



PREVENÇÃO DE INFESTAÇÕES E CONTAMINAÇÕES MICROBIOLÓGICAS NO ARMAZENAMENTO DO ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um alimento básico para cerca de metade da população mundial, portanto, é extremamente importante investigar soluções que minimizem os prejuízos e os custos de produção dos produtores e assegurar a qualidade e a segurança alimentar aos consumidores.

Inês Sousa¹, Ana Sanches Silva¹, Jorge Oliveira², Carina Almeida¹, Gonçalo Almeida¹, Graça Barros³, António Mexia³, Carla Brites¹

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



² Ernesto Morgado S.A.



³ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa



Importância do problema

Os prejuízos no arroz armazenado por infestações de artrópodos e contaminações microbiológicas são elevados, mas geralmente difíceis de estimar e dependem das condições de temperatura, humidade relativa, do local e duração do armazenamento, bem como das propriedades das várias variedades de arroz.

Os problemas com maior impacto na preservação e qualidade do arroz são essencialmente de dois tipos: infestação por insetos e contaminação microbiológica. O primeiro caso é passível de deteção visual pelo consumidor: larvas e/ou insetos vivos presentes no arroz embalado. O segundo não é detetado visualmente, mas a produção de toxinas por microrganismos é uma preocupação de saúde pública.

Para diminuir o risco de infestação é habitual a aplicação de agentes químicos (vulgarmente fumigações) durante o armazenamento. As fumigações originam resíduos de contaminantes químicos que comprometem a qualidade natural do arroz e dos produtos dele derivados. Com o cenário das alterações climáticas, perspetiva-se um aumento do risco de infestação, não só pelo aumento da temperatura e humidade, como também pelos mecanismos de resistência às substâncias ativas atualmente aplicadas nos tratamentos.

A procura de soluções para prevenir as infestações e contaminações microbiológicas e a avaliação da sua eficácia, são assim aspetos prioritários para a sustentabilidade da cadeia de valor do arroz e que poderão ter impacto também em grande parte nos produtos alimentares derivados do arroz e outros cereais.

Infestações no arroz

Os prejuízos causados por insetos durante o armazenamento do arroz são a conspurcação, perda de massa dos grãos e o aumento da temperatura e do teor de água. Os prejuízos causados por insetos podem ser significativos quando o arroz é armazenado por longos períodos de tempo e as populações de insetos atingem níveis muito elevados. O aumento da temperatura e do teor de água resulta da atividade dos insetos, da própria respiração dos

grãos e pode promover o desenvolvimento de fungos que causam a deterioração dos grãos.

Os insetos que ocorrem durante o armazenamento do arroz podem desenvolver-se dentro do grão (infestação interna ou oculta), consumindo o endosperma, ou desenvolver-se fora do grão de arroz (infestação externa), alimentando-se do farelo, poeira ou de grãos quebrados. A procura de soluções para combater a infestação interna (oculta) assume maior relevância para a indústria, porque o grão é normalmente armazenado com casca (arroz 'paddy'), cuja estrutura fornece proteção contra insetos externos.

O gorgulho e a traça-do-arroz são as infestações internas mais relevantes para o arroz armazenado e integram um conjunto de espécies de insetos que perfuram os grãos e reduzem-nos a farinha. As espécies mais relevantes, como pragas do arroz, são *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* e *Sitotroga cerealella*.

A fêmea de *Sitophilus oryzae* com a sua armadura bucal trituradora, perfura a superfície do grão e com a extremidade do abdômen deposita um/dois ovos. O orifício de postura fica completamente selado por uma substância mucilaginosa, protegendo o ovo, não sendo visível a olho nu. As larvas passam por quatro instares, passando a pupas e insetos adultos dentro do grão (Figura 1).

As larvas alimentam-se do endosperma, escavando galerias/túneis no interior dos grãos de arroz e os adultos emergem do grão quando o exoesqueleto endurece e se torna resistente, podendo sobreviver cerca de oito meses. O adulto de *Sitophilus oryzae* tem quatro manchas castanho-alaranjadas, nos élitros, uma armadura bucal trituradora na extremidade do rosto, um par de antenas clavadas e cerca de 3 mm de comprimento (Figura 2), podendo ocasionalmente voar.

O desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* em grão branqueado (Figura 3) origina avultados prejuízos, afeta a qualidade dos grãos e reduz a viabilidade das sementes.

Os ovos de *Rhyzopertha dominica* são colocados na superfície do grão. Após a eclosão, as larvas perfuram os grãos de arroz e permanecem no interior



Figura 1 – Presença de pupa de *Sitophilus oryzae* no interior do grão de arroz.

Fonte: USDA Agricultural Research Center, Stored Insect Images Database (Download a 06/06/2022) <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15651>.

(Figura 4) até adultos, que aí podem permanecer por alguns dias antes de emergirem (Figura 5).

Tanto os adultos como as larvas de *Rhyzopertha dominica* se alimentam dos grãos de arroz e, no caso de infestações de grande dimensão, o grão pode desenvolver um odor a bolor, podendo também ficar amplamente conspurcado com excrementos. *Sitotroga cerealella* é a traça-do-grão mais abundante no armazenamento de arroz com casca - 'paddy' (Figura 6). Os ovos são colocados na superfície do grão. As lagartas perfuram o grão, cobrem o orifício com uma teia e desenvolvem-se no inte-



Figura 2 – *Sitophilus oryzae*.

Fonte: USDA Agricultural Research Center, Stored Insect Images Database (Download a 06/06/2022) <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15651>.

rior. Após o estado de pupa, dá-se a emergência dos adultos através do orifício de postura. Normalmente, as infestações de traças, *Sitotroga cerealella*, incidem nas camadas superiores dos grãos armazenados a granel, o que limita os prejuízos diretos que este inseto pode causar.

Contaminações microbiológicas

A principal fonte de contaminação microbiológica do arroz são fungos que aparecem durante o armazenamento e os mais comuns são espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*. A contaminação ocorre através de pequenas quantidades de esporos (inóculo) que contaminam o grão desde a colheita até ao armazenamento ou a partir de esporos já exis-



Figura 3 – Presença de gorgulho (*Sitophilus oryzae*) no arroz branqueado.

Fonte: <https://br.depositphotos.com/266178958/stock-photo-rice-weevil-or-sitophilus-oryzae.html> (Download a 30/05/2022).

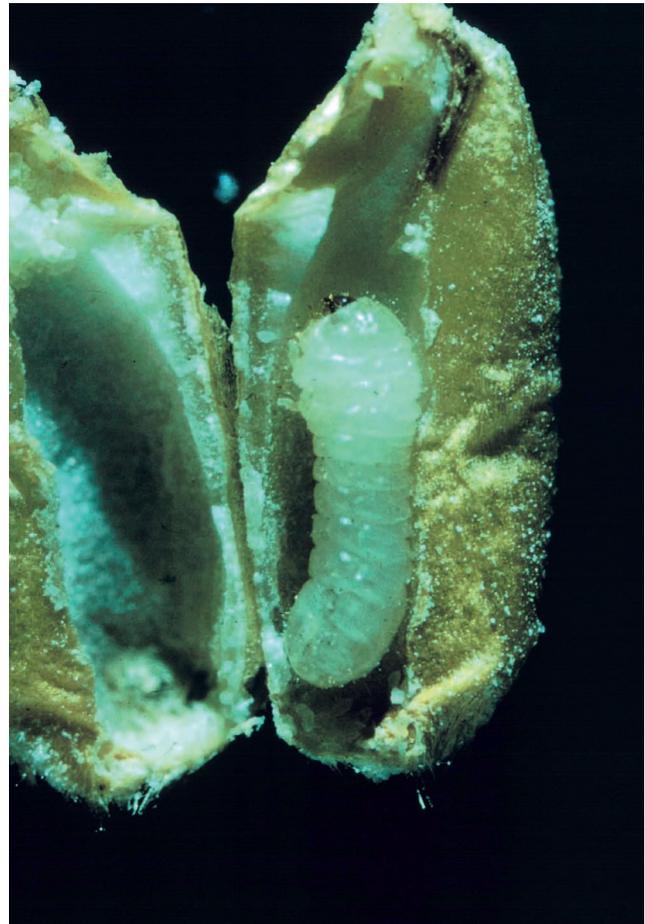


Figura 4 – Presença de *Rhyzopertha dominica* no interior do grão.

Fonte: USDA Agricultural Research Center, Stored Insect Images Database (Download a 06/06/2022) <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15651>.



Figura 5 – *Rhyzopertha dominica*.

Fonte: USDA Agricultural Research Center, Stored Insect Images Database (Download a 06/06/2022) <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15651>.

tentes nas estruturas de armazenamento. Sob o efeito de altas temperaturas e humidade, frequentemente desencadeadas pelas infestações de insetos, esta pequena quantidade de inóculo pode aumentar rapidamente. Esses fungos podem produzir micotoxinas, que são atualmente consideradas uma grande ameaça para a saúde pública dado estar associadas ao fenómeno da carcinogénese.

A contaminação microbiológica pode ocorrer em qualquer fase do processo de produção e é muito importante ter sempre em atenção o facto de o arroz ser um excelente substrato para fungos produtores de micotoxinas, principalmente *Aspergillus* produtores de aflatoxinas que são frequentemente detetadas em arroz armazenado em condições inadequadas (Magro *et al.*, 2010). Mesmo após as eta-

pas de processamento, as micotoxinas persistem no arroz, o que é preocupante, pois são metabólitos tóxicos impróprios para a alimentação humana. Portanto, é essencial assegurar condições de armazenamento que evitem a deterioração do grão e reduzam a contaminação por fungos.

No caso de produtos de arroz prontos a comer, em que o arroz é cozinhado e preservado de uma forma apropriada (congelamento, refrigeração, esterilização, etc.) assume particular relevo o *Bacillus cereus*. Trata-se de uma bactéria Gram-positiva da família Bacillaceae, formadora de esporos que produz dois tipos de enterotoxinas, diarreica e emética, sendo esta última termorresistente. Esta bactéria pode causar sintomas agudos de doenças gastrointestinais, causando vómitos (devido à toxina cereulide), geralmente 15 minutos a 5 horas após ingestão, ou diarreia, neste caso há um período de incubação de 10 a 20 horas necessário para a produção de enterotoxinas no intestino delgado. As intoxicações alimentares associadas a este agente são normalmente de curta duração e pouco severas. Algumas estirpes desta espécie são psicotróficas, o que significa que se podem multiplicar mesmo a baixa temperatura (4-5 °C), motivo por que se recomenda aos consumidores de arroz cozinhado em casa (sem processos de conservação) que não seja guardado em frigorífico mais do que um dia. No caso de processos industriais, que, obviamente, preveem processos de conservação após a cozedura, o tempo e temperaturas de conservação do arroz é também crítico, já que varia bastante de acordo com o tipo de processamento/conservante aplicado. A carga de *Bacillus cereus* necessária para causar toxi-infeção é considerada elevada, 10^5 unidades formadoras de colónias por grama (Rodrigo *et al.*, 2021).

Tratamentos de prevenção convencionais

O método de prevenção convencional para o controlo de infestações em grãos armazenados é o uso de inseticidas químicos e a fumigação é um dos métodos mais eficazes. No entanto, existem alguns problemas associados, como o risco para a saúde



Figura 6 – Presença de *Sitotroga cerealella* no arroz com casca ('paddy').

Fonte: USDA Agricultural Research Center, Stored Insect Images Database (Download a 06/06/2022) <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=15651>.

humana e o aparecimento de insetos resistentes a esses inseticidas (Melo *et al.*, 2019; Tanaka *et al.*, 2020). A utilização de brometo de metilo (pesticida principalmente utilizado para fumigação durante o armazenamento) foi proibida no armazenamento e na agricultura por causa da destruição da camada de ozônio. Além disso, assiste-se a uma crescente preocupação com o consumo de alimentos livres de resíduos.

Assim, atualmente, procura-se soluções alternativas aos inseticidas químicos, nomeadamente a utilização de meios físicos isentos de resíduos e biopesticidas para o controlo de pragas nos grãos armazenados. Isto toma particular relevância nos dias de hoje em que existe um interesse crescente do consumidor por soluções mais “verdes”, mais amigas do ambiente e da saúde humana. Adicionalmente, as entidades reguladoras estão também a estabelecer limites mais baixos de resíduos para pesticidas sintéticos (à medida que se descobre que alguns deles ou os seus resíduos são disruptores endócrinos), a estabelecer metas concretas para a redução do uso de pesticidas na produção vegetal e a incentivar diretamente o uso de alternativas biológicas.

Desta forma, é muito importante utilizar adequadamente os tratamentos convencionais, desenvol-

ver alternativas inovadoras para controlo de infestações, e identificar ferramentas de monitorização mais adequadas e seguras, quer para as instalações/equipamentos industriais quer para aplicação no grão.

Alternativas aos tratamentos convencionais

A existência de contaminações biológicas em alimentos pode ser influenciada por diversos fatores que devem ser controlados (Gonçalves *et al.*, 2018). Fatores como temperatura, atmosfera, humidade relativa e, neste caso, teor de água do produto afetam o desenvolvimento de fungos e insetos. Na verdade, a monitorização da temperatura é essencial para manter a qualidade durante todo o armazenamento do arroz, uma vez que este é vulnerável a mudanças durante todas as fases do processo (Müller *et al.*, 2022).

Armazenamento a baixas temperaturas é suficiente para prevenir o desenvolvimento das pupas, mas refrigerar silos inteiros de arroz é obviamente muito dispendioso e a proteção desaparece logo que o armazenamento refrigerado termine. As cadeias de distribuição e venda, quer nacionais quer internacionais, não contemplam refrigeração, pelo que o

controle de temperatura só seria uma solução durante o armazenamento na indústria.

A proteção por via do controle da atmosfera é mais exequível ao longo de toda a cadeia. Neste domínio, o importante é eliminar o oxigénio, uma vez que sem oxigénio o ovo não se desenvolve. As embalagens têm de ser bem herméticas para prevenir entrada de ar, podendo usar-se embalamento a vácuo, ou com gás inerte como azoto ou dióxido de carbono.

O dióxido de carbono também tem um efeito antimicrobiano, por exemplo, inibe o crescimento de fungos e a produção de micotoxinas (Gonçalves *et al.*, 2018). Estas atmosferas são ferramentas seguras e ecologicamente corretas para o controle de insetos e têm sido propostas como tratamentos alternativos viáveis. Existem estudos que comprovam a eficácia das atmosferas modificadas com alto teor de CO₂ no controle de pragas que afetam os alimentos, como alternativa à fumigação (Carvalho *et al.*, 2012).

A aplicação de ondas de radiofrequência pode ser utilizada na desinfestação de pragas de insetos em grãos de arroz armazenados durante um curto período de tempo. Num estudo realizado por Veerasilp *et al.* (2015) foi desenvolvido um sistema de aquecimento por radiofrequência para controlar a contaminação do gorgulho em arroz branqueado, concluindo-se que este sistema é capaz de eliminar as descendências, mantendo a qualidade do arroz.

Os biopesticidas podem ser uma alternativa a inseticidas pois, sendo compostos existentes na natureza, permitem reduzir o impacto ambiental e os riscos para a saúde humana. Alguns destes compostos fazem parte dos mecanismos de defesa natural de muitas espécies de origem vegetal. Por isso mesmo, geralmente apresentam alta seletividade contra pragas, baixa toxicidade, além de serem biodegradáveis. Os biopesticidas são geralmente classificados em três categorias que incluem os pesticidas bioquímicos (substâncias naturais que permitem o controle de pragas através de mecanismos que não envolvem toxicidade), pesticidas microbianos (o ingrediente ativo consiste num microrganismo) e protetores incorporados em plantas (substâncias

produzidas por plantas a partir da incorporação de material genético na planta).

Outra alternativa ao uso de pesticidas poderá ser o gás ozono. Já existiam alguns estudos sobre o uso deste gás para a remoção de substâncias tóxicas em alimentos, mas não em arroz armazenado. Entretanto, Ávila *et al.* (2017) estudaram a utilização de ozono como agente de degradação de resíduos de pesticidas em grãos de arroz armazenados, concluindo que os grãos não foram afetados, sendo esta técnica promissora para evitar a presença de resíduos de inseticidas no arroz. No entanto, é importante lembrar todos os potenciais efeitos negativos que o ozono poderá ter, quer nos grãos de arroz, quer na saúde do consumidor, sendo necessário realizar mais estudos sobre este tratamento. Os óleos essenciais ou extratos de plantas podem ser outra alternativa a ser explorada, pois alguns possuem propriedades antifúngicas. Por exemplo, segundo Reddy *et al.* (2008), o óleo de *Ocimum canum* exibiu uma ampla gama de atividade contra fungos e, de acordo com Guettal *et al.* (2021), o óleo de *Citrus limonum* apresenta toxicidade fumigante, sendo que tem potencial como alternativa natural aos inseticidas sintéticos. Abdelazim *et al.* (2018) reportou que extratos de casca de romã, extrato de goma arábica e extrato de própolis permitem reduzir os níveis de aflatoxina B1 e aflatoxina G1 em arroz inoculado com *A. parasiticus* e armazenado durante 15 dias.

A panóplia de abordagens e substâncias com potencial aplicação na conservação do arroz espelham o interesse crescente no desenvolvimento de novas formas alternativas de proteção de arroz armazenado. No entanto, por vezes, é difícil perceber a aplicabilidade real (em termos de eficácia, custo e escalabilidade) destas abordagens. A utilização de meios físicos e produtos naturais vegetais, à partida menos prejudiciais à saúde humana e ao ambiente, serão alternativas a ser investigadas pelo projeto TRACE-RICE www.trace-rice.eu.

Conclusão

Os grãos de arroz são uma fonte muito importante de alimento para a maioria da população huma-

na. Portanto, é importante preservar e controlar a qualidade e quantidade de arroz produzido em todo o mundo.

A contaminação por insetos e fungos origina a deterioração e perda dos grãos, por isso, aqueles devem ser eliminados ou minimizados através dos tratamentos mais adequados. Os fatores ambientais, como a temperatura, o teor de água e a atmosfera envolvente, podem influenciar significativamente as contaminações em grãos armazenados. Desta forma, é importante compreender e controlar esses fatores para prevenir contaminações.

O uso de atmosfera modificada, biopesticidas, óleos essenciais ou extratos naturais, ondas de radiofrequência ou de ozono poderão ser alternativas ao uso de substâncias químicas e tóxicas nos grãos de arroz, mas é necessário desenvolver mais estudos para avaliar a viabilidade econômica destas aplicações. ☹

Referências Bibliográficas

- Abdelazim, S.A.A.; Ahmed, N.B.; Mohamed, G.S. (2018). Applications of Some Natural Active Extracts for Cereal Storage Improvement. *Nutri Food Sci Int J*, **7**(5).
- Ávila, M.B.R.; Faroni, L.R.A.; Heleno, F.F.; Queiroz, M.E.L.R.; Costa, L.P. (2017). Ozone as degradation agent of pesticide residues in stored rice grains. *J Food Sci Technol*, **54**(12):4092–4099.
- Carvalho, M.O.; Pires, I.; Barbosa, A.; Barros, G.; Riudavets, J.; Garcia, A.C.; Brites, C.; Navarro, S. (2012). The use of modified atmospheres to control *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* on stored rice in Portugal. *Journal of Stored Products Research*, **50**:49–56.
- Gonçalves, A.; Gkrillas, A.; Dorne, J.L.; Dall'Asta, C.; Palumbo, R.; Lima, N.; Battilani, P.; Venâncio, A.; Giorni, P. (2018). Pre- and Postharvest Strategies to Minimize Mycotoxin Contamination in the Rice Food Chain. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 18.
- Guettal, S.; Tine, S.; Hamaidia, K.; Tine-Djebbar, F.; Soltani, N. (2021). Effect of *Citrus limonum* essential oil against granary weevil, *Sitophilus granaries* and its chemical composition, biological activities and energy reserves. *International Journal of Tropical Insect Science*, **41**:1531–1541.
- Magro, A.; Matos, O.; Bastos, M.; Carolino, M.; Lima, A.; Mexia, A. (2010). The use of essential oils to protect rice from storage fungi. *Julius-Kühn-Archiv*, **425**:542–547.
- Melo, M.G.; Carqueijo, A.; Freitas, A.; Barbosa, J.; Silva, A.S. (2019). Modified QuEChERS Extraction and HPLC-MS/MS for Simultaneous Determination of 155 Pesticide Residues in Rice (*Oryza sativa* L.). *Foods*, **9**(1):18.
- Müller, A.; Nunes, M.T.; Maldaner, V.; Coradi, P.C.; Moraes, R.S.; Martens, S.; Leal, A.F.; Pereira, V.F.; Marin, C.K. (2022) Rice Drying, Storage and Processing: Effects of Post-Harvest Operations on Grain Quality. *Rice Science*, **29**(1):16–30.
- Reddy, K.R.N.; Reddy, C.S.; Muralidharan, K. (2008). Potential of botanicals and biocontrol agents on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* infecting rice grains. *Food Control*, **20**:173–178.
- Rodrigo, D.; Rosell, C.M.; Martinez, A. (2021). Risk of *Bacillus cereus* in Relation to Rice and Derivatives. *Foods*, **10**:302.
- Tanaka, F.; Magariyama, Y.; Miyanoshta, A. (2020). Volatile biomarkers for early-stage detection of insect-infested brown rice: Isopentenols and polysulfides. *Food Chemistry*, **303**:125381.
- Vearasilp, S.; Thanapornpoonpong, S.; Krittigamas, N.; Suriyong, S.; Akaranuchat, P.; von Hörsten, D. (2015) Vertical operating prototype development supported radio frequency heating system in controlling rice weevil in milled rice. *Agriculture and Agricultural Science Proceedings*, **5**:184–192.



TRACE-RICE with Grant Number 1934 (2020-2024), is part of the PRIMA Programme supported by the European Union.
www.trace-rice.eu