

Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico¹

Sonia Maria Noemberg Lazzari²; Alexandre Filipe Karkle³ & Flavio Antonio Lazzari⁴

¹Contribuição n.º 1451, do Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná.

²Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná. Caixa Postal 19020, 81531-980 Curitiba-PR, Brasil. lazzari@ufpr.br (Bolsista do CNPq).

³Bolsista de Iniciação Científica – CNPq. alekarkle@yahoo.com.br

⁴Pesquisador/Consultor. lazzari@brturbo.com.br

ABSTRACT. Artificial chilling to control Coleoptera in paddy rice stored in metallic silo. The objective of this research was to evaluate the effect of artificial chilling for the control of coleopterans in stored paddy rice. The cold air was insufflated through the aeration system of a metallic silo with paddy rice. Evaluation of insect number was made every 15 days using probe traps. The species of Coleoptera captured were: *Oryzaephilus surinamensis* (60%); *Cryptolestes ferrugineus* (9%); *Rhyzopertha dominica* (16.5%) and *Sitophilus* spp. (0.5%). By the 28th day the average temperature of the grain mass was 15°C, and the mean number of insects decreased 76.8%. The cold air application kept the insect populations under control for approximately 60 days. The results of temperature and insect monitoring indicated that a new cycle of cold air should be applied by that time to keep the populations under control. Also, an adequate grain management is necessary to guarantee satisfactory results of artificial cooling.

KEYWORDS. Monitoring; physical control; stored product pests.

RESUMO. Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito do resfriamento artificial de grãos de arroz para o controle de coleópteros-praga. O ar frio foi insuflado pelo sistema de aeração em um silo metálico com arroz-em-casca. A avaliação do tratamento foi feita quinzenalmente usando armadilhas caladores. As espécies de Coleoptera capturadas foram: *Oryzaephilus surinamensis* (60%); *Cryptolestes ferrugineus* (9%); *Rhyzopertha dominica* (16,5%) e *Sitophilus* spp. (0,5%). Aos 28 dias, a temperatura média da massa de grãos era de 15°C, e o número médio de insetos havia diminuído 76,8%. A aplicação de ar frio manteve as populações sob controle por aproximadamente 60 dias. Os resultados do monitoramento dos insetos e da temperatura indicaram que um novo ciclo de ar frio deveria ser aplicado nesse período para manter as populações sob controle. Também o manejo adequado da massa de grãos faz-se necessário para garantir resultados satisfatórios do resfriamento artificial.

PALAVRAS-CHAVE. Método físico de controle; monitoramento; pragas de grãos armazenados.

Os grãos e sementes de arroz estão sujeitos a perdas na qualidade física, sanitária e nutricional desde sua maturação fisiológica, no campo, até o momento do consumo. Essas alterações são causadas normalmente por fungos, insetos e manuseio inadequado durante a colheita, recebimento, secagem, armazenamento e/ou processamento do produto, resultando em prejuízos financeiros aos armazenadores e processadores (Lazzari 1997; Lazzari & Lazzari 2002).

Dentre as medidas alternativas para o controle das pragas do arroz armazenado em casca, o resfriamento artificial da massa de grãos representa uma ferramenta valiosa na redução da multiplicação dos insetos e na manutenção da qualidade do grão, especialmente em regiões de clima mais quente. O resfriamento artificial consiste na insuflação de grandes volumes de ar produzido artificialmente, a aproximadamente 12°C, e insuflado a baixa velocidade através da massa de grãos. Por se tratar de uma medida física de controle, a tecnologia de resfriamento artificial pode ser aplicada também na conservação

de sementes e de outros produtos destinados a mercados mais exigentes que não toleram a presença de resíduos de ingredientes ativos, como os grãos especiais e orgânicos.

Em geral, a baixa temperatura mantém a qualidade e prolonga a vida útil de praticamente todos os produtos, reduzindo a atividade dos insetos e estendendo seu ciclo biológico, além de conter o crescimento fúngico (Lazzari 1997) e manter o vigor e teor de germinação de sementes. Carvalho & Silva (1994) constataram o efeito positivo do resfriamento artificial na manutenção das características fisiológicas de sementes de milho e soja.

Nas regiões arrozeiras de clima quente, a aeração com ar natural por si só não é suficiente para controlar as infestações, requerendo, normalmente, a aplicação de controle químico (Moreira 1993). Em regiões frias, o resfriamento pode ser feito através da aeração aproveitando o ar ambiente trazido pelas frentes frias. Convém mencionar que existem muitas regiões aonde as condições do ar ambiente não são suficientes para

resfriar o grão. De acordo com Fields & Muir (1996), Maier (1994) e Maier & Navarro (2002), o uso da aeração com ar resfriado possibilita o armazenamento seguro de grãos em regiões de clima quente e a redução do uso de inseticidas químicos.

O resfriamento da massa de grãos, mediante a insuflação de ar condicionado frio, apresenta a vantagem de poder ser aplicado com maior eficiência em larga escala, pois não depende das condições ambientais externas. Thompson (1972) apresenta uma descrição detalhada de sistemas de refrigeração usados em *commodities* agrícolas, incluindo um tipo que maximiza a transferência do frio por convecção. Novos equipamentos têm sido lançados no mercado desde então, aumentando a eficiência e praticidade do processo.

Segundo Moreira (1993) e Maier & Navarro (2002), o resfriamento artificial de grãos é obtido quando a temperatura é reduzida abaixo da temperatura ambiente, usando um sistema mecânico de refrigeração. Mesmo o grão com conteúdo de água de 16-18% base úmida (bu) pode ser armazenado com segurança por 3-18 meses, reduzindo a temperatura para uma faixa entre 3-10°C, inibindo o desenvolvimento de insetos e fungos e a perda de germinação de sementes. Moreira (1993) comparou a aplicação de aeração contínua, intermitente, e o resfriamento artificial em silo com milho armazenado no sul do Brasil e constatou que, com este último, é possível reduzir a temperatura para menos de 15°C e manter a umidade do grão em 14% bu, em 15 dias.

O efeito da temperatura sobre o desenvolvimento e reprodução dos insetos tem sido estudado e revisado por Howe (1965), Fields (1992), Prakash & Rao (1995) e Subramanyam & Roesli (2000). Segundo Fields (1992), a temperatura ótima para o desenvolvimento da maioria das espécies de insetos de produtos armazenados situa-se em torno de 25-33°C. A utilização da temperatura, tanto o aquecimento da massa de grãos a 55-65°C quanto o resfriamento a 14-16°C ou abaixo, representa uma estratégia para reduzir o desenvolvimento desses insetos, contudo, a temperatura aplicada não pode causar efeitos adversos na qualidade dos produtos.

Para Banks & Fields (1995), a redução da temperatura de 20 para 14°C, mediante a insuflação de ar frio, afeta o crescimento populacional da maioria das espécies de insetos e fungos de armazenamento, aumentando a mortalidade, especialmente dos estágios imaturos. Segundo esses mesmos autores, é importante considerar que a tolerância e aclimação ao frio variam com a espécie, com a temperatura aplicada e o tempo de exposição.

O uso de armadilhas caladores representa uma ferramenta valiosa para o monitoramento das pragas para decisões sobre a aplicação dos métodos de controle, conforme indicado por Pereira *et al.* (1999) no armazenamento de milho, Paula *et al.* (2002) e Trematerra *et al.* (2004), no armazenamento de arroz em casca.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficácia do resfriamento artificial para reduzir o desenvolvimento de pragas

em unidade armazenadora de arroz. A hipótese básica desta pesquisa é de que a insuflação de ar frio produzido artificialmente reduz a população de coleópteros quando a temperatura da massa de grãos de arroz é mantida em torno de 15°C.

Este experimento foi desenvolvido em uma unidade de armazenamento e processamento de arroz de uma cooperativa de produtores em Massaranduba, SC (26°37'28"S e 49°01'48"O e 29 m acima do nível do mar). O clima do município é mesotérmico úmido, com verão quente e temperatura média de 20,1°C.

O tratamento foi aplicado em um silo metálico com capacidade para 5000 t, contendo arroz em casca armazenado desde a safra de 2001. A massa de grãos apresentava-se, antes do tratamento, com uma infestação bastante elevada com diversas espécies de insetos devido à mistura de arroz novo com arroz velho da safra anterior. A umidade do grão era de aproximadamente 13% base úmida (bu).

O tratamento, iniciado em 13 de abril de 2002, consistiu na aplicação de resfriamento artificial, insuflando aproximadamente 10.000 m³ por hora de ar frio a 12°C, durante 240 h, através do sistema de aeração com um equipamento móvel (COOLSEED-PCS40^a). O tempo de insuflação foi definido com base na temperatura da camada superficial da massa de grãos, quando esta foi reduzida para aproximadamente 15°C.

Foram feitas avaliações quinzenais, sendo a primeira realizada antes do início do resfriamento e a última aproximadamente 90 dias depois. Foram instaladas 13 armadilhas tipo calador, inseridas a 30 cm de profundidade na parte superior da massa de grãos, distribuídas em três círculos concêntricos, com três em cada ponto cardeal e uma no centro. Os insetos capturados no frasco coletor da armadilha foram colocados em sacos plásticos, devidamente etiquetados, e congelados até o momento da triagem, quando foram contados e identificados com auxílio de microscópio estereoscópico. A primeira coleta serviu de testemunha para as seis coletas posteriores, pois não havia disponibilidade de outro silo sem tratamento e em condições semelhantes. A temperatura foi medida com cinco cabos termométricos com sensores a cada 1,8 m.

Os dados das capturas de insetos, usados para avaliar o tratamento, foram analisados quanto à gaussianidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilks (Teste W) e feitas comparações de médias pelo Teste "t" de Student, para amostras gaussianas, e pelo *Sign Test* para amostras não paramétricas (não gaussianas), a 5% de probabilidade, utilizando o programa Statgraphics plus 5.0. Foi feita também a análise de hipóteses, a 5% de probabilidade, sendo H_0 = o número de insetos em todas as coletas a partir do tratamento é igual ao da coleta 1 (testemunha), contra H_1 = o número de insetos difere nas coletas após o tratamento; o mesmo teste foi feito para cada espécie, individualmente.

As principais espécies capturadas com as armadilhas caladores foram os Coleoptera: *Sitophilus oryzae* (Linnaeus,

Tabela I. Número total de insetos de espécies de Coleoptera e de outras ordens somadas capturados em 13 armadilhas tipo calador, em arroz-em-casca armazenado em silo metálico, tratado com resfriamento artificial com fluxo de 10.000 m³/h de ar frio a 12°C, iniciado em 13 de abril de 2002 até completar 240 h contínuas de insuflação, em Massaranduba, SC.

Datas das coletas	Temp. média°C	Temp.média superfície°C	<i>Sitophilus oryzae</i>	<i>Rhyzopertha dominica</i>	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Outros insetos	Total**
12/abr*	26,6	27,2	27	64	8665	1170	49	9975 b
27/abr	13,9	15,0	15	53	10228	2224	131	12651 b
10/mai	14,5	18,8	12	23	1833	440	12	2320 a
24/mai	15,2	16,0	21	63	2923	381	39	3427 a
07/jun	16,0	23,0	49	610	5875	281	174	6989 ab
21/jun	16,8	18,4	60	2261	7710	256	1609	11896 b
06/jul	19,4	22,8	89	8827	6223	1753	8028	24920 c
Total			273	11901	43457	6505	10042	72178

*Coleta realizada antes do tratamento, designada como testemunha.

**Médias comparadas pelo Teste "t" de Student, para amostras gaussianas, e pelo *Sign Test* para amostras não gaussianas, a 5% de probabilidade.

1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) (Cucujidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) (Silvanidae) e *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Tenebrionidae). Outras espécies de insetos de outras ordens, associadas ou não aos grãos armazenados, foram capturadas em baixo número.

Observa-se, na Tabela I, que o número de insetos antes do tratamento era em média 767 espécimes por calador. A captura elevou-se 21% na primeira avaliação após o tratamento, pois à medida que a massa de grãos resfriava nas camadas inferiores, os insetos migravam para a superfície mais quente, e eram coletados nos caladores. O número de insetos foi reduzido em 76,8% em média (178 espécimes por calador) após, aproximadamente, 28 dias do tratamento, quando a temperatura média da massa de grãos estabilizou em torno de 15°C. Esses resultados são corroborados pelas constatações de Moreira (1993) e Banks & Fields (1995), que indicam que a redução da temperatura abaixo de 15°C afeta o crescimento populacional dos insetos de grãos armazenados.

Pelo Teste de Hipóteses ($H_0: \mu_1 = \mu_{2,3,4,5,6}$), a 5% de probabilidade, aplicado para avaliar a diferença no número de insetos antes e após o tratamento, se aceita a hipótese alternativa para o período da terceira e quarta coletas, quando todas as espécies tiveram suas populações reduzidas pela ação do frio. Não houve diferença significativa na coleta 2 com relação à testemunha (coleta 1 – antes do resfriamento), inclusive o número absoluto de insetos aumentou devido à migração destes para a superfície à medida que as camadas inferiores eram resfriadas e a camada de cima ainda estava mais quente.

Aproximadamente 60 dias depois do tratamento, a temperatura na superfície da massa de grãos começou a elevar-se, resultando novamente no crescimento populacional, que chegou a atingir níveis significativamente mais elevados entre 70 e 90 dias do início dos experimentos.

A espécie *O. surinamensis*, que foi a mais abundante no arroz armazenado, respondeu positivamente ao resfriamento, com redução significativa na terceira e quarta coletas, voltando a aumentar quando o efeito do tratamento foi reduzido. A mesma

tendência foi observada para as demais espécies. As populações de *S. oryzae* e *S. zeamais*, consideradas em conjunto, foram relativamente baixas nos silos, mas acompanharam a flutuação da temperatura, reduzindo quando o grão estava resfriado, mas voltando a aumentar gradativa e significativamente quando o efeito do tratamento findou. Para *R. dominica*, o aumento populacional foi ainda mais significativo quando a massa de grãos voltou a esquentar, indicando que é uma espécie que precisa ser monitorada e mantida constantemente sob controle no arroz armazenado.

A resposta de *C. ferrugineus* e de outras espécies de insetos, como *T. castaneum*, *Plodia* spp. (Lepidoptera: Pyralidae), hemípteros predadores e formigas (somadas para as análises) também seguiu a mesma tendência com relação à flutuação da temperatura. Dentre estas espécies, destaca-se o aumento significativo da população de hemípteros predadores na última coleta, quando todas as espécies-praga também eram abundantes e a temperatura na superfície da massa de grãos estava acima de 20°C.

O conteúdo de água do grão manteve-se praticamente inalterado ao longo do experimento, em torno de 14%, concordando com Moreira (1993), que afirma que o resfriamento é capaz de manter o teor de água do grão com uma variação mínima. Contudo, métodos mais acurados de medição e uma maior frequência na obtenção dos dados de conteúdo de água poderiam fornecer informações mais precisas para inferir a ação do frio na manutenção do conteúdo de água.

A insuflação de ar frio apresentou resultados satisfatórios para o controle de insetos em arroz armazenado por um período aproximado de 60 dias. Pelos resultados do monitoramento, concluiu-se que ciclos adicionais de ar frio deveriam ter sido aplicados quando as populações de insetos e a temperatura começaram a elevar-se. Concluiu-se, ainda, que outras práticas, principalmente a limpeza da estrutura de armazenamento (roscas transportadoras e canaletas de aeração), pós-limpeza dos grãos e o manejo adequado (evitando a mistura de arroz novo com arroz velho) deveriam ter sido observadas com mais rigor para garantir e prolongar os benefícios do resfriamento artificial.

Agradecimentos. À Cool Seed Ind. Com. Imp. Exp. Ltda e à Cooperjuriti pelo apoio técnico para a realização desta pesquisa. Ao CNPq pelas bolsas de pesquisa e de iniciação científica, respectivamente, para o primeiro e segundo autores.

REFERÊNCIAS

- Banks, J. & P. Fields. 1995. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems, p. 353–410. *In*: D. S. Jayas; N. D. G. White & W. E. Muir (eds.). **Stored-grain ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 757 p.
- Carvalho, M. L. M. & W. R. Silva. 1994. Refrigeração e qualidade de sementes de milho armazenadas em pilhas com diferentes embalagens. **Revista Agropecuária Brasileira** **9**: 1319–1332.
- Fields, P. G. 1992. The control of stored-product insects with extreme temperatures. **Journal of Stored Products Research** **28**: 89–118.
- Fields, P. G. & W. E. Muir. 1996. Physical control, p. 195–221. *In*: B. Subramanyam & D. W. Hagstrum (eds.). **Integrated management of insects in stored products**. New York, Marcel Dekker, 426 p.
- Howe, R. W. 1965. A summary of estimates of optimal and minimal conditions for population increase of some stored products insects. **Journal of Stored Products Research** **1**: 177–184.
- Lazzari, F. A. 1997. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba, Edição do autor, 134 p.
- Lazzari, F. A. & S. M. N. Lazzari. 2002. **Colheita, recebimento, secagem e armazenamento de milho**. Apucarana, ABIMILHO, 22 p.
- Maier, D. E. 1994. Chilled aeration and storage of U. S. crops - a review, p. 300–311. *In*: E. Highley; E. J. Wright; H. J. Banks & B. R. Champ (eds.), **Proceedings. 6th International Working Conference on Stored-Product Protection, v. 1**, CAB International, Wallingford, 620 p.
- Maier, D. E. & S. Navarro. 2002. Chilling of grain by refrigerated air. p. 489–560. *In*: S. Navarro & R. Noyes (eds.). **The mechanics and physics of modern grain aeration management**. Boca Raton, CRC Press, 647 p.
- Moreira, R. G. 1993. **Aeração de grãos usando ar natural e frio**, p. 177–196. Proceedings International Symposium on Grain Conservation, Canela.
- Paula, M. C. Z.; S. M. N. Lazzari & F. A. Lazzari. 2002. Insect monitoring in a paddy rice storage facility, p. 360–363. *In*: **Proceedings 8th International Working Conference on Stored-Product Protection, v. 1**, York, CAB International, 1071 p.
- Pereira, P. R. V. S.; F. A. Lazzari & S. M. N. Lazzari. 1999. Insect monitoring outside grain storage facilities in southern Brazil, p. 1534–1536. *In*: **Proceedings 7th International Working Conference on Stored-Product Protection, v. 2**. Beijing, 2003 p.
- Prakash, A. & J. Rao. 1995. Insect pest management in stored-rice ecosystems, p. 709–736. *In*: B. S. Jayas; N. D. G. White & W. E. Muir (eds.). **Stored-grain ecosystems**. New York, Marcel Dekker, 757 p.
- Subramanyam, B. & R. Roesli. 2000. Inert dusts, p. 321–380. *In*: B. Subramanyam & D. W. Hagstrum (eds.). **Alternatives to pesticides in stored-product IPM**. 1st ed. Massachusettes, Kluwer Academic Publishers Norwell, 437 p.
- Thompson, T. L. 1972. Temporary storage of high moisture shelled corn using continuous aeration. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers** **15**: 333–337.
- Trematerra, P.; M. C. Z. Paula; A. Sciarretta & S. M. N. Lazzari. 2004. Spatio-temporal analysis of insect pests infesting a paddy rice storage facility. **Neotropical Entomology** **33**: 469–479.