobre raças suscetíveis e resistentes de *R. dominica*.

2. Revisão Bibliográfica

Um lote de grãos armazenados é um ecossistema sujeito a transformações, deteriorações e perdas, devido a interações entre os fenômenos físicos, químicos e biológicos (Santos, 1993). As perdas causadas pelas infestações de insetos é um dos problemas mais sérios em grãos armazenados, particularmente em países em desenvolvimento. Fatores como instalações de armazenamento inapropriadas (Padilha & Faroni, 1993; Lorini, 1999) e condições de umidade tropical (Padilha & Faroni, 1993; Obeng-ofori, 1995) acentuam as perdas nos armazéns.

Estima-se que, dos 80 milhões de toneladas de grãos produzidos anualmente no Brasil, 20 % são perdidos no processo de colheita, no transporte e armazenamento (Brasil, 1993), sendo que as perdas por ataque de pragas durante o armazenamento representam 10 %. Para o trigo, por exemplo, as perdas durante a colheita, armazenamento e processamento estão estimadas em 9,2 % (Brasil, 1993).

Devido às grandes perdas provocadas pelos insetos nos armazéns, o uso de produtos químicos foi intensificado, tanto como forma preventiva, quanto curativa (Padilha & Faroni, 1993). Inseticidas residuais são usados pelos armazenadores em pulverizações diretamente sobre os grãos, ou mesmo na superfície de pilhas de sacos e cargas de grãos (Collins *et al.*, 1988; 1993; Jembere *et al.*, 1995; Collins & Binns, 1996; Prates *et al.*, 1998; Rahim, 1998).

Os agroquímicos sintéticos provavelmente continuarão sendo, por algum tempo, a maior arma contra as pragas por causa de sua ação rápida, eficácia geral e habilidade em manter a alta qualidade dos produtos agrícolas demandada pelos consumidores urbanos atualmente (Anônimo, 1986).

No entanto, a forma indiscriminada como as substâncias químicas de controle têm sido utilizadas, resultam em graves problemas, como a seleção de raças resistentes aos inseticidas; ocorrência de resíduos químicos nos grãos após os tratamentos (Bengston *et al.*, 1983; Arthur, 1992; Hidalgo *et al.*, 1998; Rahim, 1998) e complicações legais e comerciais (Padilha & Faroni, 1993). Outro fator agravante é que, enquanto se dispõe de dezenas, e até centenas, de ingredientes ativos para o controle das pragas na lavoura, para os armazéns há poucos inseticidas registrados e comercializados (Picollo de Villar *et al.*, 1992; Lorini, 1993). Como exemplo, para o controle da principal praga de trigo, arroz e cevada armazenados no Brasil, *R. dominica*, dispõe-se apenas de dois ingredientes ativos eficientes e ambos apresentam restrições de uso (Lorini & Schneider, 1994; Lorini, 1999), pois, necessitam de várias características e padrões de segurança, tais como: persistir por longos períodos em concentrações letais para as pragas, não deixar resíduos tóxicos acima dos limites definidos por lei, não reduzir a viabilidade das sementes, além de apresentarem baixa toxicidade a mamíferos (Guedes, 1990/1991).

Segundo Georghiou (1983), desde o primeiro registro de resistência a inseticidas, por Melander, em 1914, fica evidente uma grande desvantagem dos inseticidas. O interesse em resistência foi intensificado com a introdução do DDT e com o rápido desenvolvimento de casos de resistência a organoclorados, organofosforados, carbamatos, e mais recentemente aos piretróides.

Ainda, de acordo com Georghiou (1983), a resistência é um fenômeno natural resultante de alterações nas populações de pragas ou patógenos que levam à perda de eficácia do produto. Tem origem genética, sendo, portanto, transmissível por hereditariedade. Dessa forma, a vida útil de um inseticida usado na agricultura é efetivamente limitada pelo desenvolvimento da resistência nas principais espécies alvo

(Sartori, 1993).

Dentre as consequências drásticas da evolução da resistência das pragas aos inseticidas, estão a aplicação mais freqüente de inseticidas, aumento na dosagem do produto, e substituição por um outro produto, geralmente de maior toxicidade (Georghiou, 1983).

A partir do registro dos primeiros casos de resistência, significativos avanços têm sido feitos para o conhecimento da resistência genética, fisiológica e bioquímica, mas o progresso foi pequeno com relação a formulações práticas para retardar sua evolução (Georghiou, 1983). Segundo Omoto & Guedes (1998), a evolução da resistência de pragas a inseticidas tem se tornado um dos grandes entraves em programas de controle de pragas envolvendo o uso de produtos químicos.

Para compreender os mecanismos fisiológicos de resistência de um inseto a um inseticida, deve-se saber como este exerce sua ação tóxica (Narahashi, 1983). Em insetos, os principais mecanismos de resistência são: (1) redução na sensibilidade de sítios alvos no sistema nervoso; (2) detoxificação metabólica dos inseticidas por enzimas, tais como esterases, monooxigenases, entre outras, e (3) decréscimo da penetração dos inseticidas no sítio alvo no inseto (Anônimo, 1986). Um quarto mecanismo que recentemente vem sendo estudado em insetos é a alteração comportamental provocada pelos químicos.

O sítio alvo de inseticidas do tipo DDT e piretróides tem sido identificado como o canal de sódio na membrana do neurônio. Estes inseticidas afetam a despolarização do canal de sódio, induzindo a repetitivas descargas que resultam numa hiperatividade do inseto. Os possíveis mecanismos ligados à baixa sensibilidade nervosa a inseticidas em raças resistentes incluem: ligações reduzidas do inseticida com a membrana nervosa, um grau menor de modificação do canal de sódio pelos inseticidas e modificação das

propriedades elétricas da membrana para reduzir as respostas repetitivas (Narahashi, 1983). Na resistência por "knockdown" na mosca doméstica, existe uma demora na resposta do neurônio do inseto aos inseticidas piretróides e ao DDT (Chang & Plapp, 1983; Miller *et al.*, 1983).

O metabolismo ou detoxificação é provavelmente o mais estudado mecanismo de resistência de insetos aos inseticidas. Este mecanismo permite ao inseto modificar ou detoxificar o inseticida a uma taxa suficiente o bastante para prevenir a ação no sítio alvo (Fukuto & Mallipudi, 1983). A degradação do inseticida pode ocorrer por vários processos metabólicos nos quais o produto é convertido em uma forma não tóxica ou mesmo eliminado rapidamente do corpo do inseto. Várias enzimas e sistemas enzimáticos estão envolvidos, como as esterases, oxidases, transferases e outras enzimas que aumentam sua eficiência ou sua quantidade nas raças resistentes (Oppenoorth, 1984; Yu & Nguyen, 1992).

Em algumas espécies de coleópteros de produtos armazenados houve comprovação da resistência bioquímica, como indicado por Subramanyam *et al.* (1989), utilizando inseticidas combinados com sinergistas. Estes autores observaram que a enzima carboxilesterase esteve envolvida na detoxificação de malathion em adultos resistentes de *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae); enquanto que oxidases e esterases foram responsáveis pela detoxificação de chlorpyrifos-methyl em adultos tolerantes de *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Cucujidae).

Guedes *et al.* (1997) demonstraram que a atividade específica da acetilcolinesterase diferiu significativamente entre populações resistentes e suscetíveis de *R. dominica*, indicando que a atividade aumentada da acetilcolinesterase pareceu estar associada com a resistência a organofosforados. E, com relação a resistência bioquímica aos piretróides,

estudos de Collins (1990), com a espécie *T. castaneum*, indicam que o aumento do metabolismo enzimático na molécula do inseticida envolveu oxidação e/ou hidrólise por ésteres.

As barreiras de penetração nos insetos são um mecanismo de resistência viável, sendo que a redução da penetração do inseticida pela cutícula é efetiva quando associada ao mecanismo de defesa metabólico (Matsumura, 1983; Chen & Mayer, 1985). A base genética deste mecanismo está relacionada a genes secundários, como o gene *pen* da mosca doméstica. Este é localizado no cromossomo III e é um gene recessivo que normalmente confere pouca ou nenhuma resistência na ausência de outro mecanismo de resistência e provavelmente não causa por si só significantes falhas de controle (Plapp & Wang, 1983; Roush & Daly, 1990).

Vários são os fatores que induzem a resistência de uma praga, sendo os tratamentos químicos reconhecidamente aqueles que afetam o comportamento dos insetos de diversas maneiras (Dethier *et al.*, 1960). Os efeitos dos inseticidas sobre o comportamento dos insetos têm sido verificados pela repelência de inseticidas exercida sobre as pragas (Hodges & Meik, 1986) e por alterações de comportamento provocadas pelos químicos (Lorini & Galley, 1998). O conhecimento do comportamento das espécies é essencial para formular estratégias para o manejo de pragas de produtos armazenados (Sinclair & Alder, 1985). Segundo Georgiou (1983), o comportamento de uma praga na superfície tratada com inseticida é um fator biológico que pode influenciar a seleção para resistência ao inseticida, acrescentando aos fatores genéticos e operacionais da resistência. É uma qualidade inerente à população, porém, de grande importância para determinar o risco de resistência.

Para *R. dominica* existem registros de resistência ao deltamethrin (Lorini & Galley, 1996; 1999); chlorpyrifos-methyl (Guedes *et al.*, 1996; 1997); pirimiphos-methyl e

malathion (Pacheco *et al.*, 1990; Sartori *et al.*, 1990; Sartori, 1993; Guedes *et al.*, 1996; 1997); e ao fenitrothion e fosfina (Pacheco *et al.*, 1990; Sartori *et al.*, 1990; Sartori, 1993). Pelo fato de *R. dominica* estar resistente à maioria dos inseticidas usados na proteção de grãos armazenados no Brasil, pesadas e freqüentes aplicações de inseticidas são necessárias para seu controle (Lorini, 1999).

Brun & Attia (1983) reforçam a importância de testar a resistência como uma base racional para o controle químico de pragas de grãos armazenados, indicando que estudos envolvendo alterações comportamentais em espécies alvo são importantes para elucidar alguns pontos sobre a resistência.

O inseticida deltamethrin é um dos mais importantes piretróides recomendados como protetor de grãos (Lorini & Galley, 1996; 1999), e o estudo do efeito repelente sobre *R. dominica* é importante para o controle da praga, uma vez que a ação repelente, por contato ou inalação, pode reduzir a probabilidade de infestação no grão (Hussain & Mondal, 1994).

Estudos de Collins *et al.* (1988) indicam que um completo conhecimento dos efeitos repelentes de compostos químicos podem permitir taxas de aplicação substancialmente reduzidas, diminuindo os resíduos químicos, custos e inibindo infestações posteriores devido às propriedades repelentes do protetor de grãos.

O comportamento das pragas em relação aos inseticidas vem contribuindo significativamente para a compreensão da reincidência dos insetos na massa de grãos, logo após o tratamento químico e sua sobrevivência em produtos armazenados. Testes de laboratório com *T. castaneum* demonstraram que a sobrevivência pode ser atribuída à fuga do contato com o inseticida, pois os insetos permanecem mais tempo em refúgios não contaminados contendo alimento (Pinniger, 1974).

Prickett & Ratcliffe (1977), estudando adultos de *T. castaneum*, observaram que os insetos evitaram superfícies tratadas com pyrethrins, bioresmethrin, DDT, e lindane, mas não superfícies tratadas com inseticidas organofosforados. Em contraste, Mondal (1984) concluiu que larvas de *T. castaneum* foram repelidas pela presença de pirimiphos-methyl em farinha, possivelmente após terem consumido parte do meio tratado. Em outros estudos, *R. dominica* (Laudani & Swank, 1954) e *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) (Chadwick, 1962) foram repelidos por grãos tratados com pyrethrin; embora tratamentos com deltamethrin tenham falhado em restringir a invasão de *R. dominica* em grãos tratados (Lorini & Galley, 1998). Hodges & Meik (1986) observaram que machos de *S. oryzae* foram repelidos por grãos tratados com permethrin, embora não tenha acontecido o mesmo com *T. castaneum*.

Segundo Collins *et al.* (1988), inseticidas que agem diretamente sobre o sistema nervoso central ou periférico (DDT e piretróides) podem, provavelmente, irritar mais ou repelirem coleópteros de produtos armazenados. Os químicos com um modo enzimático de ação, isto é, inibidores de acetilcolinesterase (carbamatos e organofosforados), podem agir com menor intensidade em relação à repelência.

Outros estudos relacionados a alterações de comportamento com adultos de *R. dominica* (Lorini & Galley, 1998) indicaram que a raça resistente BR7 reduziu significativamente seu hábito de deslocamento, quando em contato com papel filtro contaminado com o inseticida deltamethrin, em laboratório. Segundo os autores, os resultados sugerem que parte da resistência em *R. dominica* é explicada por alterações no comportamento da raça resistente, provavelmente, captando menos inseticida de superfícies tratadas. Muitos aspectos de comportamento existem, mas os estudados pelos autores como o comportamento de deslocamento e efeito repelente sobre papel filtro

impregnado com deltamethrin e repelência sobre grão tratado, com adultos de *R. dominica*, podem estar envolvidos em mecanismos de resistência a inseticidas. O manejo adequado da resistência pode reduzir o número de espécies resistentes ou no mínimo retardar certos problemas de resistência (Lorini, 1999). Assim, o efeito de inseticidas sobre o comportamento dos insetos é uma informação importante para se estabelecer programas que visam resolver ou minimizar o problema da resistência de pragas em produtos armazenados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 RAÇAS DE INSETOS

Cada raça de *R. dominica* utilizada no experimento apresenta um histórico diferente de exposição ao inseticida deltamethrin, que faz parte do grupo dos piretróides. A raça BR6, coletada em 1997 em uma unidade armazenadora de Santa Rosa (RS) (Figura 1), recebeu repetidos tratamentos do inseticida durante pelo menos oito anos antes da coleta, favorecendo o desenvolvimento da resistência (Lorini & Galley, 1999). A raça BR4 foi coletada em uma unidade armazenadora de Sertão, RS, em 1994, que não apresentava registro de tratamentos com deltamethrin. A raça BR12, foi coletada em Santo Ângelo, RS, em 1998, em uma unidade armazenadora com aplicação preventiva com deltamethrin, continuamente sobre os grãos. Já a raça UK1 é proveniente do Laboratório do Imperial College of Science Technology & Medicine da Universidade de Londres, onde é mantida em multiplicação por mais de 20 anos, sem a exposição ao inseticida deltamethrin. Uma amostra desta raça foi trazida ao Brasil, em 1997.

Todas as raças, desde a época da coleta, foram mantidas no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, RS, e em virtude disso, receberam as seguintes designações: geração F₁, indicando a primeira geração obtida em laboratório e criada sem a seleção com inseticida; e F^d representando as gerações de raças mantidas em laboratório com a seleção por deltamethrin.

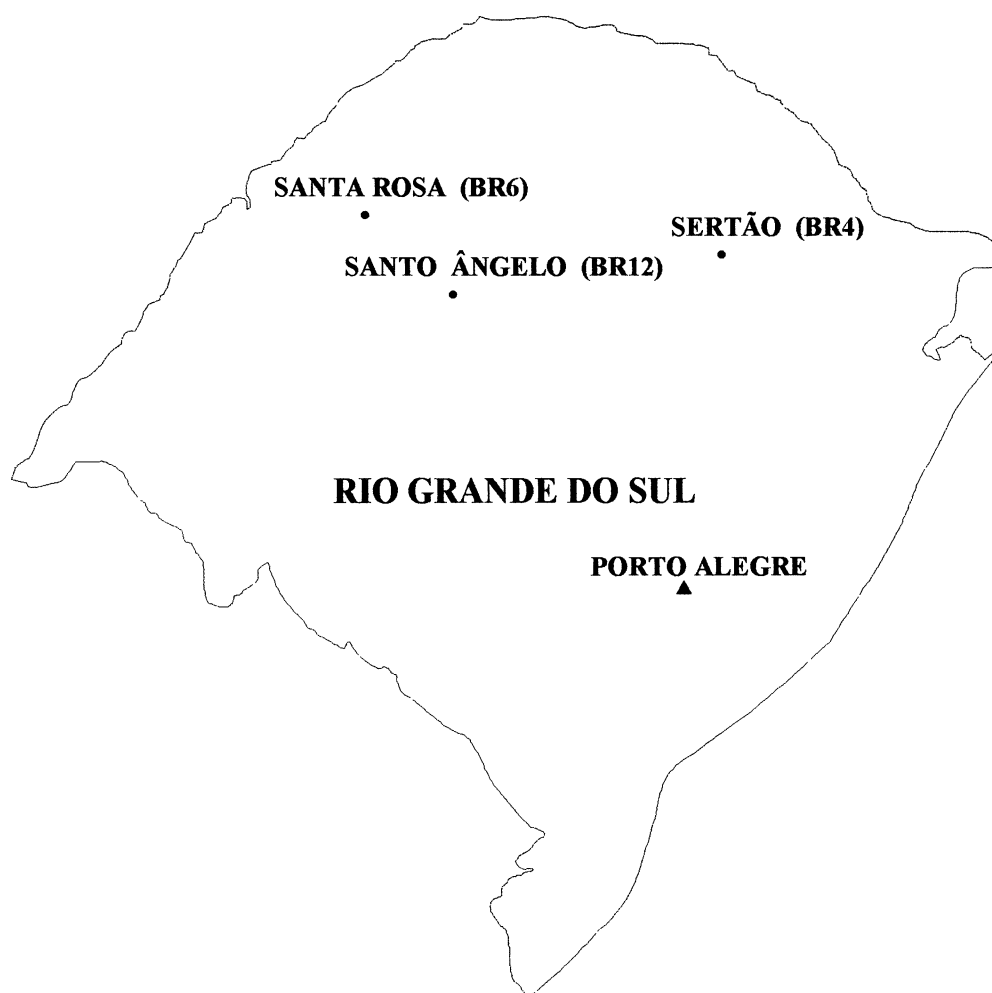


Figura 1. Locais de procedência das raças de *Rhyzopertha dominica* (F.) usadas para os testes de resistência a deltamethrin, no Rio Grande do Sul.

3.2 MÉTODO DE CRIAÇÃO DOS INSETOS

Os insetos foram multiplicados em frascos de vidro, previamente esterilizados, vedados com massa para calafetar e papel filtro, contendo grãos de trigo, variedade Embrapa 16 (Figura 2). Os grãos não receberam aplicação de inseticida durante sua produção a campo; foram mantidos em freezer a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e esterilizados em estufa por uma hora a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, antes de serem fornecidos como alimento para os insetos. Os frascos foram mantidos em sala climatizada, à temperatura e umidade relativa do ar de $25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $60 \pm 5\%$, respectivamente.

As gerações dos insetos para o estudo foram iniciadas com ovos coletados por peneiramento (peneira malha nº 20, abertura 850 µm) (Figura 3) da geração anterior. Este procedimento foi seguido através de todas as gerações de *R. dominica* (F.) para cada experimento que requereu controle de idade e da geração da praga.



Figura 2 Frasco de vidro com grãos de trigo (variedade Embrapa 16) para a criação de *Rhyzopertha dominica*, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5 \%$, para experimentos de resistência a inseticidas, Passo Fundo, RS, 1999.

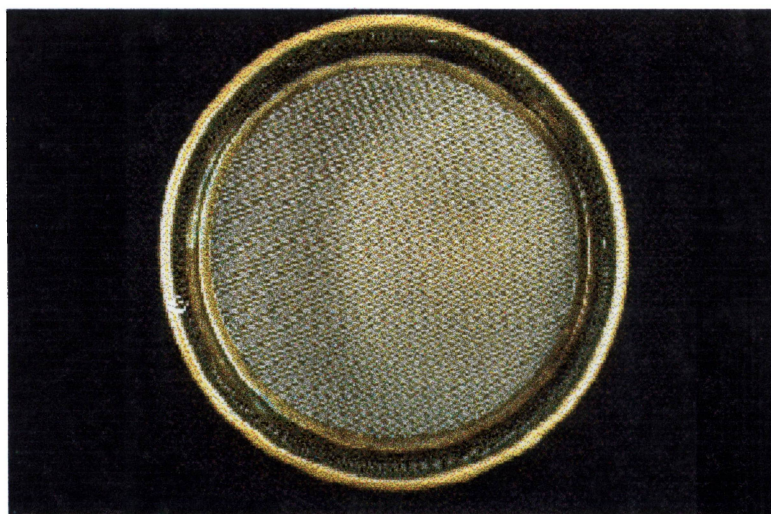


Figura 3 Peneira utilizada para a obtenção dos ovos de *Rhyzopertha dominica* para estabelecer criações dos insetos para experimentos de resistência a inseticidas, Passo Fundo, RS, 1999.

3.3 BIOENSAIO DE SUSCETIBILIDADE DAS RAÇAS

Para a avaliação da resistência foram realizados bioensaios seguindo-se os métodos recomendados pela FAO (Anônimo, 1974), com algumas modificações requeridas para a espécie em estudo.

Foram utilizados para o experimento, insetos adultos das raças resistentes BR6 (geração F_{17}^d) e BR12 (geração F_5), e das raças suscetíveis BR4 e UK1 (geração F_{27}).

Cada raça foi submetida a cinco tratamentos com deltamethrin e um controle, tratado apenas com solvente, testados sobre papel filtro. O inseticida deltamethrin 25 g i.a./l (Decis 25 CE), foi diluído em éter de petróleo para as concentrações requeridas, e 1,0 ml da concentração distribuído sobre o papel filtro de 9 cm de diâmetro, em quatro repetições.

O papel filtro foi mantido em sala ventilada durante aproximadamente uma hora, para evaporação do solvente, antes de ser colocado nas placas de Petri. Posteriormente, 10 insetos de *R. dominica* de 0-20 dias de idade, não sexados, foram liberados em cada repetição. O experimento foi mantido em sala climatizada, à temperatura e umidade relativa do ar de 25 ± 1 °C e 60 ± 5 %, respectivamente.

A avaliação da mortalidade, que visou estabelecer as concentrações letais, (CL_{50}), de cada raça, foi feita pela contagem do número de insetos vivos e mortos 24 horas após o tratamento, considerando-se mortos os insetos que não puderam caminhar normalmente durante um período de observação de 2 minutos.

3.4 HÁBITO DE DESLOCAMENTO

O método utilizado foi a impregnação de papel filtro, como descrito no item anterior, com a CL₅, CL₂₅ e CL₅₀ (concentrações letais que causam 5 %, 25 % e 50 % de mortalidade da população) e um controle sem inseticida, para cada raça.

Foram utilizados para o experimento, insetos adultos das raças resistentes BR6 (geração F^d₁₇) e BR12 (geração F₅), e das raças suscetíveis BR4 e UK1 (geração F₂₇), com 10-20 dias de idade, não sexados.

O experimento foi realizado em esquema fatorial e delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições, onde os fatores foram as raças e o tempo de avaliação em cada CL. A unidade experimental constou de placas de Petri com cinco insetos cada, mantidos em sala climatizada com temperatura e umidade relativa do ar de 25 ± 1 °C e 60 ± 5 %, respectivamente.

As avaliações da distância percorrida por cada inseto no papel filtro tratado foram realizadas a 1 minuto, e a 6, 12 e 24 horas após a liberação dos insetos. Estas foram feitas marcando-se com lápis a trajetória percorrida pelo inseto mais ativo de cada repetição, durante cinco minutos. Após, esse percurso foi medido com um hodômetro manual (Figura 4).

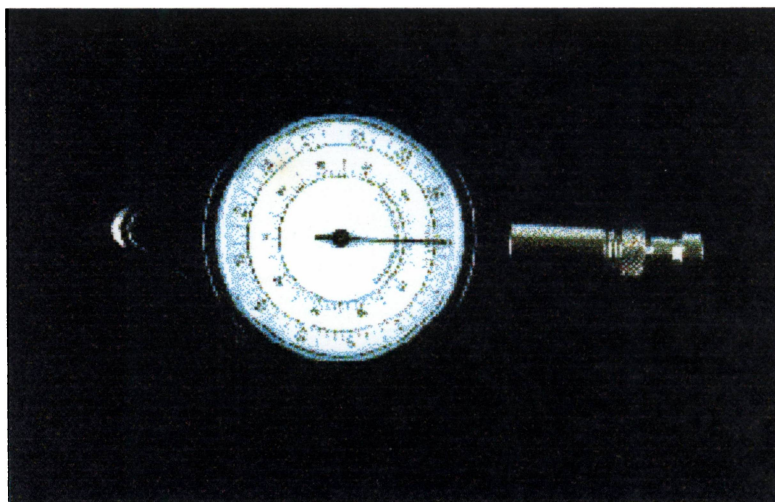


Figura 4 Hodômetro manual usado para medir a distância percorrida por adultos de *Rhyzopertha dominica* em papel filtro tratado com deltamethrin, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

3.5 REPELÊNCIA EM SUPERFÍCIE TRATADA

Foram utilizados para os testes de repelência sobre papel filtro, insetos adultos das raças resistentes BR6 (geração F_{18}^d) e BR12 (geração F_6) e das raças suscetíveis BR4 e UK1 (geração F_{28}) com 10-20 dias de idade, não sexados.

O papel filtro foi impregnado com a CL_5 , CL_{25} e CL_{50} de cada raça para o inseticida deltamethrin, como descrito no item 2.3, cortados ao meio e aderidos, por meio de uma fita adesiva, a uma outra metade de papel filtro tratada apenas com o solvente (Figura 5).

O experimento foi realizado em esquema fatorial, delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições, onde os fatores foram as CLs e o tempo de avaliação para cada raça.

A unidade experimental constou de placas de Petri com vinte insetos cada, mantidas em sala climatizada, com temperatura e umidade relativa do ar de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $60 \pm 5\%$, respectivamente.

As avaliações do tempo de exposição do inseto para repelência, foram realizadas a 1 hora, e a 1, 3 e 6 dias após a liberação dos insetos, quando foram contados o número de insetos vivos e mortos encontrados nas partes tratadas com o inseticida e tratadas com o solvente.



Figura 5 Placa de Petri contendo uma metade de papel filtro tratada com deltamethrin (T) e outra metade não tratada (NT) para testar o comportamento de repelência de *Rhyzopertha dominica*, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

3.6 DISPERSÃO NATURAL E REPELÊNCIA EM GRÃOS DE TRIGO TRATADOS COM DELTAMETHRIN

Foram utilizados insetos adultos das raças resistentes BR6 (geração F_{18}^d) e BR12 (geração F_6), e das raças suscetíveis BR4 e UK1 (geração F_{28}) com 20-30 dias de idade, não sexados.

A verificação do efeito repelente de deltamethrin foi feita inicialmente através do estudo da dispersão natural dos insetos em grãos de trigo, segundo a metodologia de Lorini & Galley (1998), com algumas modificações como o tamanho dos potes, número de insetos liberados e dias de avaliação. Este experimento foi realizado em delineamento de

blocos ao acaso, com quatro tratamentos de 100, 200, 300 e 400 insetos, para cada raça, em quatro repetições. Cada unidade experimental constou de dois potes de plástico, com capacidade de 250 ml, preenchidos com 240 g de grãos de trigo, justapostos e conectados com uma fita adesiva (Figura 6).

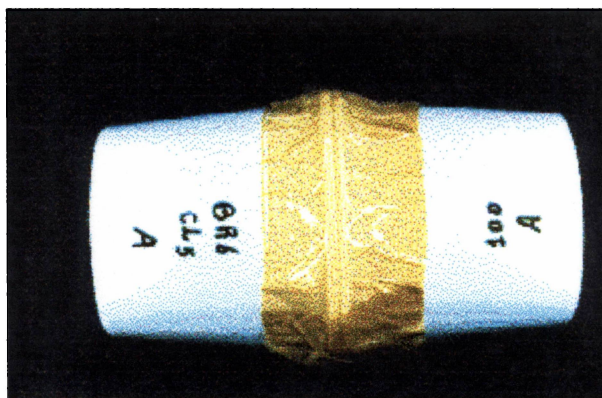


Figura 6 Unidade experimental composta por dois potes de plástico com grãos de trigo usada para testar a repelência de deltamethrin sobre *Rhyzopertha dominica*, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

A dispersão natural dos insetos nos grãos foi avaliada por meio da liberação dos insetos, em cada repetição, no fundo de um dos potes com os grãos. O outro pote de mesmo tamanho, também com grãos de trigo, foi colocado sobre o primeiro com o auxílio de uma lâmina de metal, retirada posteriormente. Os frascos foram unidos com fita adesiva, permitindo o fluxo dos insetos. Após a infestação, os potes foram colocados na posição horizontal e mantidos em sala climatizada com temperatura e umidade relativa do ar de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $60 \pm 5\%$, respectivamente. A dispersão dos insetos entre os dois potes foi avaliada a 1, 3, 6, 9 e 12 dias, mediante peneiramento (peneira com malha nº 20, abertura $850\ \mu\text{m}$) dos grãos e contagem do número de insetos em cada pote.

Para verificar a repelência ao deltamethrin, foi realizado um segundo experimento com metodologia similar à acima descrita, mas com o segundo pote preenchido com grãos de trigo tratados com a CL_5 , CL_{25} e CL_{50} de cada raça. Foram liberados 100 insetos no

fundo do pote contendo os grãos não tratados, em quatro repetições, e avaliados aos 12 dias após a liberação dos insetos, mediante peneiramento dos grãos e contagem do número de insetos em cada pote.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para determinação da CL_5 , CL_{25} e CL_{50} de cada raça, os resultados de mortalidade dos bioensaios foram analisados pelo programa estatístico GLIM, Royal Statistical Society versão 3.77 (Crawley, 1993). Os resultados da distância percorrida por cada raça, dispersão natural dos insetos e repelência em papel filtro e em grãos de trigo, foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade, usando o programa estatístico SISTANVA de propriedade da Embrapa Trigo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DAS RAÇAS DE *R. dominica* AO INSETICIDA DELTAMETHRIN

Os resultados dos bioensaios em papel filtro tratado com deltamethrin mostraram que as raças BR4 e UK1, como o histórico já indicava, foram as mais suscetíveis, e não apresentaram diferenças significativas entre os valores da CL_{50} (0,4187), (Tabela 1 e Figuras 7 e 8). Por outro lado, as raças BR6 e BR12 foram as mais resistentes ao deltamethrin, com fatores de resistência de 622 e 873 vezes, respectivamente (Tabela 1 e Figuras 9 e 10). Lorini & Galley (1999) encontraram níveis de resistência ainda maiores em insetos quando criados em laboratório sem a pressão de seleção exercida pelo inseticida, indicando que tais níveis, provavelmente, seriam ainda maiores para as raças coletadas diretamente nos armazéns.

As raças BR4 e UK1 usadas nesse trabalho pertencem à geração F_{27} , assim, pode-se inferir que estas representam a suscetibilidade natural de *R. dominica* ao deltamethrin, concordando com Lorini & Galley (1996; 1999). Estes autores trabalharam com estas raças e concluíram que os valores da CL_{50} representam o nível de tolerância normal desta espécie ao inseticida deltamethrin. Observaram ainda que a suscetibilidade dessas raças não foi alterada significativamente em nove gerações de criação em laboratório, sem pressão de seleção do inseticida. A raça resistente BR6 apresentou um valor de CL_{50} maior ($260,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) se comparado ao valor da CL_{50} dessa mesma raça, estudada por Lorini & Galley (1999), que foi de $3,324 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Este resultado se justifica, pois, a geração avaliada

pelos autores foi a F₁, enquanto que neste trabalho foi usada a geração F^d₁₇, mantidas sob constante pressão de seleção com deltamethrin.

Insetos da raça BR12 mostraram um alto nível de resistência sem a pressão de deltamethrin em laboratório (Tabela 1), comprovando a resistência de *R. dominica* ao inseticida, em armazéns de trigo, onde são adotados, na maioria das vezes, tratamentos preventivos executados de uma forma inadequada, com este produto. Elevados níveis de resistência de *R. dominica* a outros inseticidas organofosforados e a fosfina são encontrados como: Brun & Attia, (1983); Price, (1984); Pacheco *et al.*, (1990); Zettler & Cuperus, (1990); Collins *et al.*, (1993); Guedes *et al.*, (1997), demonstrando a dificuldade em controlar esta espécie.

Tabela 1 Valores da CL₅₀ (µg/cm² de deltamethrin) para adultos de *Rhyzopertha dominica* (F.) expostos a papel filtro tratado com deltamethrin para a determinação do fator de resistência, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo , RS, 1999.

Raças	CL ₅₀ (95% I.C.)*	a	EP _a	b	EP _b	FR
BR4 ₂₇	0,4187 (0,2845-0,7758) A	0,7044	0,2898	1,863	0,3915	
UK1 ₂₇	0,5463 (0,3457-1,657) A	0,4415	0,3137	1,681	0,5149	1,3
BR6 ^d ₁₇	260,5 (231,5-320,5) B	-13,7800	3,6110	5,702	1,5260	622,2
BR12 ₅	365,6 (353,9-380,2) C	-75,4000	13,3300	29,420	5,2210	873,2

* CL₅₀ e intervalo de confiança; os valores seguidos com as mesmas letras não são significativamente diferentes entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade

a = coeficiente linear; b = coeficiente angular; EP = Erro Padrão

FR = Fator de Resistência (qualquer CL₅₀ dividida pela CL₅₀ da raça BR4)

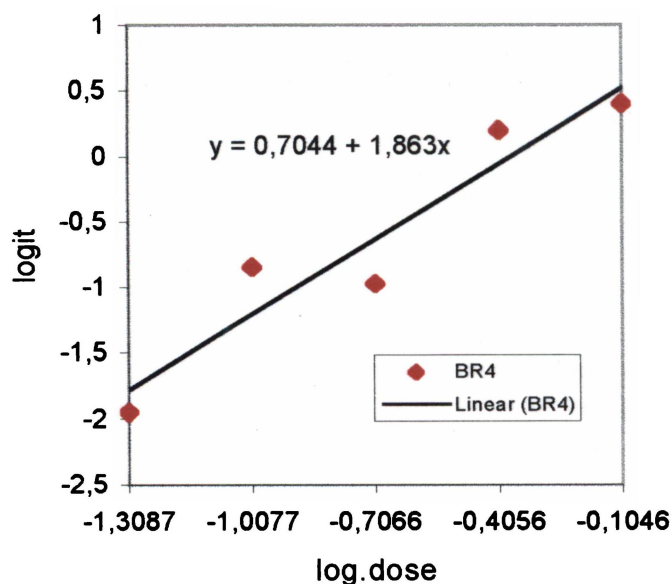


Figura 7. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica*, raça BR4, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

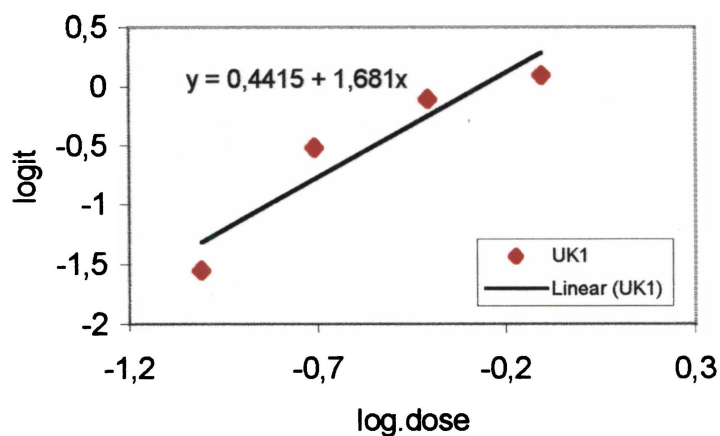


Figura 8. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica*, raça UK1, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

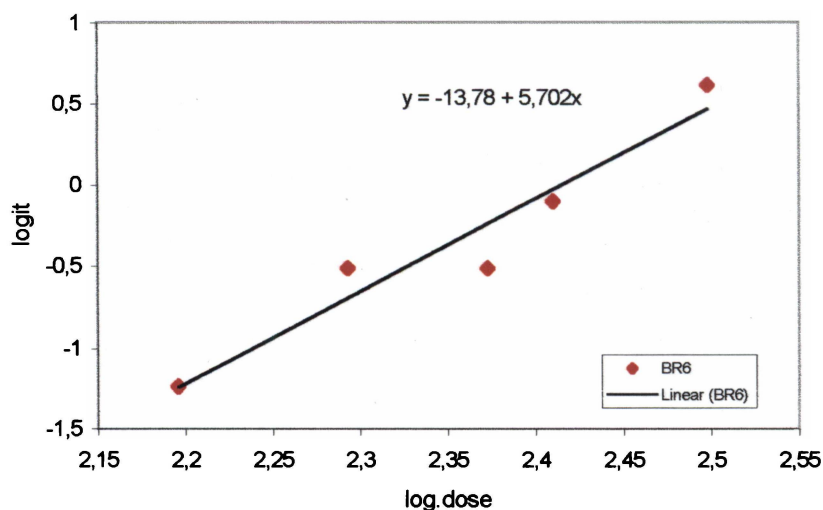


Figura 9. Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica*, raça BR6, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

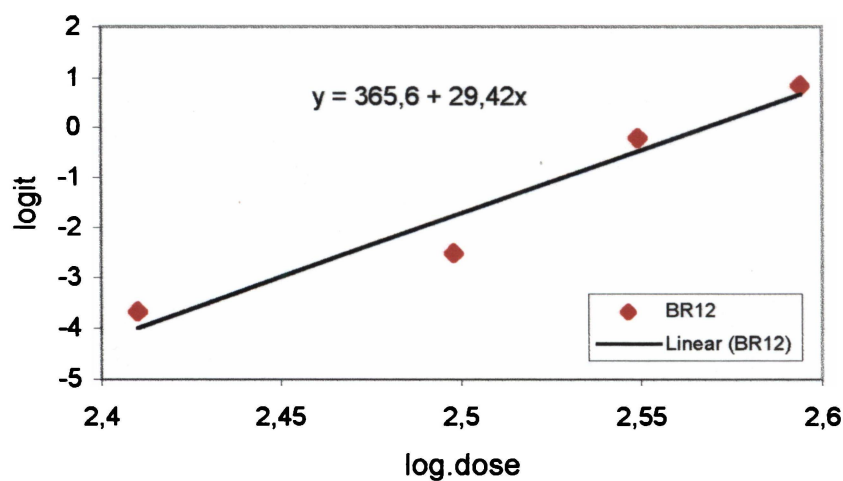


Figura 10 Mortalidade de adultos de *Rhyzopertha dominica*, raça BR12, a diferentes concentrações de deltamethrin ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$), em 5 repetições, em papel filtro impregnado com o inseticida, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $60 \pm 5\%$, Passo Fundo, RS, 1999.

4.2 HÁBITO DE DESLOCAMENTO

4.2.1 CL₅

Os resultados da distância percorrida pelas diferentes raças de *R. dominica* submetidas à CL₅ do inseticida (Tabela 2) mostraram alterações significativas. As raças suscetíveis, BR4 e UK1 (Figura 11), não apresentaram diferenças significativas na distância percorrida até 6 horas após a exposição ao inseticida, porém após 12 horas o deslocamento foi reduzido significativamente em relação ao controle sem inseticida. Vinte e quatro horas após a liberação, essas raças voltaram a ter o hábito de deslocamento estatisticamente semelhante ao obtido inicialmente, não diferente do controle. A raça resistente BR6 apresentou hábito de deslocamento estatisticamente semelhante ao do controle sem inseticida, quando exposta a um minuto na superfície tratada (Figura 12), reduzindo significativamente seu hábito de deslocamento, em relação ao do controle a 6, 12 e 24 horas após a liberação na superfície tratada. Estas três últimas avaliações não apresentaram diferenças significativas entre si. Já a raça resistente ao deltamethrin, BR12, reduziu significativamente seu hábito de deslocamento na superfície tratada somente a 24 horas após a liberação dos adultos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lorini & Galley (1998) para a raça BR4 de *R. dominica*, que não alterou estatisticamente seu hábito de deslocamento na superfície tratada com a CL₅ do deltamethrin, exceto a um minuto após a liberação na placa. Nesse mesmo trabalho, a raça resistente BR7 reduziu significativamente seu deslocamento na superfície tratada após a sexta hora de exposição ao inseticida, semelhante ao aqui registrado para a raça BR6.

Tabela 2 Avaliação da distância percorrida pelas raças de *Rhyzopertha dominica* sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL₅) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições, de 1 inseto cada, ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min., a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Raça CL₅ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	BR4 (0,011)	UK1 (0,009)	BR6 (79,5)	BR12 (290,2)
Controle	66,8 aAB ($\pm 8,52$)	56,6 abB ($\pm 7,66$)	74,0 aAB ($\pm 6,32$)	83,8 aA $\pm (4,76)$
1 minuto	47,8 abB ($\pm 14,72$)	71,8 aA ($\pm 11,36$)	70,0 aA ($\pm 6,78$)	63,6 aAB ($\pm 16,8$)
6 horas	66,8 aA ($\pm 13,93$)	71,2 aA ($\pm 20,19$)	15,2 bB ($\pm 4,91$)	66,0 aA ($\pm 8,66$)
12 horas	43,8 bAB ($\pm 9,90$)	39,4 bB ($\pm 18,71$)	14,8 bC ($\pm 5,16$)	64,6 aA ($\pm 10,69$)
24 horas	57,0 abA ($\pm 13,26$)	54,0 abA ($\pm 23,17$)	11,2 bB ($\pm 4,81$)	39,8 bA ($\pm 5,84$)

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade



Figura 11 Padrão de deslocamento da raça UK1 de *Rhyzopertha dominica*, suscetível a deltamethrin, em papel filtro impregnado com solvente, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

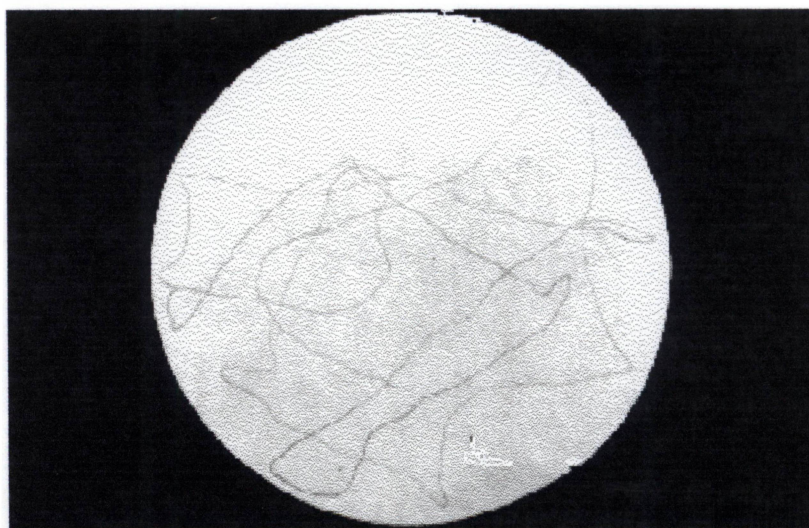


Figura 12 Padrão de deslocamento da raça BR6 de *Rhyzopertha dominica*, resistente a deltamethrin, em papel filtro impregnado com deltamethrin (CL₅), a 1 minuto após a liberação, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

4.2.2 CL₂₅

Os resultados da distância percorrida pelas diferentes raças, quando submetidas à CL₂₅, demonstraram diferenças comportamentais significativas (Tabela 3). As raças suscetíveis BR4 e UK1 reduziram significativamente seu hábito de deslocamento a 6, 12 e 24 horas após a liberação em superfície tratada, sendo que essas três últimas avaliações não apresentaram diferenças estatísticas entre si. A raça resistente BR6 não apresentou diferença significativa do controle, na distância percorrida, a 1 minuto após a exposição ao inseticida. Entretanto, a 6 horas, reduziu significativamente seu hábito de deslocamento; a 12 e 24 horas os resultados mostraram uma redução significativamente acentuada na distância percorrida, não apresentando essas duas últimas avaliações diferenças estatísticas entre si (Figura 13). Os resultados encontrados para a raça resistente BR6 são semelhantes aos encontrados para as raças suscetíveis BR4 e UK1, que também reduziram significativamente seu hábito de deslocamento a partir da sexta hora do período de avaliação. No entanto, os resultados observados, mostraram uma redução ainda mais acentuada no hábito de deslocamento para a raça BR6, evidenciando a diferença comportamental existente entre raças suscetíveis e resistentes.

A raça resistente BR12 apresentou diferença estatística em relação ao controle a 6 horas após a exposição ao inseticida, quando reduziu significativamente seu hábito de deslocamento. A 12 e 24 horas acentuou a redução na distância percorrida, semelhante ao que ocorreu para a raça BR6.

Tabela 3 Avaliação da distância percorrida pelas raças de *Rhyzopertha dominica* sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL₂₅) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições, de 1 inseto cada, ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min., a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Raça	BR4	UK1	BR6	BR12
CL₂₅ ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	(0,1078)	(0,1214)	(167,5)	(335,4)
Controle	66,8 aAB ($\pm 8,52$)	56,6 abB ($\pm 7,66$)	74,0 aAB ($\pm 6,32$)	83,8 aA ($\pm 4,76$)
1 minuto	72,8 aA ($\pm 8,34$)	68,0 aA ($\pm 17,42$)	76,0 aA ($\pm 13,60$)	69,2 abA ($\pm 13,55$)
6 horas	36,2 bA ($\pm 14,80$)	36,6 bcA ($\pm 13,16$)	13,0 bB ($\pm 2,54$)	47,4 bA ($\pm 24,51$)
12 horas	39,4 bA ($\pm 13,10$)	34,4 cA ($\pm 11,73$)	7,8 bcB ($\pm 2,58$)	23,4 cA ($\pm 8,79$)
24 horas	37,6 bA ($\pm 22,87$)	25,6 cA ($\pm 5,59$)	3,6 cB ($\pm 1,51$)	26,2 cA ($\pm 10,47$)

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade

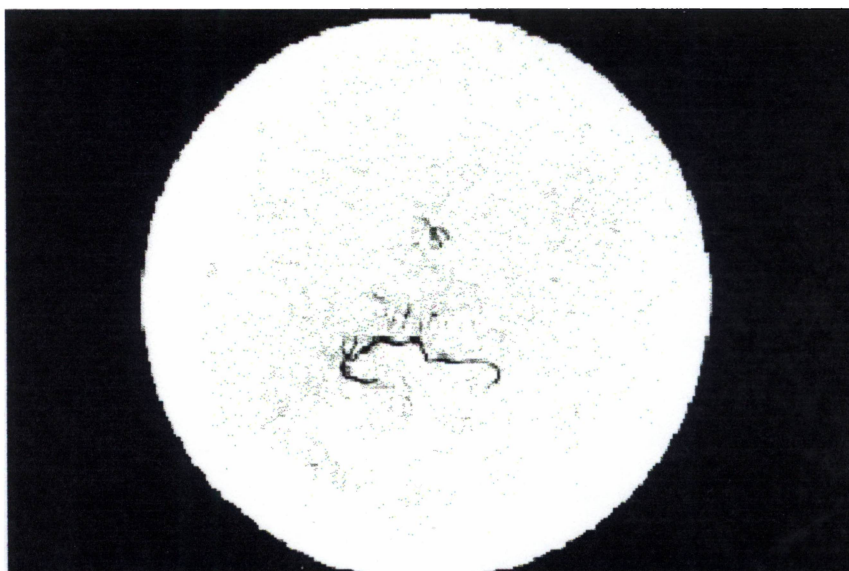


Figura 13 Padrão de deslocamento da raça resistente BR6 de *Rhyzopertha dominica*, resistente a deltamethrin, em papel filtro impregnado com deltamethrin (CL₂₅), a 24 horas após a liberação, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

4.2.3 CL₅₀

Os resultados da distância percorrida pelas raças de *R. dominica* submetidas à CL₅₀ do inseticida (Tabela 4) também destacaram as alterações comportamentais entre as diferentes raças. As raças suscetíveis BR4 e UK1 reduziram significativamente seu hábito de deslocamento a 6 horas após a exposição ao inseticida, sendo que a 24 horas a raça BR4 acentuou significativamente a redução, já com UK1 não houve diferenças significativas nas três últimas avaliações.

A raça BR6 reduziu significativamente o seu deslocamento desde 1 minuto com relação às suscetíveis. A BR12 apresentou uma redução significativa a 6 horas, porém, a 12 e 24 horas os insetos não caminharam.

As raças resistentes apresentaram reduções significativas em seu hábito de deslocamento nas diferentes CLs, ocorrendo uma redução acentuada na distância percorrida

da CL₅ para a CL₂₅, até a paralisação total dos insetos na CL₅₀, como observado na raça BR12 (Tabelas 2, 3 e 4).

Segundo Lorini & Galley (1998), a diferença nos resultados encontrados para raças resistentes e suscetíveis sugerem que parte da resistência em *R. dominica*, ao inseticida deltamethrin, é explicada por alterações no comportamento de deslocamento de raças resistentes, provavelmente captando menos inseticida de superfícies tratadas, por percorrerem distâncias menores. Estes resultados confirmam ainda que é pequena a evolução do conhecimento em relação à resposta comportamental de insetos a grãos tratados com inseticidas, como citado por Laudani & Swank (1954) e Hodges & Meik (1986).

Este estudo mostrou que a distância percorrida por *R. dominica* sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin foi diferente entre raças resistentes e suscetíveis. Assim, pode-se inferir que o estudo dessa característica da praga pode auxiliar na interpretação das estratégias de manejo da resistência ao inseticida em produtos armazenados, conforme indicado por Sinclair & Alder (1985).

Tabela 4 Avaliação da distância percorrida pelas raças de *Rhyzopertha dominica* sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL₅₀) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições, de 1 inseto cada, ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min., a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Raça	BR4	UK1	BR6	BR12
CL₅₀(μg/cm²)	(0,4187)	(0,5463)	(260,5)	(365,6)
Controle	66,8 aAB ($\pm 8,52$)	56,6 aB ($\pm 7,66$)	74,0 aAB ($\pm 6,32$)	83,8 aA ($\pm 4,76$)
1 minuto	61,2 aA ($\pm 11,12$)	71,0 aA ($\pm 8,42$)	40,6 bB ($\pm 14,32$)	55,8 bAB ($\pm 5,06$)
6 horas	20,6 bA ($\pm 7,63$)	21,8 bA ($\pm 6,97$)	4,0 cB ($\pm 3,53$)	10,0 cB ($\pm 9,56$)
12 horas	11,8 bcB ($\pm 8,31$)	22,0 bA ($\pm 4,94$)	3,6 cC ($\pm 1,51$)	0
24 horas	8,4 cB ($\pm 5,22$)	27,8 bA ($\pm 6,14$)	2,0 cC ($\pm 1,87$)	0

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade

4.3 REPELÊNCIA EM SUPERFÍCIE TRATADA

Os resultados mostraram que não houve efeito de repelência em superfície tratada com deltamethrin para as diferentes raças de *R. dominica* testadas (Tabelas 5 a 8 e Figura 14).

Os resultados encontrados para a raça suscetível BR4 mostraram que em todas as CLs, o número de insetos encontrados nas metades de papel filtro tratadas não diferiu estatisticamente do controle a 1 hora e a 1 dia após a liberação (Tabela 5). Já a 3 e a 6 dias do período avaliado houve diferença estatística significativa em relação ao controle, sendo que foi encontrado um número maior de insetos nas metades de papel filtro tratadas, significando que o inseticida não repeliu os insetos. Resultado semelhante foi encontrado por Lorini & Galley (1998), que também estudaram o efeito de repelência do inseticida em superfície tratada sobre a raça suscetível BR4 e a resistente BR7, concluindo que os insetos não foram repelidos pelo deltamethrin, confirmando a ineficácia do método para testar a repelência, nas condições mencionadas.

O mesmo resultado foi observado para a raça suscetível UK1 e a resistente BR6, (Tabelas 6 e 7), comprovando a ineficiência do inseticida em repelir adultos de *R. dominica*. Já insetos da raça BR12 manifestaram, inicialmente, um comportamento de repelência ao inseticida (Tabela 8), mas ao terceiro dia do período avaliado, o número de insetos encontrados nas metades de papel filtro tratadas não apresentou diferença estatística significativa em relação ao controle.

Segundo Collins *et al.* (1993), o método usual de exposição de insetos em papel filtro impregnado com inseticida fornece resultados rápidos, podendo ser usado para triagens iniciais no monitoramento de resistência, contrastando com bioensaios em grãos de trigo tratados, que apesar de representarem melhor a condição real de armazenamento, são testes bastante demorados e com influência de muitas variáveis. Entretanto, o método de

impregnação de papel filtro usado para verificar o efeito de repelência do deltamethrin sobre adultos de *R. dominica* não foi eficaz. Estudos de Lorini & Galley (1998) sobre métodos de aplicação de deltamethrin em papel filtro, aplicação tópica e em grãos de trigo, indicam que cada método expressa a suscetibilidade relativa de raças diferentemente, dependendo da maneira que o inseticida é apresentado ao inseto. Isto pode ter importância no estudo da repelência, uma vez que os insetos não reagiram à superfície tratada com o inseticida em estudo. Outros fatores que podem afetar a repelência, como temperatura e umidade relativa do ar, precisam ser investigados em relação a este tipo de resistência de *R. dominica* a inseticidas sobre papel filtro impregnado (Collins & Binns, 1996; Guedes & Heyde, 1996; Lorini & Galley, 1998).

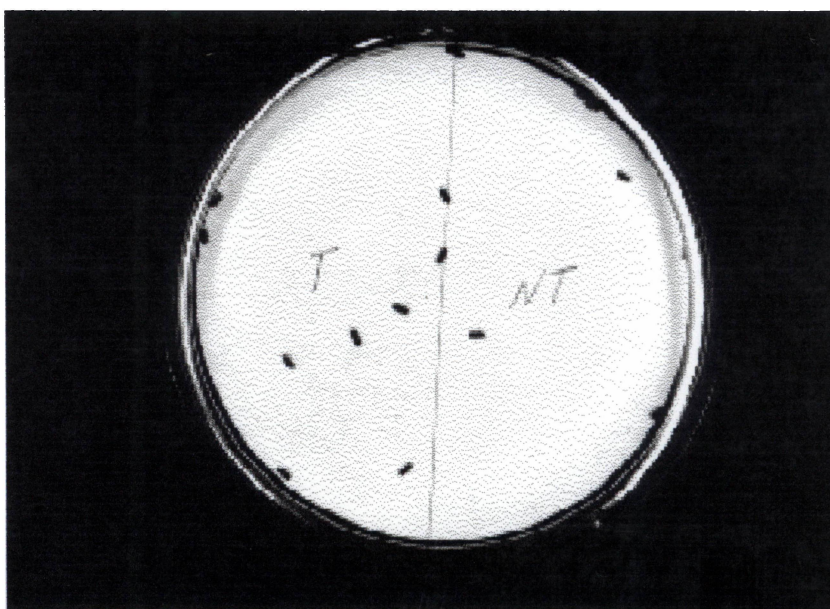


Figura 14 Dispersão de *Rhyzopertha dominica*, em papel filtro, com metade tratada com deltamethrin (T) e metade não tratada (NT), a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Tabela 5 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *Rhyzopertha dominica*, da raça suscetível BR4, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

BR4	1h		1dia		3 dias		6 dias	
	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²
Controle	11,8 aA ($\pm 4,4$)	8,2 aA ($\pm 4,4$)	6,2 aB ($\pm 3,2$)	13,8 aA ($\pm 3,2$)	2,6 bB ($\pm 1,5$)	17,4 aA ($\pm 1,5$)	5,2 bB ($\pm 2,2$)	14,8 aA ($\pm 2,2$)
CL₅ (0,011 μ g/cm ²)	10,6 aA ($\pm 4,5$)	9,4 aA ($\pm 4,5$)	13,6 aA ($\pm 6,8$)	6,4 aB ($\pm 6,8$)	17,0 aA ($\pm 1,8$)	3,0 bB ($\pm 1,8$)	18,8 aA ($\pm 1,3$)	1,2 cB ($\pm 1,3$)
CL₂₅ (0,1078 μ g/cm ²)	10,0 aA ($\pm 2,9$)	9,8 aA ($\pm 3,3$)	10,6 aA ($\pm 3,5$)	9,4 aA ($\pm 3,5$)	6,6 bB ($\pm 5,1$)	13,4 aA ($\pm 5,1$)	14,6 aA ($\pm 3,3$)	5,4 bB ($\pm 3,3$)
CL₅₀ (0,4187 μ g/cm ²)	9,8 aA ($\pm 2,4$)	10,2 aA ($\pm 2,4$)	14,0 aA ($\pm 4,3$)	6,0 aB ($\pm 4,3$)	14,0 aA ($\pm 4,0$)	6,0 bB ($\pm 4,0$)	15,4 aA ($\pm 1,8$)	4,6 bB ($\pm 1,8$)

¹ Metade de papel filtro tratada com as concentrações letais (CL)

² Metade de papel filtro tratada apenas com o solvente.

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada avaliação, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *Rhyzopertha dominica*, da raça suscetível UK1, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

UK1	1h		1dia		3 dias		6 dias	
	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²
Controle	9,4 aA ($\pm 3,8$)	10,6 aA ($\pm 3,8$)	8,0 aA ($\pm 4,1$)	12,0 aA ($\pm 4,1$)	11,0 aA ($\pm 4,3$)	9,0 abA ($\pm 4,3$)	11,6 aA ($\pm 2,7$)	8,4 aA ($\pm 2,7$)
CL₅ (0,009 μ g/cm ²)	10,4 aA ($\pm 2,0$)	9,6 aA ($\pm 2,0$)	9,6 aA ($\pm 4,8$)	10,4 aA ($\pm 4,8$)	9,6 aA ($\pm 3,8$)	10,4 aA ($\pm 3,8$)	9,0 aA ($\pm 2,1$)	11,0 aA ($\pm 2,1$)
CL₂₅ (0,1214 μ g/cm ²)	7,4 aB ($\pm 3,2$)	12,6 aA ($\pm 3,2$)	10,2 aA ($\pm 4,4$)	9,8 aA ($\pm 4,4$)	15,6 aA ($\pm 2,3$)	4,4 bB ($\pm 2,3$)	11,0 aA ($\pm 3,0$)	9,0 aA ($\pm 3,0$)
CL₅₀ (0,5463 μ g/cm ²)	9,0 aA ($\pm 2,1$)	11,0 aA ($\pm 2,1$)	10,4 aA ($\pm 4,0$)	9,6 aA ($\pm 4,0$)	12,4 aA ($\pm 3,2$)	7,6 abA ($\pm 3,2$)	10,0 aA ($\pm 3,3$)	10,0 aA ($\pm 3,3$)

¹ Metade de papel filtro tratada com as concentrações letais (CL)

² Metade de papel filtro tratada apenas com o solvente.

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada avaliação, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *Rhyzopertha dominica*, da raça resistente BR6, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

BR6	1h		1dia		3 dias		6 dias	
	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²
Controle	9,0 aA ($\pm 2,4$)	11,0 aA ($\pm 2,4$)	6,2 aA ($\pm 2,2$)	13,8 aA ($\pm 2,2$)	9,2 aA ($\pm 4,7$)	10,8 aA ($\pm 4,7$)	5,2 bB ($\pm 3,7$)	14,8 aA ($\pm 3,7$)
CL₅ (79,5 μ g/cm ²)	8,0 aA ($\pm 2,8$)	12,0 aB ($\pm 2,8$)	10,0 aA ($\pm 2,5$)	10,0 abA ($\pm 2,5$)	12,0 aA ($\pm 3,3$)	8,0 aB ($\pm 2,7$)	13,0 aA ($\pm 2,4$)	7,0 bB ($\pm 1,5$)
CL₂₅ (167,5 μ g/cm ²)	6,6 aA ($\pm 1,8$)	13,8 aA ($\pm 1,3$)	7,2 aA ($\pm 3,3$)	12,8 abA ($\pm 3,3$)	7,0 aA ($\pm 3,0$)	13,0 aA ($\pm 3,0$)	9,4 abA ($\pm 3,9$)	10,6 abA ($\pm 3,9$)
CL₅₀ (260,5 μ g/cm ²)	9,6 aA ($\pm 1,9$)	10,4 aA ($\pm 1,9$)	12,0 aA ($\pm 1,5$)	8,0 bB ($\pm 1,5$)	13,0 aA ($\pm 1,8$)	7,0 aB ($\pm 1,8$)	12,6 aA ($\pm 1,6$)	7,4 bB ($\pm 1,6$)

¹ Metade de papel filtro tratada com as concentrações letais (CL)

² Metade de papel filtro tratada apenas com o solvente.

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada avaliação, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *Rhyzopertha dominica*, da raça resistente BR12, em papel filtro, com diferentes CLs. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 20 insetos/tratamento, em 5 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

BR12	1h		1dia		3 dias		6 dias	
	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²	T ¹	NT ²
Controle	10,2 aA ($\pm 3,4$)	9,8 aA ($\pm 3,4$)	9,0 aA ($\pm 3,0$)	11,0 aA ($\pm 3,0$)	8,2 aA ($\pm 4,4$)	11,8 aA ($\pm 4,4$)	10,6 aA ($\pm 3,0$)	9,4 aA ($\pm 3,0$)
CL₅ (290,2 μ g/cm ²)	8,4 aA ($\pm 2,9$)	11,6 aA ($\pm 2,9$)	2,8 bB ($\pm 2,7$)	17,2 aA ($\pm 2,7$)	4,2 aB ($\pm 2,2$)	15,8 aA ($\pm 2,2$)	11,6 aA ($\pm 2,5$)	8,4 aA ($\pm 2,5$)
CL₂₅ (335,4 μ g/cm ²)	9,2 aA ($\pm 4,7$)	10,8 aA ($\pm 4,7$)	4,2 abB ($\pm 1,7$)	15,8 aA ($\pm 1,7$)	4,0 aB ($\pm 1,5$)	16,0 aA ($\pm 1,5$)	10,8 aA ($\pm 2,5$)	9,2 aA ($\pm 2,5$)
CL₅₀ (365,6 μ g/cm ²)	7,0 aB ($\pm 4,2$)	13,0 aA ($\pm 4,2$)	2,8 bB ($\pm 2,5$)	17,2 aA ($\pm 2,5$)	8,8 aA ($\pm 4,4$)	11,2 aA ($\pm 4,4$)	16,4 aA ($\pm 2,8$)	3,6 bB ($\pm 2,8$)

¹ Metade de papel filtro tratada com as concentrações letais (CL)

² Metade de papel filtro tratada apenas com o solvente.

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada avaliação, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4 DISPERSÃO NATURAL E REPELÊNCIA EM GRÃOS DE TRIGO TRATADOS COM DELTAMETHRIN

4.4.1 Dispersão Natural

Os resultados mostraram que, em todas as raças testadas, houve dispersão natural dos insetos na massa de grãos, variando de acordo com o tempo de permanência no interior dos potes de plástico (Tabelas 9 a 12 e Figuras 15 a 18). Apesar de ter havido uma dispersão crescente dos insetos ao longo do período de 12 dias após a liberação nos grãos, esta não atingiu o nível de equilíbrio na massa de grãos de trigo, ou seja, 50 % do número de insetos esperados em cada um dos potes. Houve uma predominância, estatisticamente significativa, dos insetos no pote onde inicialmente foram liberados.

Resultado diferente foi encontrado por Lorini & Galley (1998), que também estudaram a dispersão natural de *R. dominica*, raça BR4, suscetível ao inseticida deltamethrin, obtendo aproximadamente 80 % de equilíbrio de dispersão entre os dois potes quatro dias após a liberação dos insetos em grãos de trigo, e 100 % oito dias após. Essas diferenças podem ser atribuídas ao comportamento diferente das raças estudadas, às avaliações intermediárias do experimento que recolocava os insetos no mesmo local do pote encontrado na avaliação anterior e à idade dos insetos.

Segundo Dowdy & McGaughey (1992) e Flinn & Hagstrum (1998), o estudo de movimentos de fontes de infestação podem auxiliar na estimativa do tamanho da população.

Tabela 9 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (raça BR4) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Dal ¹	100 insetos		200 insetos		300 insetos		400 insetos	
	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³
1	97,5 aA ($\pm 1,0$)	0,5 dB ($\pm 0,5$)	193,7 aA ($\pm 3,3$)	1,0 dB ($\pm 1,4$)	292,5 aA ($\pm 6,1$)	3,2 dB ($\pm 3,8$)	388,5 aA ($\pm 4,4$)	1,2 dB ($\pm 0,9$)
3	84,5 abA ($\pm 5,5$)	3,2 cB ($\pm 0,9$)	171,7 abA ($\pm 4,9$)	7,7 cdB ($\pm 4,9$)	267,0 aA ($\pm 5,7$)	13,5 cB ($\pm 7,3$)	361,7abA ($\pm 8,8$)	11,2 cB ($\pm 6,9$)
6	72,5 bcA ($\pm 2,5$)	8,5 bB ($\pm 4,2$)	139,5 bcA ($\pm 15,1$)	17,0 bcB ($\pm 11,4$)	222,2 bA ($\pm 11,5$)	36,7 bB ($\pm 7,2$)	317,7 bcA ($\pm 6,1$)	25,2 bB ($\pm 10,6$)
9	62,5 cdA ($\pm 4,7$)	12,0 abB ($\pm 3,8$)	126,5 cA ($\pm 12,8$)	22,2 abB ($\pm 10,4$)	195,0 bcA ($\pm 6,9$)	42,5 bB ($\pm 8,2$)	284,5 cdA ($\pm 7,8$)	36,0 abB ($\pm 13,7$)
12	53,2 dA ($\pm 5,6$)	15,2 aB ($\pm 3,6$)	113,5 cA ($\pm 7,5$)	33,0 aB ($\pm 12,7$)	171,2 cA ($\pm 4,5$)	59,7 aB ($\pm 2,6$)	255,2 dA ($\pm 14,3$)	45,7 aB ($\pm 13,5$)

¹ Número de dias após a liberação inicial dos insetos nos potes.

² Número de insetos encontrados no pote onde ocorreu a liberação inicial.

³ Número de insetos encontrados no pote onde não ocorreu a liberação inicial.

Médias seguidas com as mesmas letras, dentro do mesmo número de insetos liberados, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 10 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (raça UK1) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Dal ¹	100 insetos		200 insetos		300 insetos		400 insetos	
	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³
1	89,0 aA ($\pm 4,5$)	5,5 cB ($\pm 2,0$)	179,7 aA ($\pm 5,1$)	12,7 bB ($\pm 5,1$)	264,5 aA ($\pm 38,4$)	20,7 bB ($\pm 16,1$)	365,0 aA ($\pm 8,8$)	24,2 bB ($\pm 10,5$)
3	74,0 abA ($\pm 2,8$)	11,7 bB ($\pm 3,5$)	157,5 abA ($\pm 8,1$)	22,5 abB ($\pm 7,0$)	231,5 abA ($\pm 32,1$)	42,7 abB ($\pm 13,5$)	299,5 bA ($\pm 13,8$)	68,5 aB ($\pm 12,6$)
6	65,2 bcA ($\pm 1,5$)	13,0 abB ($\pm 2,5$)	142,0 bcA ($\pm 8,9$)	27,7 aB ($\pm 8,0$)	188,5 bcA ($\pm 33,0$)	54,0 aB ($\pm 10,5$)	234,0 cA ($\pm 8,4$)	81,5 aB ($\pm 14,0$)
9	53,0 cA ($\pm 8,2$)	21,2 aB ($\pm 9,2$)	118,0 cdA ($\pm 5,3$)	31,7 aB ($\pm 8,8$)	168,7 bcA ($\pm 29,0$)	53,0 aB ($\pm 12,8$)	188,2 dA ($\pm 9,1$)	82,5 aB ($\pm 14,4$)
12	50,2 cA ($\pm 7,8$)	19,0 abB ($\pm 4,3$)	105,5 dA ($\pm 9,0$)	35,2 aB ($\pm 11,0$)	150,7 cA ($\pm 14,0$)	52,0 aB ($\pm 10,9$)	173,2 dA ($\pm 9,2$)	85,0 aB ($\pm 16,0$)

¹ Número de dias após a liberação inicial dos insetos nos potes.

² Número de insetos encontrados no pote onde ocorreu a liberação inicial.

³ Número de insetos encontrados no pote onde não ocorreu a liberação inicial.

Médias seguidas com as mesmas letras, dentro do mesmo número de insetos liberados, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 11 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (raça BR6) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Dal ¹	100 insetos		200 insetos		300 insetos		400 insetos	
	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³
1	91,7 aA ($\pm 3,3$)	2,0 dB ($\pm 1,8$)	187,5 aA ($\pm 1,2$)	5,0 dB ($\pm 2,4$)	288,5 aA ($\pm 2,5$)	2,7 B ($\pm 1,5$)	377,7 aA ($\pm 15,5$)	13,0 cB ($\pm 10,8$)
3	82,7 abA ($\pm 2,7$)	4,5 dB ($\pm 1,7$)	156,0 abA ($\pm 10,8$)	20,0 cB ($\pm 9,4$)	264,0 abA ($\pm 18,9$)	13,2 B ($\pm 15,9$)	362,5 abA ($\pm 35,7$)	32,0 bcB ($\pm 20,6$)
6	72,0 bcA ($\pm 5,4$)	9,5 cB ($\pm 3,0$)	131,7 bcA ($\pm 8,4$)	35,5 bB ($\pm 11,0$)	230,7 abcA ($\pm 24,5$)	29,0 B ($\pm 19,8$)	307,0 abcA ($\pm 37,7$)	58,7 abB ($\pm 25,8$)
9	59,0 cdA ($\pm 5,8$)	22,7 bB ($\pm 2,5$)	115,5 cA ($\pm 11,4$)	54,7 aB ($\pm 15,1$)	212,2 bcA ($\pm 20,3$)	48,7 B ($\pm 18,9$)	269,2 bcA ($\pm 48,1$)	76,5 aB ($\pm 32,5$)
12	47,5 dA ($\pm 3,6$)	34,0 aB ($\pm 6,4$)	102,0 cA ($\pm 10,8$)	66,0 aB ($\pm 6,9$)	188,7 cA ($\pm 14,4$)	64,0 B ($\pm 13,1$)	263,2 cA ($\pm 34,1$)	85,7 aB ($\pm 27,6$)

¹ Número de dias após a liberação inicial dos insetos nos potes.

² Número de insetos encontrados no pote onde ocorreu a liberação inicial.

³ Número de insetos encontrados no pote onde não ocorreu a liberação inicial.

Médias seguidas com as mesmas letras, dentro do mesmo número de insetos liberados, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 12 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (raça BR12) em grãos de trigo em diversas quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Dal ¹	100 insetos		200 insetos		300 insetos		400 insetos	
	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³
1	95,2 aA ($\pm 4,3$)	0,2 dB ($\pm 0,5$)	191,7 aA ($\pm 5,0$)	1,0 cB ($\pm 1,4$)	284,0 aA ($\pm 8,0$)	3,2 cB ($\pm 2,8$)	388,7 aA ($\pm 6,0$)	1,7 dB ($\pm 1,7$)
3	85,2 aA ($\pm 3,1$)	2,5 cB ($\pm 1,0$)	168,0 aA ($\pm 3,9$)	15,2 bB ($\pm 5,7$)	243,2 aA ($\pm 6,7$)	26,5 bB ($\pm 9,9$)	351,0 aA ($\pm 4,8$)	19,7 cB ($\pm 4,5$)
6	70,5 bA ($\pm 6,6$)	8,5 bB ($\pm 1,2$)	133,7 bA ($\pm 10,2$)	27,5 abB ($\pm 13,1$)	190,7 bA ($\pm 15,4$)	45,7 abB ($\pm 9,7$)	279,7 bA ($\pm 14,4$)	57,7 bB ($\pm 16,5$)
9	59,2 bcA ($\pm 4,8$)	14,2 aB ($\pm 4,1$)	120,5 bA ($\pm 13,1$)	37,0 aB ($\pm 10,1$)	175,0 bA ($\pm 17,3$)	56,2 aB ($\pm 14,5$)	235,7 bcA ($\pm 27,2$)	74,0 abB ($\pm 21,6$)
12	53,2 cA ($\pm 4,7$)	19,2 aB ($\pm 5,1$)	110,2 bA ($\pm 10,1$)	42,5 aB ($\pm 9,1$)	156,5 bA ($\pm 26,0$)	65,5 aB ($\pm 14,8$)	213,2 cA ($\pm 28,9$)	96,0 aB ($\pm 28,6$)

¹ Número de dias após a liberação inicial dos insetos nos potes.

² Número de insetos encontrados no pote onde ocorreu a liberação inicial.

³ Número de insetos encontrados no pote onde não ocorreu a liberação inicial.

Médias seguidas com as mesmas letras, dentro do mesmo número de insetos liberados, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

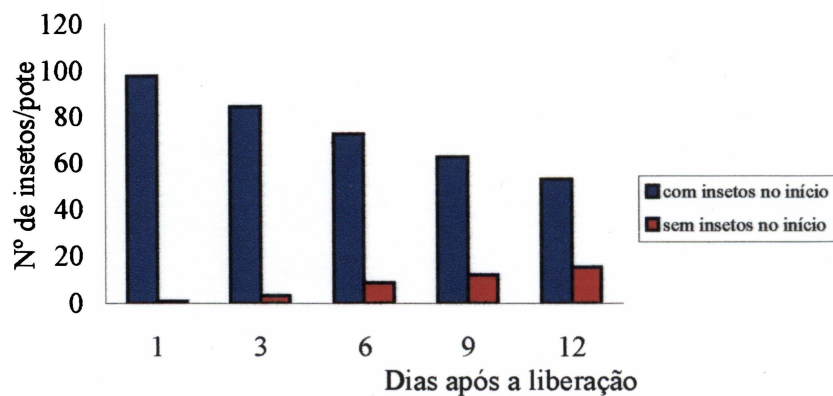


Figura 15 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica*, raça BR4, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

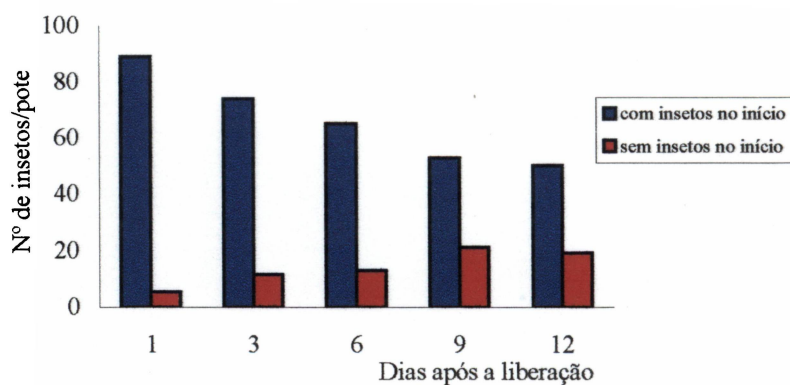


Figura 16 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica*, raça UK1, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

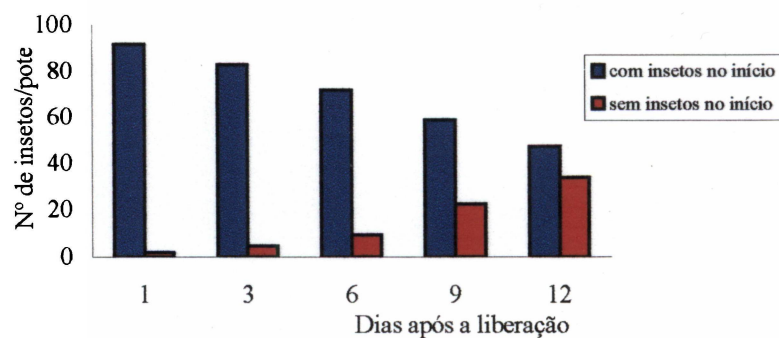


Figura 17 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica*, raça BR6, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

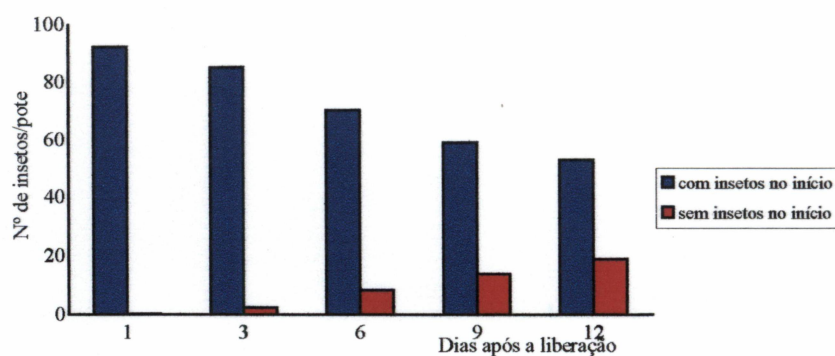


Figura 18 Dispersão natural de *Rhyzopertha dominica*, raça BR12, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

4.4.2 Repelência em Grãos de Trigo Tratados com Deltamethrin

Os resultados do efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre *R. dominica*, em grãos de trigo, mostraram diferenças significativas entre as raças suscetíveis e resistentes. Pode-se observar também, após a peneiração dos grãos, que alguns insetos penetraram nos grãos de trigo e estes foram excluídos da contagem (Tabela 13).

As raças suscetíveis BR4 e UK1 não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, em nenhuma das CLs testadas. A raça resistente BR6 apresentou um número reduzido de insetos nos potes contendo grãos tratados; diferindo significativamente do controle sem inseticida, apenas na CL₂₅ (Tabela 13). Já na raça resistente BR12, o número de insetos sobre os grãos tratados foi significativamente mais baixo do que nos grãos não tratados, sendo que esta diferença acentuou-se com a elevação da CL (Figura 19), indicando o efeito de repelência que o produto apresenta sobre esta raça resistente.

Os resultados encontrados para as raças resistentes BR6 e BR12, corroboram com o trabalho de Pinniger (1974), que estudando a espécie *Tribolium castaneum*, em laboratório, demonstrou que a sobrevivência pode ser atribuída à fuga do contato com o inseticida, permanecendo esses mais tempo em refúgios não contaminados contendo alimento. Prickett & Ratcliffe (1977), estudando adultos de *T. castaneum* observaram que os insetos evitaram superfícies tratadas com pyrethrins, bioresmethrin, DDT e lindane, mas não superfícies tratadas com inseticidas organofosforados. Em contraste, Mondal (1984) concluiu que larvas de *T. castaneum* foram repelidas pela presença de pirimiphos-methyl em farinha, possivelmente após terem consumido parte do meio tratado. Em outros estudos, *R. dominica* (Laudani & Swank, 1954) e *S. oryzae* (Chadwick, 1962), foram repelidos por grãos tratados com pyrethrin; embora tratamentos com deltamethrin tenham falhado em restringir a invasão de *R. dominica* em grãos tratados (Lorini & Galley, 1998), contrastando com os resultados encontrados nesse trabalho. Hodges & Meik (1986) encontraram que machos de *S. oryzae*

foram repelidos por grãos tratados com permethrin, embora não tenha acontecido o mesmo com *T. castaneum*.

Embora, com evidência disponível limitada, inseticidas que agem diretamente sobre o sistema nervoso central ou nervos periféricos (DDT e grupos piretróides) podem, provavelmente, irritar mais ou repelirem coleópteros de produtos armazenados (Collins *et al.*, 1988). Como o inseticida deltamethrin é um piretróide, o mesmo pode ter irritado mais facilmente os adultos resistentes de *R. dominica*. Já os químicos com um modo enzimático de ação, isto é, inibidores de acetilcolinesterase (carbamatos e inseticidas organofosforados) podem agir com menor intensidade em relação à repelência (Collins *et al.*, 1988).

O estudo do efeito repelente sobre *R. dominica* é importante para o controle da praga, uma vez que a ação repelente, por contato ou inalação, pode reduzir a probabilidade de infestação no grão (Hussain & Mondal, 1994), como foi observado nesse trabalho para as raças resistentes.

Estudos de Collins *et al.* (1988) indicaram que um completo conhecimento dos efeitos repelentes de compostos químicos pode contribuir para reduzir o nível de aplicação de inseticidas, reduzindo, conseqüentemente os resíduos químicos, custos e inibindo infestações posteriores devido às propriedades repelentes do protetor de grãos.

Considerando tais vantagens, vários estudos, em relação à repelência a óleos, pós e extratos vegetais vêm sendo realizados (Su *et al.*, 1982; Malik & Naqvi, 1984; Jilani & Saxena, 1990; Jembere *et al.*, 1995; Obeng-ofori, 1995; Bekele *et al.*, 1996; 1997; Huang & Ho, 1998; Oliveira & Vendramim, 1999).

Muitos aspectos de comportamento têm sido estudados, mas, o comportamento de deslocamento e efeito repelente sobre papel filtro impregnado com deltamethrin e repelência sobre grão tratado, com adultos de *R. dominica*, podem estar envolvidos em mecanismos de resistência a inseticidas. O manejo da resistência é um dos mais importantes assuntos a serem

entendidos e colocados na prática do ambiente de armazenagem de grãos, uma vez que é muito difícil controlar uma praga depois que esta se torna resistente a um químico. O estudo das alterações de comportamento em relação a resistência das pragas aos inseticidas usados, precisa ser melhor entendido e verificado o quanto esse pode explicar a resistência em pragas de grãos armazenados.

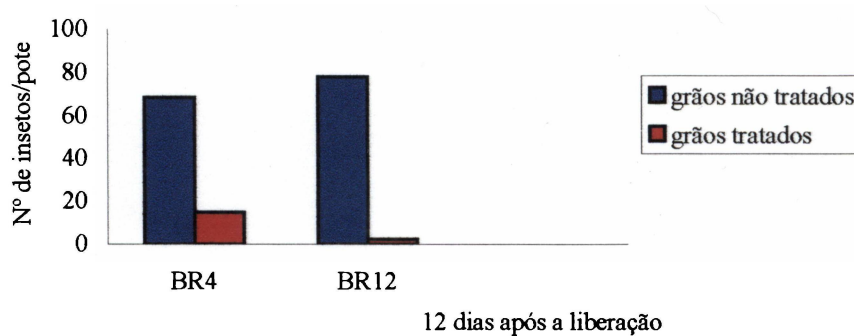


Figura 19 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre *Rhyzopertha dominica*, raças BR4 e BR12, em grãos de trigo, com a liberação inicial de 100 insetos, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Tabela 13 Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *Rhyzopertha dominica* (raças BR4, UK1, BR6 e BR12) em grãos de trigo, nas CL₅, CL₂₅ e CL₅₀. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de 100 insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo, em 4 repetições, a 25 ± 1 °C e UR de 60 ± 5 %, Passo Fundo, RS, 1999.

Raças / Concentração	BR4		UK1		BR6		BR12	
	c/ins. ¹	s/ins. ²	c/ins. ¹	s/ins. ²	c/ins. ¹	s/ins. ²	c/ins. ¹	s/ins. ²
Sem Inseticida	53,2 aA ($\pm 5,6$)	15,2 aB ($\pm 3,6$)	50,2 aA ($\pm 7,8$)	19,0 bB ($\pm 4,3$)	47,5 bA ($\pm 3,6$)	34,0 aB ($\pm 6,4$)	53,2 bA ($\pm 4,7$)	19,2 aB ($\pm 5,1$)
CL₅	60,7 aA ($\pm 3,7$)	15,7 aB ($\pm 6,6$)	43,2 aA ($\pm 10,0$)	34,5 aA ($\pm 7,1$)	59,5abA ($\pm 5,7$)	31,5 aB ($\pm 4,0$)	73,0 aA ($\pm 8,1$)	8,7 bB ($\pm 2,9$)
CL₂₅	58,0 aA ($\pm 3,4$)	17,0 aB ($\pm 3,8$)	43,5 aA ($\pm 9,9$)	31,5 aB ($\pm 5,8$)	70,0 aA ($\pm 8,1$)	17,5 bB ($\pm 7,1$)	81,2 aA ($\pm 5,9$)	2,7 cB ($\pm 1,8$)
CL₅₀	68,5 aA ($\pm 5,2$)	15,2 aB ($\pm 3,7$)	54,2 aA ($\pm 3,3$)	17,5 bB ($\pm 3,6$)	63,5aA ($\pm 4,0$)	26,7 abB ($\pm 6,3$)	78,2 aA ($\pm 2,5$)	2,5 cB ($\pm 1,7$)

¹ Número de insetos encontrados no pote onde ocorreu a liberação inicial, com grãos de trigo não tratados.

² Número de insetos encontrados no pote onde não ocorreu a liberação inicial, com grãos de trigo tratados.

Médias seguidas com as mesmas letras, dentro da mesma raça, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5. CONCLUSÕES

1. Os insetos adultos das raças resistentes de *R. dominica*, BR6 e BR12, reduziram o seu deslocamento em superfície impregnada com o inseticida deltamethrin, evitando um contato maior ao produto;
2. Não houve comprovação da repelência de *R. dominica* em papel filtro tratado com deltamethrin, provavelmente devido a questões metodológicas, e às placas de petri fechadas que não permitiram a escolha da superfície pelo insetos;
3. O estudo da dispersão natural de adultos de *R. dominica*, em potes de plástico contendo grãos de trigo, revelou a atividade de deslocamento dos insetos, contribuindo significativamente para o estudo do comportamento da espécie, que é base para a investigação da repelência do inseticida deltamethrin;
4. Testes com grãos de trigo tratados evidenciaram a repelência de deltamethrin sobre adultos das raças resistentes de *R. dominica*, BR6 e BR12;
5. As alterações no comportamento de deslocamento em superfície contaminada e repelência em grãos de trigo tratados com deltamethrin em adultos das raças resistentes de *R. dominica*, podem estar envolvidas em mecanismos de resistência a este inseticida.

De uma forma geral, é possível afirmar que estas informações sobre as alterações comportamentais de raças resistentes ao inseticida deltamethrin são úteis para o manejo da

resistência dessa praga em grãos de trigo armazenados. É importante considerar também que estes estudos aplicados a outras espécies que atacam grãos armazenados poderão fornecer resultados mais amplos para o entendimento do problema da resistência a inseticidas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anônimo (1974) Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pest to pesticides: Tentative method for adults of some major beetle pest of stored cereals with malathion or lindane - FAO Method N° 15. *FAO Plant Protection Bulletin* **22**, 127-137.
- Anônimo (1986) Genetic, biochemical, and physiological mechanisms of resistance to pesticides. In *Pesticide resistance: strategies and tactics for management*, ed. National Research Council, pp. 45-53. National Academy Press, Washington, United States of America.
- Arthur, F.H. (1992) Control of lesser grain borer (Coleoptera: Bostrichidae) with chlorpyrifos-methyl, bioresmethrin, and resmethrin: effect of chlorpyrifos-methyl resistance and environmental degradation. *Journal of Economic Entomology* **85**, 1471-1475.
- Bekele, A.J., Obeng-ofori, D. & Hassanali, A. (1996) Evaluation of *Ocimum suave* (Willd) as a source of repellents, toxicants and protectants in storage against three stored product insect pests. *International Journal of Pest Management* **42**, 139-142.
- Bekele, A.J., Obeng-ofori, D. & Hassanali, A. (1997) Evaluation of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) as source of repellents, toxicants and protectants in storage against three

major stored product insect pests. *Journal of applied Entomology* **121**, 169-173.

Bengston, M., Davies, R.A.H., Desmarchelier, J.M., Henning, R., Murray, W., Simpson, B.W., Snelson, J.T., Sticka, R. & Wallbank, B.E. (1983) Organophosphorothioates and synergised synthetic pyrethroids as grain protectants on bulk wheat. *Pesticide Science* **14**, 373-384.

Brasil (1993) Perdas na agropecuária brasileira: relatório preliminar. 1, Comissão Técnica para Redução das Perdas na Agropecuária (Brasília, DF). Brasília.

Brun, L.O. & Attia, F.I. (1983) Resistance to lindane, malathion and fenitrothion in coleopterous pests of stored products in New Caledonia. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* **24**, 211-215.

Chadwick, P.R. (1962) Studies on the sub-lethal effects of pyrethrins on the grain weevil, *Calandra oryzae* L. *Pyrethrum Post* **6**, 20-26.

Chang, C.P. & Plapp, F.W.J. (1983) DDT and pyrethroids: receptor binding in relation to knockdown resistance (kdr) in the house fly. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **20**, 86-91.

Chen, A.C. & Mayer, R.T. (1985) Insecticides: effects on the cuticle. In *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*, ed. G. A. Kerkut & L. I. Gilbert, pp. 57-77. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.

- Collins, D.A. & Binns, T.J. (1996) Efficacy of surface dust treatments of pirimiphos-methyl and etrimfos when applied to commercially stored wheat and barley. *Pesticide Science* **47**, 61-67.
- Collins, P.J., Lambkin, T.M., Bridgeman, B.W. & Pulvirenti, C. (1993) Resistance to grain-protectant insecticides in coleopterous pests of stored cereals in Queensland, Australia. *Journal of Economic Entomology* **86**, 239-245.
- Collins, P.J. (1990) A new resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pesticide Science* **28**, 101-115.
- Collins, P.J., Sinclair, E.R., Howitt, C.J. & Haddrell, R.L. (1988) Dispersion of grain beetles (Coleoptera) in grain partially treated with insecticide. *Journal of Economic Entomology* **81**, 1810-1815.
- Crawley, M.J. (1993) *Glim for ecologists*. 379 pp. Blackwell Scientific Publications. Oxford, United Kingdom.
- Dethier, V.G., Browne, L.B. & Smith, C.N. (1960) The designation of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. *Journal of Economic Entomology* **53**, 134-136.
- Dowdy, A.K. & McGaughey, W.H. (1992) Fluorescent pigments for marking lesser grain borers (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Economic Entomology* **85**, 567-569.

- Flinn, P.W. & Hagstrum, D.W. (1998) Distribution of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) in response to temperature gradients in stored wheat. *Journal of Stored Products Research* **34**, 107-112.
- Fukuto, T.R. & Mallipudi, N.M. (1983) Suppression of metabolic resistance through chemical structure modification. In *Pest resistance to pesticides: challenges e prospects*, ed. G. P. Georgiou & T. Saito, pp. 557-578. Plenum Press, New York, United States of America.
- Georgiou, G.P. (1983) Management of resistance in arthropods. In *Pest resistance to pesticides: challenges and prospects*. ed. G. P. Georgiou & T. Saito, pp. 769-792. Plenum Press, New York, United States of America.
- Guedes, R.N.C. (1990/1991) *Revista Brasileira de Armazenamento* **15/16**, 3-48.
- Guedes, R.N.C., Dover, B.A. & Kambhampati, S. (1996) Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, and malathion in Brazilian and U.S. populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Economic Entomology* **89**, 27-32.
- Guedes, R.N.C. & Heyde, C.J. (1996) Influência da temperatura e da umidade relativa na toxicidade de deltametrina a populações resistentes e suscetíveis de *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **25**, 521-528.
- Guedes, R.N.C., Kambhampati, S., Dover, B.A. & Zhu, K.Y. (1997) Biochemical mechanisms

of organophosphate resistance in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) populations from the United State and Brazil. *Bulletin of Entomological Research* **87**, 581-586.

Hidalgo, E., Moore, D. & Le Patourel, G. (1998) The effect of different formulations of *Beauveria bassiana* on *Sitophilus zeamais* in stored maize. *Journal of Stored Products Research* **34**, 171-179.

Hodges, R.J. & Meik, J. (1986) Lethal and sublethal effects of permethrin on Tanzanian strains of *Tribolium castaneum* (Herbst), *Gnatocerus maxillosus* (F.) *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Insect Science Applic.* **7**, 533-537.

Huang, Y. & Ho, H. (1998) Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. *Journal of Stored Products Research* **34**, 11-17.

Hussain, M.M. & Mondal, K.A.M.S.H. (1994) Repellent effect of nogos on adult *Tribolium confusum* D. and *Rhyzopertha dominica* F. *Pakistan Journal of Zoology* **26**, 187-189.

Jembere, B., Obeng-ofori, D., Hassanali, A. & Nyamasyo, G.N.N. (1995) Products derived from the leaves of *Ocimum kilimandscharicum* (Labiatae) as post-harvest grain protectants against the infestation of three major stored product insect pests. *Bulletin of Entomological Research* **85**, 361-367.

- Jilani, G. & Saxena, R.C. (1990) Repellent and feeding deterrent effects of turmeric oil, sweetflag oil, neem oil and a neem-based insecticide against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae): *Journal of Economic Entomology* **83**, 629-634.
- Laudani, H. & Swank, G.R. (1954) A Laboratory apparatus for detemining repellency of pyrethrum when applies to grain. *Journal of Economic Entomology* **47**, 1105-1107.
- Lorini, I. (1993) Aplicação do manejo integrado de pragas em grãos armazenados. In *SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo*, ed. Embrapa - Cnpt, pp. 117-126. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS.
- Lorini, I. (1999) *Pragas de grãos de cereais armazenados*. 60 pp. Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS.
- Lorini, I. & Galley, D.J. (1996) Changes in resistance status of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), a pest of stored grain in Brazil, with and without deltamethrin selection. *Resistant Pest Management Newsletter* **8**, 12-14.
- Lorini, I. & Galley, D.J. (1998) Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behaviour of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. *Journal of Stored Products Research* **34**, 377-383.
- Lorini, I. & Galley, D.J. (1999) Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Products*

Research **35**, 37-45.

Lorini, I. & Schneider, S. (1994) *Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa*. 47 pp. EMBRAPA - CNPT. Passo Fundo, RS.

Malik, M.M. & Naqvi, S.H.M. (1984) Screening of some indigenous plants as repellents or antifeedants for stored grain insects. *Journal of Stored Products Research* **20**, 41-44.

Matsumura, F. (1983) Penetration, binding and target insensitivity as causes of resistance to chlorinated hydrocarbon insecticides. In *Pest resistance to pesticides: challenges and prospects*, ed. G. P. Georgiou & T. Saito, pp. 367-386. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.

Miller, T.A., Salgado, V.L. & Irving, S.N. (1983) The kdr factor in pyrethroid resistance. In *Pest resistance to pesticides: challenges and prospects*, ed. G. P. Georgiou & T. Saito, pp. 353-366. Plenum Press, New York, United States of America.

Mondal, K.A.M.S.H. (1984) Repellent effect of pirimiphos-methyl to larval *Tribolium castaneum* Herbst. *International Pest Control* **26**, 98-99.

Narahashi, T. (1983) Resistance to insecticides due to reduced sensitivity of the nervous system. In *Pest resistance to pesticides challenges and prospects*, ed. G. P. Georgiou & T. Saito, pp. 333-352. Plenum Press, New York, United States of America.

- Obeng-ofori, D. (1995) Plant oils as grain protectants against infestations of *Cryptolestes pusillus* and *Rhyzopertha dominica* in stored grain. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **77**, 133-139.
- Oliveira, J.V. & Vendramim, J.D. (1999) Repelência de óleos essenciais e pós vegetais sobre adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae) em sementes de feijoeiro. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **28**, 549-555.
- Omoto, C. & Guedes, R.N.C. (1998) *Curso: "Resistência de pragas a pesticidas: princípios e práticas"*, (não publicado).
- Oppenoorth, F.J. (1984) Biochemistry of insecticide resistance. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **22**, 187-193.
- Pacheco, I.A., Sartori, M.R. & Taylor, R.W.D. (1990) Levantamento de resistência de insetos praga de grãos armazenados à fosfina, no estado de São Paulo. *Coletânea ITAL* **20**, 144-154.
- Padilha, L. & Faroni, L.R.D. (1993) Importância e formas de controle de *Rhyzopertha dominica* (F.) em grãos armazenados. In *SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo*, ed. Embrapa - Cnpt, pp. 52-58. EMBRAPA - CNPT, Passo Fundo, RS.
- Picollo de Villar, M., Ferrero, A., Seccacini, E. & Zerba, E. (1992) Perfil de toxicidad de

insecticidas en cepas susceptibles y resistentes al malation en *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina* **51**, 1-4.

Pinniger, D.B. (1974) A laboratory simulation of residual populations of stored product pests and an assessment of their susceptibility to a contact insecticide. *Journal of Stored Products Research* **10**, 217-223.

Plapp, F.W.J. & Wang, T.C. (1983) Genetic origins of insecticide resistance. In *Pest resistance to pesticides: challenges and prospects*, ed. G. P. Georgiou & T. Saito, pp. 47-70. Plenum Press, New York, United States of America.

Prates, H.T., Santos, J.M., Waquil, J.M., Fabris, J.D., Oliveira, A.B. & Foster, J.E. (1998) Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research* **34**, 243-249.

Price, N.R. (1984) Active exclusion of phosphine as a mechanism of resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Journal of Stored Products Research* **20**, 163-168.

Prickett, A.J. & Ratcliffe, C.A. (1977) The behaviour of *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus granarius* (L.) in the presence of insecticide-treated surfaces. *Journal of Stored Products Research* **13**, 145-148.

Rahim, M. (1998) Biological activity of azadirachtin-enriched neem kernel extracts against

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat. *Journal of Stored Products Research* **34**, 123-128.

Roush, R.T. & Daly, J.C. (1990) The role of population genetics in resistance research and management. In *Pesticide resistance in arthropods*, ed. R. T. Roush & B. E. Tabashnik, pp. 97-152. Chapman and Hall, London, United Kingdom.

Santos, J.P. (1993) Perdas causadas por insetos em grãos armazenados. In *SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo*, ed. Embrapa - Cnpt, pp. 9-22. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS.

Sartori, M.R. (1993) Resistência de pragas de grãos. In *SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo*, ed. Embrapa - Cnpt, pp. 28-43. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS.

Sartori, M.R., Pacheco, I.A., Iaderoza, M. & Taylor, R.W.D. (1990) Ocorrência e especificidade de resistência ao malatim em insetos-praga de grãos armazenados no Estado de São Paulo. *Coletânea ITAL* **20**, 194-209.

Sinclair, E.R. & Alder, J. (1985) Development of a computer simulation model of stored product insect populations on grain farms. *Agricultural Systems* **18**, 95-113.

Su, H.C.F., Horvat, R. & Jilani, G. (1982) Isolation, purification, and characterization of insect repellents from *Curcuma longa* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **30**,

290-292.

Subramanyam, B., Harein, P.K. & Cutkomp, L.K. (1989) Organophosphate resistance in adults of red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) and sawtoothed grain beetle (Coleoptera: Cucujidae) infesting barley stored on farms in Minnesota. *Journal of Economic Entomology* **82**, 989-995.

Yu, S.J. & Nguyen, S.N. (1992) Detection of biochemical characterization of insecticide resistance in the diamonback moth. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **44**, 74-81.

Zettler, J.L. & Cuperus, G.W. (1990) Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *Journal of Economic Entomology* **83**, 1677-1681.

ANEXO

Trabalhos publicados nos Anais da XVIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, realizada de 25 a 28 de outubro de 1999 em Passo Fundo, RS e nos Anais da I Conferência Brasileira de Pós-Colheita realizada de 6 a 8 de dezembro de 1999 em Porto Alegre, RS:

Beckel, H., Lorini, I., Lazzari, S.M.N. 1999. Estudo da dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera; Bostrychidae) em grãos de trigo. In: XVIII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, ed. Embrapa Trigo, pp. 578-583. Passo Fundo: Embrapa Trigo; e na I CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, ed. Embrapa Trigo, pp. 242-247 Porto Alegre, RS.

Beckel, H., Lorini, I., Lazzari, S.M.N. 1999. Hábito de deslocamento de raças resistentes e suscetíveis de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera; Bostrychidae) em superfície tratada com o inseticida deltamethrin. In: XVIII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, ed. Embrapa Trigo, pp. 578-583. Passo Fundo: Embrapa Trigo; e na I CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, ed. Embrapa Trigo, pp. 242-247 Porto Alegre, RS.

Beckel, H., Lorini, I., Lazzari, S.M.N. 1999. Repelência do inseticida deltamethrin sobre *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera; Bostrychidae) em grãos de trigo. In: I CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA, ed. Embrapa Trigo, pp. 242-247 Porto Alegre, RS.

ESTUDO DA DISPERSÃO NATURAL DE *Rhyzopertha dominica* (F.) (COLEOPTERA; BOSTRYCHIDAE) EM GRÃOS DE TRIGO

Beckel, H.¹; Lorini, I.²; Lazzari, S.M.N.³

Resumo

A espécie *Rhyzopertha dominica* (F.), praga em unidades armazenadoras de grãos do país, foi estudada quanto à dispersão natural em grãos de trigo, visando a pesquisas do estudo do comportamento da espécie. Os insetos para o estudo, coletados em armazém de trigo na safra 1998, eram pertencentes à raça BR12, mantida em multiplicação no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo. O experimento foi realizado com a liberação de um grupo de insetos no interior de potes de plástico contendo grãos de trigo. Esses insetos foram colocados em uma das extremidades de um aparato (dois potes justapostos) e avaliados quanto à dispersão na massa de grãos ao longo do tempo de armazenamento. Os resultados indicaram que, nas avaliações de 1, 3, 6, 9 e 12 dias após a liberação, os insetos se locomoveram no interior da massa de grãos, porém não atingiram uma distribuição uniforme.

Palavras-chave: *Rhyzopertha dominica* - dispersão natural - trigo

¹ Estudante de Mestrado do Curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-990 Curitiba, PR.

² Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. e-mail: ilorini@cnpt.embrapa.br

³ Professora do Curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-990 Curitiba, PR.

Introdução

O conhecimento da dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera; Bostrychidae) em grãos armazenados é de fundamental importância para estudos de resistência da praga aos inseticidas empregados para controle. A ação repelente (por contato ou vapor) pode reduzir a probabilidade de infestação, a qual é importante para o manejo integrado de pragas (Hussain & Mondal, 1994). Segundo Dowdy & McGaughey (1992), o estudo de movimentos direcionais de fontes de infestação também é importante e pode auxiliar na estimativa do tamanho da população.

O objetivo deste trabalho foi verificar, em laboratório, a dispersão natural de *R. dominica* em grãos de trigo armazenados.

Material e Métodos

Para o experimento foram usados adultos da raça BR12 (geração F₅), resistente ao inseticida deltamethrin, não sexados e com idade variando de 1 a 40 dias. Essa raça, desde a coleta no armazém (1998), (geração F₀), foi mantida no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, RS, com avanço de gerações. O experimento foi realizado em delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos de 100, 200, 300 e 400 insetos cada um, em quatro repetições. Cada unidade experimental constou de um aparato contendo dois potes de plástico, unidos pela abertura, com capacidade de 240 g de grãos cada um, que foram preenchidos com grãos de trigo.

O estudo da dispersão natural dos insetos nos grãos foi feito por meio da liberação dos insetos, em cada repetição, no fundo de um dos potes de plástico contendo trigo. Outro pote de mesmo tamanho, contendo apenas grãos de trigo, foi invertido e fixado com fita adesiva sobre o primeiro, permitindo o fluxo dos insetos entre os dois potes. Após a infestação, os potes foram mantidos na posição horizontal, em sala climatizada com temperatura e umidade relativa

do ar de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $60 \pm 5 \%$, respectivamente.

A dispersão dos insetos no aparato foi avaliada a 1, 3, 6, 9 e 12 dias, mediante peneiramento (peneira com malha nº 20, abertura $850 \mu\text{m}$) dos grãos e contagem do número de insetos em cada pote. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si, pelo teste de Durican, a 5 % de significância.

Resultados e Discussão

Os resultados mostraram que houve dispersão dos insetos na massa de grãos, variando de acordo com o tempo de permanência no interior do aparato (Tabela 1). Embora tenha havido uma dispersão crescente dos insetos ao longo do período de 12 dias após a liberação nos grãos, esta não atingiu o nível de equilíbrio na massa de grãos de trigo, ou seja, 50 % do número de insetos em cada um dos potes. Houve uma predominância, estatisticamente significativa, dos insetos no pote onde inicialmente foram liberados.

Com a liberação de 100 insetos, os potes com infestação e os potes sem infestação apresentaram diferenças estatísticas significativas em todos os dias avaliados, chegando a 53,2 e 19,2 insetos, respectivamente, atingindo apenas 40 % de dispersão, aos 12 dias após a liberação (Tabela 1 e Figura 1). Resultados similares foram encontrados quando foram liberados 200, 300 e 400 insetos (Tabela 1; Figuras 2, 3 e 4).

Resultado diferente foi encontrado por Lorini & Galley (1998), que também estudaram a dispersão natural de *R. dominica*, raça BR4, suscetível ao inseticida deltamethrin, obtendo aproximadamente 80 % de equilíbrio de dispersão entre os dois potes quatro dias após a liberação dos insetos em grãos de trigo, e 100 % oito dias após. Essas diferenças podem ser atribuídas ao comportamento diferente das raças estudadas, às avaliações intermediárias do experimento que recolocava os insetos no mesmo local do pote encontrado na avaliação anterior. E à idade dos insetos, entre outras.

Para melhor avaliação da dispersão dessa espécie na massa de grãos, faz-se necessário um ajuste na metodologia de estudo, ampliando o período de observação para além de 12 dias e não usando a mesma repetição para mais de uma avaliação ao longo do período de estudo.

Tabela 1. Dispersão natural de *R. dominica* em grãos de trigo a partir de diferentes quantidades liberadas. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) do número de insetos/pote de plástico contendo 240 g de trigo

DAL ¹	100 insetos		200 insetos		300 insetos		400 insetos	
	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³	c/ins. ²	s/ins. ³
1	95,2a	0,2b	191,7a	1,0b	284,0 ^a	3,2b	388,7a	1,7b
	($\pm 4,3$)	($\pm 0,5$)	($\pm 5,0$)	($\pm 1,4$)	($\pm 8,0$)	($\pm 2,8$)	($\pm 6,0$)	($\pm 1,7$)
3	85,2a	2,5b	168,0a	15,2b	243,2a	26,5b	351,0a	19,7b
	($\pm 3,1$)	($\pm 1,0$)	($\pm 3,9$)	($\pm 5,7$)	($\pm 6,7$)	($\pm 9,9$)	($\pm 4,8$)	($\pm 4,5$)
6	70,5a	8,5b	133,7a	27,5b	190,7a	45,7b	279,7a	57,7b
	($\pm 6,6$)	($\pm 1,2$)	($\pm 10,2$)	($\pm 13,1$)	($\pm 15,4$)	($\pm 9,7$)	($\pm 14,4$)	($\pm 16,5$)
9	59,2a	14,2b	120,5a	37,0b	175,0a	56,2b	235,7a	74,0b
	($\pm 4,8$)	($\pm 4,1$)	($\pm 13,1$)	($\pm 10,1$)	($\pm 17,3$)	($\pm 14,5$)	($\pm 27,2$)	($\pm 21,6$)
12	53,2a	19,2b	110,2a	42,5b	156,5a	65,5b	213,2a	96,0b
	($\pm 4,7$)	($\pm 5,1$)	($\pm 10,1$)	($\pm 9,1$)	($\pm 26,0$)	($\pm 14,8$)	($\pm 28,9$)	($\pm 28,6$)

¹ Número de dias após a liberação inicial dos insetos nos potes.

² Número de insetos encontrados no pote onde ocorreu a liberação inicial.

³ Número de insetos encontrados no pote onde não ocorreu a liberação inicial.

Médias seguidas da mesma letra, dentro do mesmo número de insetos liberados e mesmo dia de avaliação, não são significativamente diferentes, pelo teste de Duncan, a 5 % de significância.

Referências Bibliográficas

- DOWDY, A.K. & McGAUGHEY, W.H. Fluorescent pigments for marking lesser grain borers (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Economical Entomology* v.85, n.2, p.567-569, 1992.
- HUSSAIN, M.M.; MONDAL, K.A.M.S.H. Repellent effect of nogos on adult *Tribolium confusum* D. and *Rhyzopertha dominica* (F.). *Pakistan Journal of Zoology*, v.26, n.2, p.187-189, 1994.

LORINI, I. & GALLEY, D.J. Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behaviour of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. Journal of Stored Products Research, v.34, n.4, p.377-383, 1998.

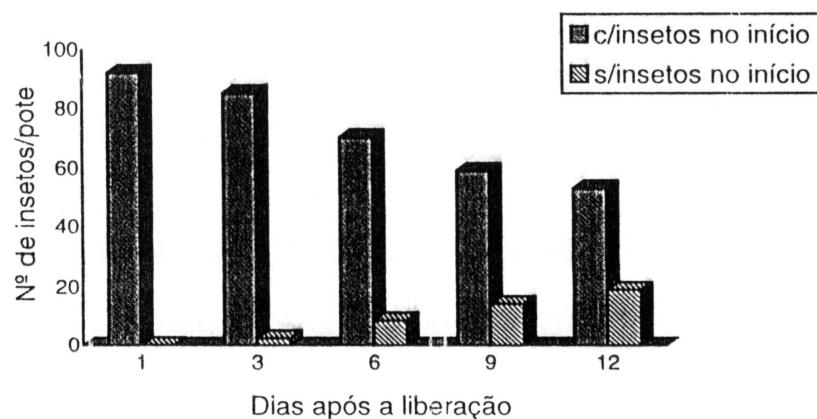


Figura 1. Dispersão natural de *R. dominica* em grãos de trigo (100 insetos liberados).

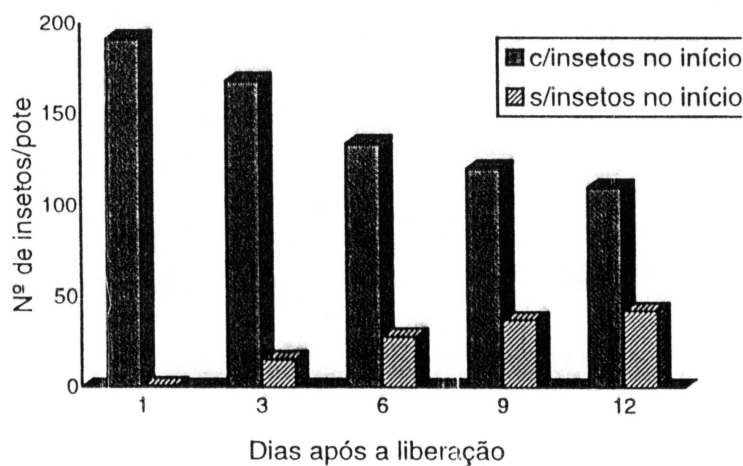


Figura 2. Dispersão natural de *R. dominica* em grãos de trigo (200 insetos liberados).

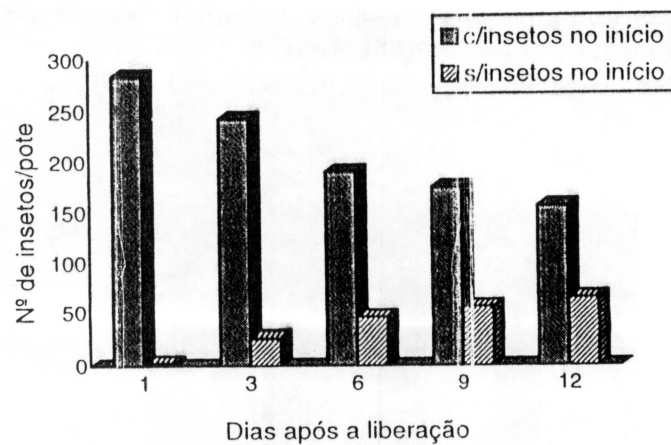


Figura 3. Dispersão natural de *R. dominica* em grãos de trigo (300 insetos liberados).

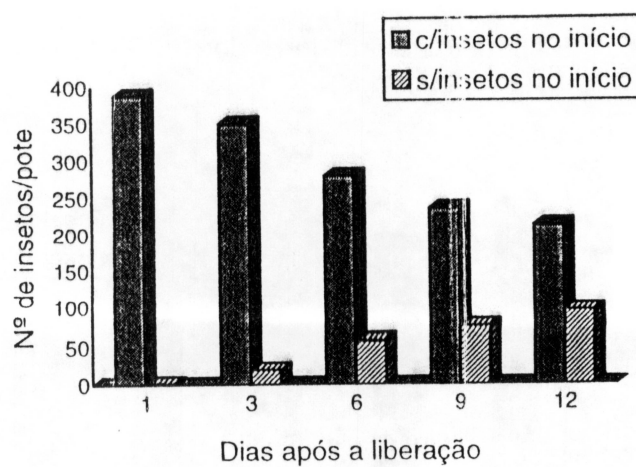


Figura 4. Dispersão natural de *R. dominica* em grãos de trigo (400 insetos liberados).

HÁBITO DE DESLOCAMENTO DE RAÇAS RESISTENTES E SUSCETÍVEIS DE *Rhyzopertha dominica* (F.) (COLEOPTERA; BOSTRYCHIDAE) EM SUPERFÍCIE TRATADA COM O INSETICIDA DELTAMETHRIN

Beckel, H.¹; Lorini, I.²; Lazzari, S.M.N.³

Resumo

O inseto *Rhyzopertha dominica* (F.), considerado a principal praga de trigo armazenado no país, foi submetido a testes em papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin para verificar as alterações no comportamento de deslocamento, que podem contribuir para o manejo da resistência da praga em grãos armazenados. Quatro raças da praga foram usadas, sendo duas resistentes ao inseticida deltamethrin, BR6 e BR12, e duas suscetíveis, BR4 e UK1, coletadas em unidades armazenadoras de grãos e mantidas em multiplicação no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo. Os resultados indicaram que houve diferenças entre as raças na distância percorrida pelos insetos durante 24 h de avaliação. As raças resistentes alteraram a distância percorrida sobre a superfície contaminada, reduzindo seu deslocamento.

Palavras-chave: *Rhyzopertha dominica* – comportamento – resistência

¹ Estudante de Mestrado do Curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-990 Curitiba, PR.

² Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, da Embrapa, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. e-mail: ilorini@cnpt.embrapa.br

³ Professora do Curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-990 Curitiba, PR.

Introdução

Um dos principais problemas existentes no setor de armazenagem é o uso inadequado de inseticidas ou a mistura com outros inseticidas para combater infestações de insetos. O uso contínuo exerce uma pressão seletiva sobre os insetos e propicia condições ao desenvolvimento de resistência a pragas de grãos armazenados.

Vários são os fatores que induzem a resistência de uma praga, sendo os tratamentos químicos reconhecidamente aqueles que afetam o comportamento dos insetos de diversas maneiras (Dethier *et al.*, 1960). Os efeitos dos inseticidas sobre o comportamento dos insetos têm sido verificados pela repelência de inseticidas exercida sobre as pragas (Hodges & Meik, 1986) e por alterações de comportamento provocadas pelos químicos (Lorini & Galley, 1998).

Neste trabalho objetivou-se quantificar as alterações no comportamento de diferentes raças de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera; Bostrychidae), quando submetidas, em laboratório, ao papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin.

Material e Métodos

Quatro raças de *R. dominica* foram usadas. Três raças foram originárias do Rio Grande do Sul, com a seguinte procedência: BR4 de Sertão (1994), BR6 de Santa Rosa (1993) e BR12 de Santo Ângelo (1998). A quarta raça, UK1, é originária da Inglaterra, Reino Unido. As raças BR4 e UK1 são suscetíveis e a BR6 resistente ao inseticida deltamethrin (Lorini & Galley, 1999). A raça BR12 apresentou fator de resistência 873 vezes maior do que a raça suscetível BR4 ao inseticida deltamethrin, logo após sua coleta. Todas as raças, desde a época da coleta no armazém, foram mantidas no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, em multiplicação e, em virtude disso, receberam as seguintes designações: geração F₁, indicando a primeira geração obtida em

laboratório e criada sem a seleção com inseticida; e F^d representando as gerações de raças mantidas em laboratório com seleção de deltamethrin.

As raças foram multiplicadas em frascos de vidro, recebendo trigo como alimento e mantidas em sala climatizada a temperatura e umidade relativa do ar de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $60 \pm 5\%$, respectivamente. Foram usados os adultos das raças BR4 e UK1 (geração F₂₇), BR6 (geração F₁₇^d) e BR12 (geração F₅), com 10 a 20 dias de idade, e não sexados. O experimento foi realizado em delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições, e a unidade experimental constou de placas de Petri com cinco insetos cada. Seguindo o método para avaliação de resistência à inseticidas preconizado pela FAO (Anônimo 1974), o inseticida deltamethrin (Decis 25 CE) foi diluído em éter de petróleo e aplicado sobre o papel filtro impregnado com a CL₅ (concentração letal 5%) desse inseticida. Após a evaporação do solvente, os insetos foram liberados no interior de cada placa de Petri.

As avaliações da distância percorrida por cada inseto no papel filtro tratado foram realizadas a 1 minuto, e a 6, 12 e 24 horas após a liberação dos insetos. Estas foram feitas marcando-se com lápis a trajetória percorrida pelo inseto mais ativo de cada repetição, durante cinco minutos. Após, esse percurso foi medido com um hodômetro manual.

A CL₅ de cada raça foi obtida por meio de bioensaios analisados pelo programa estatístico GLIM, versão 3.77 (Crawley 1993). Os resultados da distância percorrida por cada raça foram submetidos à análise de variância e as medidas comparadas entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de significância.

Resultados e Discussão

Os resultados da distância percorrida pelas diferentes raças de *R. dominica* submetidas à CL₅ do inseticida (Tabela 1) mostraram alterações significativas. As raças suscetíveis, BR4 e UK1, não

apresentaram diferenças significativas na distância percorrida até 6 horas após a exposição ao inseticida, porém a 12 horas o deslocamento foi reduzido significativamente, em 35 % e 31 % nas raças BR4 e UK1, respectivamente, em relação ao controle sem inseticida. A 24 horas após a liberação, essas raças voltaram a ter o hábito de deslocamento semelhante estatisticamente ao obtido inicialmente, não diferente do controle. A raça resistente BR6 apresentou hábito de deslocamento estatisticamente semelhante ao do controle sem inseticida quando exposta a um minuto na superfície tratada, reduzindo significativamente seu hábito de deslocamento, em relação ao do controle, em 80 %, 80 % e 85 % para 6, 12 e 24 horas, respectivamente, após a liberação na superfície tratada. Estas três últimas avaliações não apresentaram diferenças significativas entre si. Já a raça resistente ao deltamethrin, BR12, apenas reduziu significativamente seu hábito de deslocamento na superfície tratada 24 horas após a liberação dos adultos, percorrendo 53 % menos em relação ao controle.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lorini & Galley (1998) ao estudarem o comportamento de *R. dominica*, em que a raça BR4 não alterou estatisticamente seu hábito de deslocamento na superfície tratada com a CL₅ do inseticida deltamethrin, exceto a um minuto após a liberação na superfície tratada. Nesse mesmo trabalho, a raça resistente ao inseticida deltamethrin, BR7, reduziu significativamente seu deslocamento na superfície tratada após a sexta hora de exposição ao inseticida, semelhante ao aqui registrado para a raça BR6.

Segundo Lorini & Galley (1998), esses resultados sugerem que parte da resistência em *R. dominica* é explicada por alterações no comportamento de deslocamento de raças resistentes, provavelmente captando menos inseticida de superfícies tratadas, por percorrerem distâncias menores. Pouco se sabe sobre a resposta comportamental de insetos à grãos tratados com inseticidas (Laudani & Swank, 1954; Hodges & Meik, 1986); entretanto, tal conhecimento é essencial para formular estratégias para manejo de pragas de grãos armazenados (Sinclair & Alder, 1985).

Este estudo mostrou que a distância percorrida por *R. dominica* sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin foi diferente entre raças resistentes e suscetíveis. Assim, pode-se inferir que o estudo dessa característica da praga pode auxiliar na interpretação das estratégias de manejo da resistência ao inseticida.

Tabela 1. Avaliação do hábito de deslocamento de raças de *R. dominica* sobre papel filtro impregnado com o inseticida deltamethrin (CL₅) e um controle sem inseticida. Médias de cinco repetições ($\pm$ desvio padrão) em cm/5 min

Raça CL ₅ (μ g/cm ²)	BR4 0,011	UK1 0,009	BR6 79,5	BR12 290,2
Controle	66,8aAB ($\pm$ 8,52)	56,6 ^a bB ($\pm$ 7,66)	74,0aAB ($\pm$ 6,32)	83,8aA ($\pm$ 4,76)
1 minuto	47,8abB ($\pm$ 14,72)	71,8 ^A a ($\pm$ 11,36)	70,0aA ($\pm$ 6,78)	63,6aAB ($\pm$ 16,8)
6 horas	66,8aA ($\pm$ 13,93)	71,2 ^a A ($\pm$ 20,19)	15,2bB ($\pm$ 4,91)	66,0aA ($\pm$ 8,66)
12 horas	43,8bAB ($\pm$ 9,90)	39,4bB ($\pm$ 18,71)	14,8bC ($\pm$ 5,16)	64,6aA ($\pm$ 10,69)
24 horas	57,0abA ($\pm$ 13,26)	54,0 ^a bA ($\pm$ 23,17)	11,2bB ($\pm$ 4,81)	39,8bA ($\pm$ 5,84)

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não são significativamente diferentes, pelo teste Tukey, a 5 % de significância.

Referências Bibliográficas

- ANÔNIMO. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides: tentative method for adults of some major beetle pests of stored cereals with malathion or lindane. FAO Method N° 15. FAO Plant Protection Bulletin, v. 22, p.127-137, 1974.
- CRAWLEY, M.J. Glim for ecologists. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 1993. 379p.

- DETHIER, V.G.; BROWNE, L.B.; SMITH, C.N. The designation of chemicals in terms of the responses they elicit from insects. *Journal of Economical Entomology*, v. 53, n.1, p.134-136, 1960.
- HODGES, R.J.; MEIK, J. Lethal and sublethal effects of permethrin on Tanzanian strains of *Tribolium castaneum* (Herbst), *Gnatocerus maxillosus* (F.) *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Insect Science Applicata*, v.7, n.4, p.533-537, 1986.
- LAUDANI, H.; SWANK, G.R. A laboratory apparatus for determining repellency of pyrethrum when applied to grain. *Journal of Economical Entomology*, v.47, p.1104-1107, 1954.
- LORINI, I.; GALLEY, D.J. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Products Research*, v.35, n.4, p.37-45, 1999.
- LORINI, I.; GALLEY, D.J. Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behaviour of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. *Journal of Stored Products Research*, v.34, p.377-383, 1998.
- SINCLAIR, E.R.; ALDER, J. Development of a computer simulation model of stored product insect populations on grain farms. *Agricultural Systems*, v.18, p.95-113, 1985.

REPELÊNCIA DO INSETICIDA DELTAMETHRIN SOBRE *Rhyzopertha dominica* (COLEOPTERA: BOSTRYCHIDAE) EM GRÃOS DE TRIGO

Beckel, H.¹; Lorini, I²; Lazzari, S.M.N.³

Resumo

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) foi submetida a estudos de repelência ao inseticida deltamethrin aplicado em grãos de trigo, em laboratório. Amostras da população de insetos da raça BR12 foram coletadas em armazém de trigo na safra de 1998 e mantidas em multiplicação no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. Foi realizado um experimento, com quatro tratamentos, em quatro repetições, em que foram liberados 100 insetos, por repetição, no fundo de um pote de plástico contendo grãos de trigo não tratados, justaposto com outro pote, de mesmo tamanho, contendo grãos de trigo tratados com CL₅, CL₂₅, CL₅₀, separadamente e mantidos na horizontal. A avaliação da distribuição de insetos no interior dos potes ocorreu 12 dias após a liberação. O número de insetos sobre os grãos tratados foi significativamente menor que nos grãos não tratados; essa diferença acentuou-se na CL₂₅ e na CL₅₀, indicando o efeito de repelência que o produto apresenta sobre a espécie.

Palavras-chave: *Rhyzopertha dominica*; repelência; trigo; deltamethrin.

¹ Estudante de Mestrado do Curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-990 Curitiba, PR.

² Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, da Embrapa, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: ilerini@cnpt.embrapa.br

³ Professora do Curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-990 Curitiba, PR.

Introdução

O inseticida deltamethrin é um dos mais importantes piretróides recomendados como protetores de grãos (Lorini & Galley, 1996; 1999). O estudo do efeito repelente sobre *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) é importante para o controle da praga, uma vez que a ação repelente, por contato ou inalação, pode reduzir a probabilidade de infestação no grão (Hussain & Mondal, 1994).

Collins *et al.* (1988) indicam que o conhecimento dos efeitos repelentes de compostos químicos pode permitir taxas de aplicação substancialmente reduzidas de inseticidas. Estas diminuiriam os resíduos químicos e custos e inibiriam infestações posteriores devidas a propriedades repelentes do protetor de grãos.

Este trabalho visou a determinar, em laboratório, o efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *R. dominica* em grãos de trigo.

Material e Métodos

A raça BR12 de *R. dominica*, resistente ao inseticida deltamethrin, usada para o experimento, foi coletada em armazém de trigo, em 1998, e vem sendo mantida no Laboratório de Entomologia da Embrapa Trigo, com o avanço de gerações.

A determinação prévia da CL₅, da CL₂₅, e da CL₅₀, (concentrações letais que causam 5, 25 e 50 % de mortalidade da população) foi obtida por meio de bioensaios de laboratório, os quais foram analisados pelo programa estatístico GLIM, versão 3.77 (Crawley, 1993).

Insetos adultos (geração F₆), de 10 a 20 dias de idade, não sexados, foram usados para o experimento. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em quatro repetições, e os tratamentos foram CL₅, CL₂₅, CL₅₀, e uma testemunha sem inseticida.

Cada unidade experimental foi composta por dois potes de plástico, com capacidade de 250 ml, preenchidos com 240 g de grãos de trigo, justapostos e conectados entre si com uma fita adesiva. Foram liberados 100 insetos adultos, por repetição, no fundo de um dos potes com grãos de trigo não tratados. No outro pote foram colocados grãos de trigo tratados com as diferentes CLs. Na montagem do conjunto, os potes com grãos tratados foram invertidos sobre os potes com grãos não tratados, com auxílio de uma lâmina de metal, retirada posteriormente. Após a infestação, os potes foram mantidos na posição horizontal, possibilitando o pleno fluxo de insetos entre os potes, em sala climatizada com temperatura de 25 ± 1 °C e umidade relativa do ar de 60 ± 5 %.

O experimento foi avaliado 12 dias após a liberação dos insetos, por peneiração (peneira com malha nº 20, abertura 850 µm) de grãos e contagem do número de insetos vivos e mortos, em cada um dos potes.

Os resultados da contagem de insetos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os resultados indicaram que houve efeito repelente significativo do inseticida deltamethrin sobre os adultos de *R. dominica*, raça BR12, em grãos de trigo (Tabela 1).

Na CL₅, o número de insetos encontrados nos potes com grãos de trigo tratados foi pequeno, após 12 dias de armazenamento, com média de 8,7 adultos/pote. Esse número foi estatisticamente inferior ao número de insetos encontrados nos potes com grãos sem tratamento, em que a infestação média foi de 73 adultos/pote (Tabela 1).

Na CL₂₅ e na CL₅₀, o número de insetos nos potes contendo grãos tratados com deltamethrin diminuiu significativamente, quando

comparado aos não tratados, sendo encontrados, em média, 2,7 e 2,5 insetos/pote, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de repelência do inseticida deltamethrin sobre adultos de *Rhyzopertha dominica*, raça BR12, em grãos de trigo, em CL₅, CL₂₅, CL₅₀. Valores médios ($\pm$ desvio padrão) de insetos/pote em 240 g de trigo

Raça BR 12	12 dias após a infestação	
	c/insetos ¹	s/insetos ²
Sem inseticida	53,2 ($\pm$ 4,7) aA	19,2 ($\pm$ 5,1) aB
CL ₅	73,0 ($\pm$ 8,1) aA	8,7 ($\pm$ 2,9) bB
CL ₂₅	81,2 ($\pm$ 5,9) aA	2,7 ($\pm$ 1,8) cB
CL ₅₀	78,2 ($\pm$ 2,5) aA	2,5 ($\pm$ 1,7) cB

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

¹ Número de insetos encontrados no pote em que ocorreu a liberação inicial, com grãos de trigo não tratados.

² Número de insetos encontrados no pote em que não ocorreu a liberação inicial, com grãos de trigo tratados.

Esses resultados evidenciam o efeito repelente do inseticida sobre a população de *R. dominica*, comparados com o tratamento sem inseticida. No tratamento sem inseticida, verificou-se que os insetos não se dispersaram simetricamente nos dois potes, ratificando os resultados encontrados por Beckel *et al.* (1999) para essa mesma raça em grãos de trigo. Esses autores concluíram que o inseto não se distribuiu simetricamente nos potes contendo grãos, mesmo aos 12 dias após a liberação. Lorini & Galley (1998), que também observaram a dispersão natural de *R. dominica*, raça BR4, suscetível ao inseticida deltamethrin, obtiveram aproximadamente 80 % de equilíbrio de dispersão entre os dois potes quatro dias após a liberação

dos insetos em grãos de trigo, e 100 % oito dias após.

Por isso, não se pode atribuir o número reduzido de insetos encontrados nos potes com grãos de trigo tratados, totalmente, ao efeito repelente do inseticida, visto que, mesmo no tratamento sem inseticida, houve diferença estatística entre os dois potes avaliados, aos 12 dias.

Referências Bibliográficas

- BECKEL, H., LORINI, I.; LAZZARI, S.M.N. Estudo da dispersão natural de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera; Bostrychidae) em grãos de trigo. In: XVIII REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, ed. Embrapa Trigo, 1999. pp. 578-583. Passo Fundo: Embrapa Trigo.
- COLLINS, P.J., SINCLAIR, E.R., HOWITT, C.J.; HADDRELL, R.L. Dispersion of grain beetles (Coleoptera) in grain partially treated with insecticide. *Journal of Economic Entomology* v.81, p.1810-1815. 1988.
- CRAWLEY, M.J. *Glim for ecologists*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK., 1993. 379p
- HUSSAIN, M.M.; MONDAL, K.A.M.S.H. Repellent effect of nogos on adult *Tribolium confusum* D. and *Rhyzopertha dominica* F. *Pakistan Journal of Zoology* v.26, p.187-189. 1994.
- LORINI, I.; GALLEY, D.J. Changes in resistance status of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae), a pest of stored grain in Brazil, with and without deltamethrin selection. *Resistant Pest Management Newsletter* v.8, p.12-14. 1996.
- LORINI, I.; GALLEY, D.J. Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behaviour of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. *Journal of Stored Products Research* v.34, p.377-383. 1998.

LORINI, I.; GALLEY, D.J. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Products Research* v.35, p.37-45. 1999.