

Métodos de amostragem para a detecção e estimativa das populações de insectos associados ao arroz pós-colheita

Carvalho, M.O.¹; Barbosa, A.F.¹; Marques, P.²; Barros, G.¹; Timlick, B.³; Mexia, A.¹

¹CEFA/IICT, Lisboa; cefa@iict.pt; motiliac@netcabo.pt

²APARROZ, Alcácer do Sal

³Canadian Grain Commission, Winnipeg, Canada

Resumo

O objectivo do presente trabalho é o desenvolvimento da Protecção Integrada no sistema pós-colheita do arroz. Iniciaram-se os ensaios em arroz armazenado a granel em armazéns e em silos. Avaliaram-se vários métodos de amostragem para se obter estimativas mais quantitativas das populações de insectos no cereal: colheita de amostras por sondas, a utilização de armadilhas “pitfall” e armadilhas StorGard WB Probe II, sem atractivo. Foram também utilizadas armadilhas Storgard Thinline e Storgard Dome, com atractivo (alimentar e feromonas) para infestações residuais junto às condutas dos silos de secagem.

As armadilhas “pitfall” e StorGard WB Probe II foram muito mais eficazes que a colheita de amostras por sonda metálica. As armadilhas StorGard WB Probe II capturaram significativamente mais insectos e mais espécies do que as armadilhas “pitfall”. As armadilhas StorGard WB Probe II tem a vantagem de interceptar insectos a várias profundidades, são fáceis de manusear, são duráveis, estão continuamente a actuar e detectam a presença de insectos mesmo a densidades baixas.

As armadilhas Storgard Dome capturaram várias espécies de insectos e foram úteis na detecção de focos de infestação residuais.

Foi avaliada a densidade relativa e o padrão espacial de *Cryptophagus saginatus*, *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae*, *Coninomus constrictus*, *Carpophilus dimediatus*, *Ptinus raptor*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Gnathocerus cornutus* e *Sitotroga cerealella*.

Palavras-chave: arroz; sistema pós-colheita; *Sitophilus* spp.; amostragem; armadilhas; densidade; dispersão.

Abstract

The present work has the objective to implement the components of Integrated Pest Management into the current system of the paddy rice post-harvest. The assays had been initiated in bulk paddy stored in warehouse and silos after the harvest. Some methods of sampling were evaluated to get more quantitative estimates of insect pest populations in the cereal: examination of grain samples and investigating pitfall and StorGard WB Probe II traps without attraction baits. Also, Storgard Dome traps were used, with attractants (food and pheromones) for ascertaining residual infestations under drying silos.

The results show that traps are much more efficient than the examination of grain samples for determining infestation. The StorGard WB Probe II traps captured significantly more insects and more species than did pitfall traps. StorGard WB Probe II traps have the advantage to intercept insects to some depths, are easy to handle, are durable, are continuously acting and can detect the insect populations at low densities.

The Storgard Dome traps captured several insect species and was useful in the detection of sources of infestations.

The relative density and the spatial pattern were examined for *Cryptophagus saginatus*, *Sitophilus zeamais*, *S. oryzae*, *Coninomus constrictus*, *Carpophilus dimediatus*, *Ptinus raptor*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Gnathocerus cornutus* and *Sitotroga cerealella*.

Keywords: rice; post-harvest system; *Sitophilus* spp.; sampling; traps; density; spatial pattern.

1. Introdução

Os insectos e ácaros associados aos produtos armazenados têm a capacidade de utilizar o baixo teor de água dos produtos e produzir por oxidação de nutrientes a água necessária para o seu desenvolvimento. Atingindo populações abundantes provocam aumento do teor de água do produto, de CO₂ e temperatura. Estas alterações podem favorecer o desenvolvimento de fungos que também vão aumentar o teor de água e temperatura do grão como resultado da deterioração do produto.

A protecção integrada no campo pode-se distinguir da protecção integrada dos produtos duráveis pós-colheita em ambiente de armazenamento nos seguintes pontos (Adler, 1998): enquanto que o ataque a partes duma planta viva pode ser compensado pelo seu crescimento adicional, os estragos nos produtos armazenados representam sempre prejuízo; as populações das pragas no campo podem sempre ser destruídas pelas condições ambientais adversas ou pelos seus inimigos naturais, enquanto que as pragas dos produtos armazenados uma vez estabelecidas estão protegidas pela estrutura de armazenamento e pelo próprio produto. Na presença de populações abundantes podem desenvolver microclimas favoráveis à sua rápida multiplicação ao mesmo tempo levando à deterioração do produto armazenado; estes factores reduzem os níveis económicos de ataque na protecção dos produtos armazenados. Se os produtos armazenados são directamente destinados ao consumo, como por exemplo o arroz, não é permitida presença de organismos vivos ou mortos.

O presente trabalho tem como objectivos avaliar o método de amostragem mais adequado para a estimativa das populações de insectos no arroz armazenado, detectar as espécies associadas ao produto nestas condições e avaliar duas propriedades das suas populações, a densidade e o padrão espacial.

2. Material e métodos

A colheita de dados realizou-se em cinco armazéns e um silo, situados na região de Alcacer do Sal. Estes ensaios decorreram de 7 de Novembro de 2002 a 21 de Fevereiro de 2003. O total de arroz com casca armazenado variou de 240 t, no armazém 1, a 1017 t, no armazém 5, e 300 t no silo.

Foram utilizadas armadilhas “pitfall” (AgriSense-BCS, UK) e StorGard WB Probe II (Trécé, Salinas, EUA) para a captura de insectos no arroz com casca e Storgard Dome (Trécé, Salinas, EUA) para a detecção de infestações residuais, por baixo das condutas dos silos de secagem, nas instalações do silo. As armadilhas “pitfall” e StorGard WB Probe II foram utilizadas sem atractivo. As armadilhas Storgard Dome possuem um líquido de retenção e atractivo que consiste na combinação de óleos minerais e sementes. Foi, ainda, utilizado nas primeiras quatro semanas de ensaio a cápsula com feromona específica para *Tribolium castaneum*. As armadilhas eram observadas semanalmente e os insectos identificados e registados (Quadro 1). No silo, durante os meses de Novembro e Dezembro de 2002 foram também colhidas semanalmente nove amostras de produto junto aos locais onde estavam colocadas as nove armadilhas StorGard WB Probe II. As amostras de cerca de 200gr de produto, eram crivadas e colocadas em estufas a incubar pelo menos seis semanas para detecção de infestação oculta.

Quadro 1 – Utilização dos diferentes tipos de armadilhas por local de ensaio.

| Local | Pitfall | StorGard WB Probe II | Storgard Dome |
|-----------|----------|----------------------|---------------|
| Armazém 1 | 10 | – | – |
| Armazém 2 | 10 | – | – |
| Armazém 3 | 10 | 3 | – |
| Armazém 4 | 10 | – | – |
| Armazém 5 | – | 6 | – |
| Silo | produto | 9 | – |
| | condutas | – | 12 |

No silo, a partir de 3 de Janeiro 2003, foram introduzidas nove armadilhas “pitfall” no arroz e junto às armadilhas StorGard WB Probe II para comparar a eficácia. As armadilhas StorGard Dome foram colocadas por baixo das condutas de cereal dos silos de secagem. Seis armadilhas foram colocadas sob as duas condutas de transporte de arroz com casca e outras seis armadilhas sob as duas condutas que também transportaram milho. As condições de temperatura e humidade relativa nas instalações do silo foram obtidas a partir dum termohigrógrafo. Também se utilizaram termómetros-sonda para registar a temperatura no momento da observação das armadilhas no silo.

Para a classificação do padrão espacial das populações de algumas espécies de insectos utilizou-se o índice de dispersão do agregado médio de Lloyd (Lloyd, 1967).

3. Resultados

3.1. Condições ambientais

Nas instalações do silo, a temperatura média variou de 10,5°C, em meados de Janeiro, a 17°C, na primeira semana de Dezembro e nas duas primeiras semanas de Janeiro. A humidade relativa média variou de 62%, em meados de Janeiro, a 80,5% em meados de Dezembro e na primeira semana de Dezembro. A temperatura média do cereal foi de 21,4°C±2,0°C.

3.2. Eficácia das armadilhas “pitfall” e StorGard WB Probe II e colheita de produto com sonda metálica

Nas nove armadilhas StorGard WB Probe II, colocadas no silo, foram identificadas 11 espécies de insectos e capturados 240 indivíduos adultos. Foi, ainda, detectada a presença de psocóteros e ácaros. Nas amostras de produto colhidas a partir da sonda metálica e junta às armadilhas StorGard WB Probe II, quer após a colheita quer após a incubação, não apresentaram infestação (Quadro 2).

Comparando a utilização das armadilhas “pitfall” e StorGard WB Probe II verificaram-se também diferenças no número e nas espécies de insectos encontrados. Nas nove armadilhas “pitfall” foram identificadas cinco espécies de insectos e capturados 12 insectos adultos. No mesmo período, nas nove armadilhas StorGard WB Probe II foram identificadas 10 espécies e capturados 281 indivíduos adultos. Os dois tipos de armadilhas detectaram a presença de psocópteros e ácaros (Quadro 3).

Quadro 2 – Espécies de insectos associadas aos produtos armazenados e total de adultos capturados nas armadilhas StorGard WB Probe II e nas amostras de produto antes e depois da incubação.

| Família | Espécie | StorGard WB Probe II | Amostra de produto | |
|----------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|
| | | | Amostra | Após incubação |
| Cucujidae | <i>Cryptolestes</i> sp. | 1 | 0 | 0 |
| Curculionidae | <i>Sitophilus zeamais</i> | 12 | 0 | 0 |
| | <i>Sitophilus oryzae</i> | 4 | 0 | 0 |
| Cryptophagidae | <i>Cryptophagus saginatus</i> | 13 | 0 | 0 |
| | <i>Coninomus nodifer</i> | 1 | 0 | 0 |
| Lathridiidae | <i>Coninomus constrictus</i> | 27 | 0 | 0 |
| | <i>Ptinus raptor</i> | 78 | 0 | 0 |
| Ptinidae | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> | 4 | 0 | 0 |
| | <i>Ashaverus advena</i> | 5 | 0 | 0 |
| Silvanidae | <i>Gnathocerus cornutus</i> | 86 | 0 | 0 |
| Tenebrionidae | <i>Sitotroga cerealella</i> | 9 | 0 | 0 |
| Gelechiidae | | + | 0 | 0 |
| Psocoptera | | + | 0 | 0 |
| Ácaros | | + | 0 | 0 |
| | Total | 240 | 0 | 0 |

Quadro 3 – Espécies de insectos associadas aos produtos armazenados e total de adultos capturados nas armadilhas “pitfall” e StorGard WB Probe II.

| Família | Espécie | Tipo de armadilha | |
|---------------|----------------------------------|-------------------|----------------------|
| | | pitfall | StorGard WB Probe II |
| Cucujidae | <i>Cryptolestes</i> sp. | 0 | 1 |
| Curculionidae | <i>Sitophilus zeamais</i> | 3 | 11 |
| | <i>Sitophilus oryzae</i> | 1 | 2 |
| Lathridiidae | <i>Coninomus nodifer</i> | 0 | 1 |
| | <i>Coninomus constrictus</i> | 1 | 51 |
| Ptinidae | <i>Ptinus raptor</i> | 6 | 186 |
| Silvanidae | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> | 0 | 3 |
| | <i>Ashaverus advena</i> | 1 | 1 |
| Tenebrionidae | <i>Gnathocerus cornutus</i> | 0 | 22 |
| Gelechiidae | <i>Sitotroga cerealella</i> | 0 | 3 |
| Psocoptera | | + | + |
| Ácaros | | + | + |
| | Total | 12 | 281 |

3.3. Detecção de insectos associados aos produtos armazenados nos armazéns e silo

Foram identificadas 21 espécies de insectos associadas aos produtos armazenados (Quadro 4).

Quadro 4 – Espécies de insectos capturadas nas armadilhas colocadas nos armazéns, no silo e junto aos resíduos das condutas para os silos de secagem.

| Família | Espécie | Silo | | Armazém | | | | |
|----------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---|---|---|---|
| | | Produto | Resíduo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | + | + | | + |
| Carabidae | <i>Harpalus rufipes</i> | | | | | | + | |
| Cryptophagidae | <i>Cryptophagus saginatus</i> | + | + | + | + | + | + | + |
| Cucujidae | <i>Cryptolestes</i> sp. | + | + | | | | | |
| Curculionidae | <i>Sitophilus zeamais</i> | + | + | + | | | | |
| | <i>Sitophilus oryzae</i> | + | + | | | + | | |
| Lathridiidae | <i>Coninomos constrictus</i> | + | | + | + | + | + | + |
| | <i>Coninomos nodifer</i> | + | | | | + | | + |
| Mycetophagidae | <i>Litargus balteatus</i> | | + | | | + | | + |
| | <i>Typhaea stercorea</i> | | | | | + | + | |
| Nitidulidae | <i>Carpophilus dimedius</i> | | + | | | | | |
| Ptinidae | <i>Ptinus raptor</i> | + | + | + | | + | + | + |
| | <i>Oryzaephilus surinamensis</i> | + | + | | | + | | + |
| Silvanidae | <i>Monotoma</i> sp. | | | | | + | | |
| | <i>Ashaverus advena</i> | + | | + | + | + | | + |
| Staphylinidae | spp. | | + | + | | + | + | + |
| Tenebrionidae | <i>Tribolium castaneum</i> | | + | | | | | |
| | <i>Gnathocerus cornutus</i> | + | + | | | | | + |
| Pteromalidae | <i>Dinarmus basalis</i> | | | + | | | | |
| | <i>Lariophagus distinguendus</i> | | | | | | | + |
| Pyralidae | <i>Plodia interpunctella</i> | | + | | | | | |
| Gelechiidae | <i>Sitotroga cerealella</i> | + | + | | | | | |
| Anthracoridae | <i>Lyctocoris campestris</i> | | + | | | + | + | |
| Psocoptera | | + | | + | + | + | + | + |
| Ácaros | | + | + | + | + | + | + | + |

Quatro espécies só ocorreram em determinados locais: *H. rufipes*, no Armazém 4, *C. dimedius*, *T. castaneum* e *P. interpunctella*, junto às condutas dos silos de secagem e os parasitóides de coleópteros *D. basalis* e *L. distinguendus*, respectivamente, nos armazéns 1 e 5. *H. rufipes* é um predador de formas imaturas de insectos. *C. dimedius* é um fitófago particularmente associado ao milho armazenado. *T. castaneum* é uma importante praga secundária dos cereais alimentando-se do gérmen. *P. interpunctella* pode atacar cereais alimentando-se do gérmen e de produtos processados, como farinhas. Algumas espécies ocorreram em todos os locais de armazenamento de arroz com casca. São exemplo *C. saginatus* e *P. raptor*. *Cryptophagidae* spp. que se alimentam essencialmente de fungos. Os insectos *Ptinus* spp são muito activos em lugares particularmente sombrios e pouco limpos e podem alimentar-se de resíduos e atacar o produto armazenado. *C. constrictus*, que se alimenta de fungos, ocorreu em todos os locais mas não foi capturado nos resíduos junto às condutas. Outras espécies só foram identificadas no silo e nos resíduos das condutas: *Cryptolestes* sp, *T. castaneum*, *G. cornutus* e *S. cerealella*. *Cryptolestes* sp. é uma praga, relativamente importante, dos cereais, alimentando-se dos produtos previamente atacados por outras espécies. *T. castaneum* e *G. cornutus* também são pragas secundárias dos cereais atacando o gérmen. *G. cornutus* é uma praga secundária com pouca importância económica que não sobrevive às temperaturas de Inverno (Haines, 1991).

3.4. Abundância populacional

Foi estudada a abundância populacional de *C. dimedius*, *C. constrictus*, *C. saginatus*, *G. cornutus*, *P. raptor*, *S. oryzae*, *S. zeamais* e *S. cerealella* nos armazéns, silo e junto à conduta dos silos de secagem, que, à excepção de *S. oryzae*, foram as espécies mais abundantes. *C. dimedius* só foi detectada junto à conduta dos silos, especialmente junto à conduta de transporte de milho (Fig.1). O pico de capturas, 0,8 insectos/armadilha, ocorreu nos finais de Novembro tendo-se registado de seguida uma descida na sua densidade relativa. A média de insectos mais elevada ocorreu junto às condutas de milho, podendo estar aí a fonte principal de alimento. *C. constrictus* apresentou fraca ocorrência junto às condutas (Fig.2). Verificou-se aumento da densidade relativa nos armazéns e no silo ao longo do ensaio. *C. saginatus* também foi uma espécie que ocorreu em todos os locais de ensaio (Fig. 3). Verificou-se que a densidade relativa no silo foi baixando ao longo do ensaio e nos armazéns a população aumentou tendo-se registado um pico de 1,5 insectos/armadilha na última semana de Janeiro. *G. cornutus*, à excepção de um adulto capturado no Armazém 3 na terceira semana de Fevereiro, só ocorreu nas armadilhas junto às condutas e no silo. Os adultos permaneceram activos ao longo do ensaio mesmo quando as condições de temperatura exteriores não foram as mais favoráveis. A densidade relativa foi mais elevada junto às condutas de milho do que junto às condutas de arroz (Fig.4). *P. raptor* foi a espécie mais abundante no silo e também detectada nos armazéns e junto à conduta embora a sua ocorrência fosse fraca (Fig. 5). *S. zeamais* foi a espécie mais abundante junto às condutas dos silos de secagem. Embora associada ao milho armazenado, foi junto às condutas de arroz onde a densidade relativa foi mais elevada (Fig. 6).

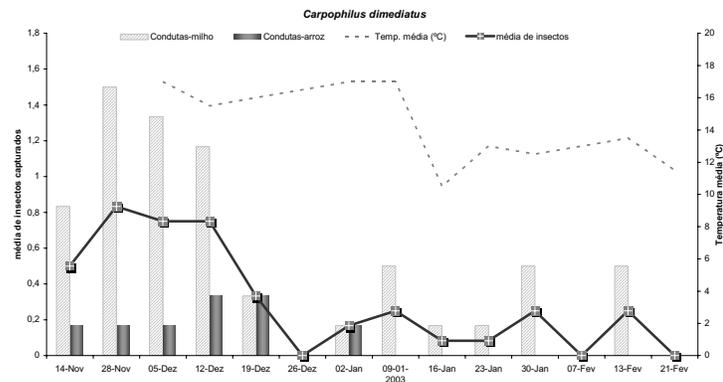


Figura 1 – Densidade relativa de *Carpophilus dimedius* junto à conduta dos silos de secagem e temperatura média.

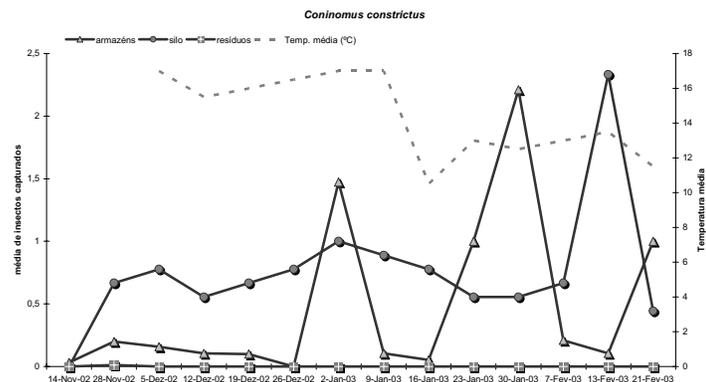


Figura 2 - Densidade relativa de *Coninomos constrictus*, nos armazéns, no silo e junto à conduta dos silos de secagem e temperatura média.

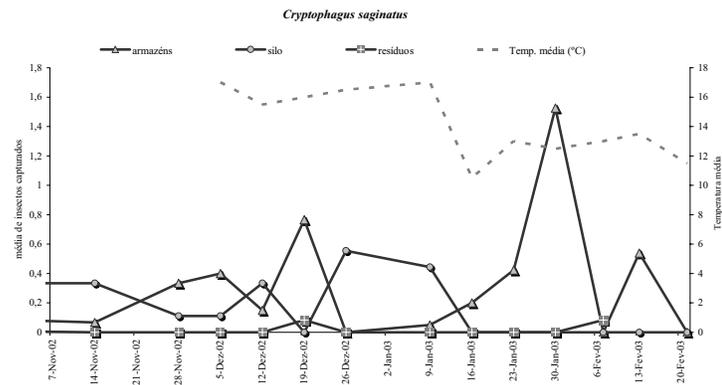


Figura 3 - Densidade relativa de *Cryptophagus saginatus*, nos armazéns, no silo e junto à conduta dos silos de secagem e temperatura média.

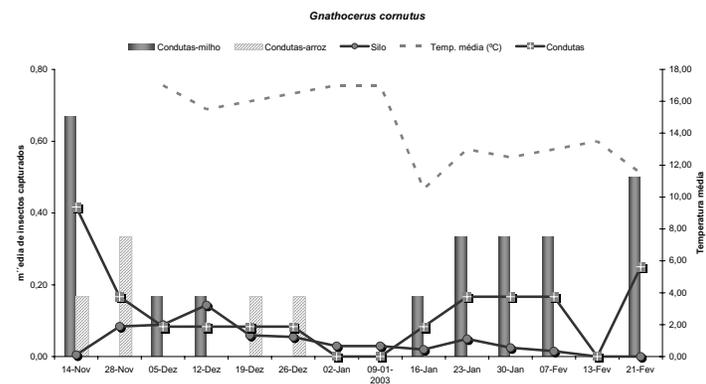


Figura 4 - Densidade relativa de *Gnathocerus cornutus*, nos armazéns, no silo e junto à conduta dos silos de secagem e temperatura média.

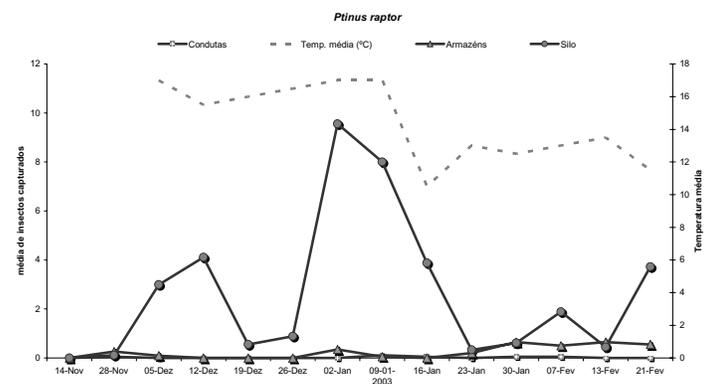


Figura 5 - Densidade relativa de *Ptinus raptor*, nos armazéns, no silo e junto à conduta dos silos de secagem e temperatura média.

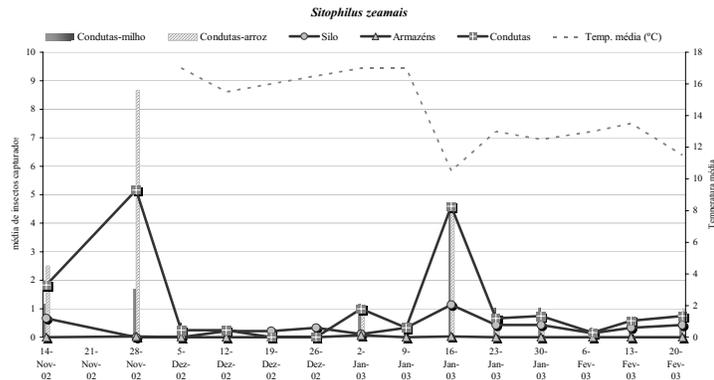


Figura 6 - Densidade relativa de *Sitophilus zeamais*, nos armazéns, no silo e junto à conduita dos silos de secagem e temperatura média.

3.5. Padrão espacial

Foi classificado o padrão espacial de 11 espécies de insectos associados aos produtos armazenados a partir do índice do agregado médio. Os resultados estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Índice do agregado médio para adultos de 11 espécies de insectos capturados nas armadilhas.

| Espécie | N ^a | * $\bar{x} < \bar{x}^b$ | * $\bar{x} = \bar{x}^c$ | * $\bar{x} > \bar{x}^d$ |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>Cryptophagus saginatus</i> | 20 | 3 | 5 | 12 |
| <i>Cryptolestes sp.</i> | 7 | 0 | 7 | 0 |
| <i>Sitophilus zeamais</i> | 27 | 4 | 3 | 20 |
| <i>S. oryzae</i> | 17 | 8 | 6 | 3 |
| <i>Coninomus constrictus</i> | 26 | 8 | 3 | 15 |
| <i>Carpophilus dimedius</i> | 11 | 2 | 3 | 6 |
| <i>Ptinus raptor</i> | 25 | 3 | 6 | 16 |
| <i>Oryzaephilus surinamensis</i> | 11 | 2 | 7 | 2 |
| <i>Tribolium castaneum</i> | 3 | 2 | 1 | 0 |
| <i>Gnathocerus cornutus</i> | 23 | 6 | 6 | 11 |
| <i>Sitotroga cerealella</i> | 15 | 3 | 5 | 7 |

^a número de pares "agregado médio-média" usados; ^b distribuição uniforme; ^c distribuição aleatória; ^d distribuição agregada

Para *C. saginatus*, *S. zeamais*, *C. dimedius*, *C. constrictus*, *P. raptor*, *G. cornutus* e *S. cerealella*, a maioria das observações o índice classificou o padrão agregado. Para *Cryptolestes sp.* e *O. surinamensis* o maior número de pares seguiu o padrão aleatório, indicando que a presença dum indivíduo não interfere com a presença de outro. Para *S. oryzae* e *T. castaneum* o índice classificou o padrão espacial de uniforme, para a maioria das observações, indicando comportamentos de repulsão e competição entre adultos.

4. Discussão

Embora as condições ambientais não tenham sido favoráveis ao desenvolvimento da maioria das espécies capturadas, verificou-se actividade dos adultos, como as capturas indicam. A temperatura do cereal foi mais estável e favorável à actividade das mesmas.

As armadilhas StorGard WB Probe II detectaram maior número de espécies e capturaram mais adultos do que os outros métodos de amostragem ensaiados. Têm a vantagem de interceptar insectos a várias profundidades, são fáceis de manusear, são duráveis, estão continuamente a actuar e detectam a presença de insectos mesmo a densidades baixas. Segundo Hagstrum (2000) embora as espécies de *Sitophilus* e *Tribolium* possam ser frequentemente encontradas na superfície do cereal, as populações de *Cryptolestes* sp., *A. advena*, *T. stercorea* e *O. surinamensis* já poderão desenvolver-se no interior da massa de cereal. Lippert & Hagstrum (1987), Fargo *et. al.* (1987 e 1989) e Hagstrum *et al.* (1998) registaram também melhores resultados com as armadilhas StorGard WB Probe II e consideraram não ser necessário a utilização de atractivos quando as armadilhas são utilizadas com o cereal.

Foram identificadas 21 espécies associadas aos produtos armazenados. Em todos os locais se detectou também a presença de psocópteros e ácaros. Algumas espécies só foram capturadas junto à conduta dos silos e/ou no silo. *C. dimedius*, *G. cornutus*, *S. cerealella* e *S. zeamais* podem ter a sua origem devido ao transporte e armazenamento temporário de milho para os silos. Observaram-se focos de infestação de *S. zeamais*, *G. cornutus* e *C. dimedius* em resíduos de milho por baixo das condutas e no chão tendo-se sido necessário recorrer a limpezas nessas instalações no final de Janeiro.

As espécies mais abundantes como *P. raptor*, *C. constrictus* e *C. saginatus* são indicadoras de teores de humidade relativamente elevados e a presença de resíduos e poeiras. Estas condições poderão estar associadas à época em que se realizou o ensaio, Outono e Inverno, e ao facto do arroz com casca vir directamente do campo para os locais de armazenamento. As espécies mais abundantes seguiram na maioria das observações o padrão agregado enquanto que as outras espécies que apresentaram densidades relativas muito baixas seguiram o padrão aleatório ou uniforme.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar os seguintes agradecimentos: ao Dr. Cornel Adler (BBA, Alemanha) e Jordi Riudavets (IRTA, Espanha) pela valiosa colaboração neste projecto; à APARROZ e arroseiros associados por disponibilizarem as suas instalações de armazenamento para a realização dos ensaios agradecendo especialmente a valiosa colaboração do Eng. João Reis Mendes; e à empresa Trécé (Salinas, EUA) especialmente a Bill Lingren e Selina AA-Stewart pelo financiamento das armadilhas Storgard Dome.

Referências bibliográficas

- Adler, C. 1998. What is integrated stored product protection? *IOBC wprs Bull.*, 21:1-8.
Fargo, W.S., Cuperus, G.W., Bonjour, W.E., Burkholder, B.L., Clary, B.C. & Payton, M. E. 1987. Influence of probe trap type and attractants on the capture of four stored-grain Coleoptera. *J. stored Prod. Res.*, 30: 237-241.

- Fargo, W.S., Epperly, D., Cuperus, G.W., Clary, B.C. & Noyes, R. 1989. Effect of temperature and duration of trapping on four stored grain insect species. *J. econ. Entomol.*, 82: 971-973.
- Hagstrum, D.W. 2000. Using five sampling methods to measure insect distribution and abundance in bins storing wheat. *J. stored Prod. Res.*, 36: 253-262.
- Hagstrum, D.W., Flinn, P.W. & Subramanyam, Bh. 1998. Predicting insect density from probe trap catch in farm-stored wheat. *J. stored Prod.Res.*, 34: 251-262.
- Haines, C.P. (1991). Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification (A training manual). NRI, Chatham, 246 pp.
- Lippert, G.E. & Hagstrum, D.W. 1987. Detection or estimation of insect populations in bulk-stored wheat with probe traps. *J. econ. Entomol.*, 80: 601-604.
- Lloyd, M. 1967. 'Mean crowding'. *J. Anim. Ecol.*, 36: 1-30.