

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS LUIZ CERIOLO TESTA

MONITORAMENTO E CONTROLE DE FUNGOS EM ARMAZENAMENTO DE
GRÃOS E SEMENTES

CURITIBA
2024

MATHEUS LUIZ CERIOLI TESTA

MONITORAMENTO E CONTROLE DE FUNGOS EM ARMAZENAMENTO DE
GRÃOS E SEMENTES

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador Prof. Mauro Porto Colli.

RESUMO

A capacidade estática das unidades de armazenamento do país atende apenas 60% da demanda agrícola e boa parte das unidades não é corretamente utilizada o que ocasiona em grandes perdas econômicas. O controle de pragas e micotoxinas e a adoção de abordagens integradas são essenciais para garantir a qualidade e a segurança dos grãos armazenados no Brasil. O manejo integrado de pragas e fungos em grãos armazenados, considerando o contexto da agricultura brasileira e sua relevância econômica e de segurança alimentar, é atualmente a forma de manejo mais eficaz, já que, os métodos tradicionais de controle químico não têm sido eficazes. Faz-se necessário a utilização de abordagens mais sustentáveis e tecnologicamente avançadas. Logo, o objetivo desse trabalho foi identificar as principais pragas de grãos armazenados, dentre eles, fungos e micotoxinas que acometem o armazenamento de grãos, bem como buscar formas de controle que reduzam as perdas relacionadas aos mesmos. Realizou-se um levantamento bibliográfico eletrônico dos trabalhos publicados e indexados na base *Web of Science*, *Periódicos Capes*, *Google Scholar* (2003-2023), ou trabalhos anteriores essenciais, por meio dos descritores: “Fungos em grãos”; “Micotoxinas em grãos”; “Armazenamento de grãos”; “Controle de pragas”; “Controle de fungos em grãos” e seus descritores em inglês. Foi observado que para assegurar a eficácia no controle de pragas e fungos em grãos é necessário um processo em constante aprimoramento, demandando a implementação de um conjunto integrado de medidas. A seleção adequada e combinação dessas estratégias, adaptadas às condições específicas de armazenamento e ao tipo de grão ou semente, desempenha um papel fundamental na preservação da qualidade dos produtos armazenados.

PALAVRAS-CHAVES: controle de pragas; manejo integrado de pragas; armazenamento de grãos.

ABSTRACT

The static capacity of the country's storage units only meets 60% of agricultural demand and most of the units are not correctly used, which leads to large economic losses. Pest and mycotoxin control and the adoption of integrated approaches are essential to guarantee the quality and safety of grains stored in Brazil. The integrated management of pests and fungi in stored grains, considering the context of Brazilian agriculture and its economic and food security relevance, is currently the most effective form of management, since traditional chemical control methods have not been effective. It is necessary to use more sustainable and technologically advanced approaches. Therefore, the objective of this work was to identify the main pests of stored grains, including fungi and mycotoxins that affect grain storage, as well as seek forms of control that reduce losses related to them. An electronic bibliographic survey was carried out of works published and indexed in the Web of Science database, Periódicos Capes, Google Scholar (2003-2023), or previous essential works, using the descriptors: "Fungi in grains"; "Mycotoxins in grains"; "Grain storage"; "Pest control"; "Control of fungi in grains" and its descriptors in English. It was observed that to ensure effectiveness in controlling pests and fungi in grains, a process in constant improvement is necessary, requiring the implementation of an integrated set of measures. The appropriate selection and combination of these strategies, adapted to specific storage conditions and the type of grain or seed, plays a fundamental role in preserving the quality of stored products.

PALAVRAS-CHAVES: pest control; integrated pest management; grain storage.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. DESENVOLVIMENTO	11
2.1. Grãos e sementes armazenados	11
2.2. Pragas em de sementes e grãos armazenados	12
2.3. Fungos em grãos armazenados	14
2.4. Micotoxinas	16
2.5. Manejo integrado de pragas.....	17
3. METODOLOGIA.....	19
4. CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o avanço na agricultura tem desempenhado um papel crucial na asseguuração da segurança alimentar da população brasileira, além de contribuir para o estabelecimento de indústrias, a geração de empregos e a promoção de renda. De fato, o setor agrícola representa 21% dos empregos formais no Brasil. Em 2022, a agricultura contribuiu com 24,1% para o PIB, embora tenha experimentado uma ligeira queda de 0,9% em comparação com o ano anterior. Essa participação representa quase metade das exportações do país. Notavelmente, o Brasil ocupa a posição de liderança mundial na produção de soja. No mais recente levantamento da safra de grãos para 2022/23, a previsão indicou um volume de produção de 317,6 milhões de toneladas, representando um crescimento significativo de 16,5% em relação à safra anterior, o que equivale a aproximadamente 45 milhões de toneladas a mais. Esse desempenho robusto evidencia o papel essencial da agricultura brasileira no contexto econômico global, não apenas como garantidora da segurança alimentar interna, mas também como um importante protagonista nas exportações nacionais (Lamas, 2023; Conab, 2023).

Apesar de ser um dos principais produtores mundiais de grãos, o Brasil enfrenta um desafio significativo em relação ao armazenamento, com uma capacidade estática que abrange apenas cerca de 60% de uma safra típica. Conforme dados da CONAB (2022), desde 2001, a capacidade estática de armazenamento no país tem ficado aquém da quantidade total de grãos produzidos, criando entraves logísticos consideráveis na distribuição desses produtos agrícolas. Essa disparidade entre a produção e a capacidade de armazenamento ressalta a necessidade de investimentos e melhorias infraestruturais para enfrentar eficientemente os desafios logísticos associados ao setor agrícola brasileiro.

Essa discrepância entre a produção e a capacidade de armazenamento ressalta a urgência de investimentos e melhorias na infraestrutura logística do Brasil. O país, embora seja um gigante na produção de grãos, enfrenta limitações que comprometem a eficiência na distribuição e armazenamento desses produtos agrícolas. O desenvolvimento de estratégias e investimentos robustos na infraestrutura de armazenamento é crucial para alinhar a

capacidade estática às demandas crescentes da produção agrícola brasileira, promovendo uma gestão mais eficaz dos grãos e contribuindo para a segurança alimentar e o sucesso do setor.

Os armazéns desempenham um papel vital na cadeia de produção agrícola, sendo necessário seu devido cadastro no Sistema Nacional de Cadastro de Armazéns, conforme estabelecido pela Lei nº 9.973/2000, para operarem legalmente. No entanto, uma parcela significativa deles atua de maneira informal, recorrendo a estruturas não registradas. Esse cenário informal contribui para o aumento das perdas devido às más condições de armazenamento, representando um desafio para a eficiência e segurança na gestão dos grãos.

Destaca-se que o Mato Grosso é o estado com a maior capacidade estática de armazenamento, abarcando aproximadamente 23% do total nacional, conforme indicado por Damiani (2023). Esse dado ressalta a disparidade entre os diferentes estados brasileiros em termos de infraestrutura para armazenagem, evidenciando a necessidade de abordagens abrangentes para promover a formalização e melhorar as condições operacionais dos armazéns em todo o país.

A legislação brasileira relacionada ao armazenamento de sementes é regida pela Lei Nº 10.711, DE 5 DE AGOSTO DE 2003, que estabelece as diretrizes do Sistema Nacional de Sementes e Mudas. Essa lei abrange aspectos concernentes aos produtores, mantenedores, armazenadores e comercializadores de sementes, impondo requisitos específicos para a legalidade das operações nesse setor. Para a comercialização legal de sementes, é mandatório que pessoas físicas ou jurídicas estejam devidamente cadastradas no Sistema Nacional de Sementes e Mudas, além de exigir que as sementes em questão sejam registradas no Registro Nacional de Sementes e Mudas (RENASEM), conforme delineado pela legislação brasileira de 2003.

O cumprimento das disposições da Lei Nº 10.711 é essencial para garantir a conformidade legal e a qualidade das sementes comercializadas no Brasil. O cadastro no Sistema Nacional de Sementes e Mudas e o registro no RENASEM não apenas validam a atividade dos produtores e comerciantes, mas também contribuem para a segurança e confiabilidade no mercado de

sementes, assegurando aos consumidores a procedência e qualidade dos produtos adquiridos.

A diferenciação nos cuidados de armazenamento entre grãos e sementes é crucial, especialmente para a produção eficiente de sementes vigorosas. O vigor das sementes desempenha um papel vital na lucratividade da produção de sementes, e a longevidade das mesmas é influenciada pela capacidade de formar uma matriz sólida amorfa, conhecida como estado vítreo, que retarda as reações de deterioração nas células, suspendendo as atividades metabólicas integradas (Walters, 2010). Além de monitorar parâmetros fisiológicos e sanitários, o manejo adequado de pragas é essencial para preservar a qualidade das sementes durante o armazenamento, destacando a importância de utilizar sementes de alta qualidade fisiológica para garantir produtividades elevadas nas culturas de grãos destinadas à produção de sementes (Baron, 2018).

A qualidade da produção de grãos é suscetível a diversos desafios em todas as fases, desde o plantio até o armazenamento. A má qualidade da semente, preparo inadequado do solo, falhas na colheita e armazenamento inadequado podem afetar negativamente a qualidade dos grãos. Fatores como a associação de fungos, presença de insetos e roedores nas unidades de armazenamento contribuem para perdas significativas de qualidade, tornando imperativo implementar práticas abrangentes para mitigar esses riscos e garantir a integridade dos grãos ao longo da cadeia produtiva (Arenhardt, 2015).

Os fungos de armazenamento desempenham um papel crítico na redução do vigor das sementes, sendo responsáveis por diversos danos que comprometem a qualidade e a germinação. Além da produção de micotoxinas, que são toxinas nocivas, os fungos podem causar danos como a diminuição do potencial de germinação das sementes, descoloração, formação de focos de aquecimento e migração de umidade na massa de grãos, aceleração das trocas químicas e redução da quantidade de matéria seca. A ação de muitas espécies de fungos como substrato para seu desenvolvimento é um fenômeno observado, destacando a importância de estratégias eficazes de controle para preservar a qualidade das sementes durante o armazenamento (Silva, 2005).

É crucial reconhecer que a presença de fungos em grãos e sementes vai além da produção de micotoxinas, envolvendo uma variedade de efeitos prejudiciais que afetam diretamente a viabilidade e o vigor das sementes. A compreensão desses danos, como a formação de focos de aquecimento e a aceleração de trocas químicas, destaca a necessidade de abordagens abrangentes para o controle efetivo de fungos durante o armazenamento, visando preservar a integridade das sementes e garantir a qualidade do material genético destinado à produção agrícola (Silva, 2005).

O sistema de monitoramento de pragas que ocorrem em grãos armazenados é de fundamental para detectar o início de qualquer infestação que poderá alterar a qualidade final do grão. O sistema deve contemplar um método eficiente de amostragem de insetos, de medição da temperatura e da umidade do grão e de detecção da presença de fungos. O controle preventivo facilita o manejo de pragas e doenças, fazer o expurgo sempre que necessário, evitando que fungos e roedores prejudiquem a qualidade da semente. É importante que as medidas de controle sejam integradas e adaptadas às condições específicas de cada sistema de armazenamento. Além disso, a aplicação de práticas sustentáveis é crucial para minimizar impactos adversos ao meio ambiente e à saúde humana (LORINI *et al.*, 2015).

Após elencado os possíveis danos aos grãos e sementes ocasionados por fungos e micotoxinas, considerando que a associação de fungos e micotoxinas aos grãos armazenados pode representar um problema de saúde pública e econômico, fica demonstrada a necessidade da realização do presente estudo, que teve por objetivo caracterizar e identificar fungos e micotoxinas associadas aos grãos de milho armazenadoso presente trabalho objetivou identificar as principais fungos e toxinas, bem como formas de controle.

Justificativa

Conforme Queiroz *et al.* (2009), os elementos indesejáveis associados aos grãos armazenados podem apresentar-se sob diferentes naturezas: química, física ou biológica. A contaminação de cunho químico pode decorrer de micotoxinas, resíduos de pesticidas e metais pesados. Já os contaminantes

biológicos englobam microrganismos patogênicos, pombos, roedores, enquanto os contaminantes físicos consistem em fragmentos de insetos, vidros, pedras e outros materiais estranhos. Entre os principais elementos indesejáveis encontrados nos grãos armazenados, destacam-se os fungos toxigênicos, responsáveis pela produção de micotoxinas. A busca de alternativas para o controle fungos e micotoxinas em grãos armazenados tem sido constante. Além da produção de toxinas outros danos causados pela ação dos fungos em grãos refletem na redução do potencial de germinação, descoloração, geração de focos de aquecimento e de migração de umidade na massa de grãos, aceleração das trocas químicas e redução da quantidade de matéria seca. Identificar os principais agentes e formas de controle é um passo importante para a conservação desse material biológico.

Objetivo

O objetivo desse trabalho foi identificar as principais pragas de grãos armazenados, dentre eles, fungos e micotoxinas que acometem o armazenamento de grãos, bem como buscar formas de controle que reduzam as perdas relacionadas aos mesmos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Grãos e sementes armazenados

Os cinco principais produtos agrícolas presentes nas unidades armazenadoras são milho, que representaram o maior volume (18,1 milhões de toneladas), seguidos por de soja (8,1 milhões), trigo (7,4 milhões), arroz (2,2 milhões) e café (0,9 milhão). Estes produtos constituem 94,0% do total estocado entre os produtos monitorados (IBGE, 2022).

Existem grandes diferenças entre armazenamento de grãos e sementes, via de regra, os grãos destinados a alimentação animal ou humana não necessitam manter características como por exemplo o vigor das sementes. A semente uma vez produzida no campo com alta tecnologia não pode ser armazenada de qualquer forma, dependendo das condições do ambiente, seu poder germinativo e vigor vão-se reduzindo gradativamente (Lorini, 2015).

O armazenamento tem como objetivo principal conservar as sementes, preservando a qualidade física, fisiológica e sanitária, para posterior semeadura. São necessários um local apropriado, seco, seguro, passível de aeração e de fácil combate a roedores, insetos e microrganismos. O armazenamento não melhora as qualidades do lote de sementes, portanto é de extrema importância que sejam avaliadas as características desejadas antes do armazenamento (Giraldeli, 2021).

A qualidade máxima da semente ocorre quando atingem a sua maturidade fisiológica. Danos causados na colheita mecânica ou na triagem podem provocar efeitos negativos imediatos ou latentes na semente. Sementes submetidas a temperaturas superiores a 40 °C sofrem danos irreversíveis que promovem a perda do vigor e germinação. Na prática dois fatores são os principais observados na armazenagem de sementes, são eles, a temperatura e o teor de umidade de grãos. Normalmente os fungos que atacam os grãos armazenados iniciam o seu desenvolvimento quando os teores de umidade estão acima de 13%. Sendo assim, o manejo correto da secagem da semente evita problemas ocasionados por danos mecânicos e contaminação por fungos (Lorini *et al.*, 2015).

Práticas eficazes de armazenagem incluem a utilização de instalações adequadas, como silos e armazéns, que proporcionam proteção contra umidade e infestações de pragas. O controle da temperatura e umidade do ambiente de armazenamento é essencial para prevenir o desenvolvimento de fungos e a proliferação de insetos.

2.2. Pragas em sementes e grãos armazenados

O conhecimento sobre as principais pragas de grãos e sementes armazenadas é muito importante para entender os danos que podem ser ocasionados por essas espécie-praga, para que em seguida seja adotada uma estratégia de manejo eficiente para evitar os respectivos prejuízos. Dentre os principais insetos-pragas que atacam os grãos e sementes armazenadas, os besouros e traças ganham destaque (VASCONCELLOS *et al.*, 2023).

Entre os besouros encontram-se as espécies: *R. dominica*, *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *T. castaneum*, *Lasioderma serricorne*, *O. surinamensis*, *C. ferrugineus* e *Acanthoscelides obtectus*. As espécies de traças mais importantes são: *Sitotroga cerealella*, *P. interpunctella* e *Ephestia kuehniella*. Entre essas pragas, *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais* são as mais preocupantes economicamente e em sua maioria são controladas com agroquímicos.

Tabela 1. Principais pragas de grãos armazenados

Insetos - Praga	Família	Grãos/Semente	Tipo de praga
<i>Rhyzopertha dominica</i>	Bostrychidae	Trigo	Praga primária interna
<i>Sitophilus zeamais</i>	Curculionidae	Milho	Praga primária interna
<i>Sitophilus oryzae</i>	Curculionidae	Arroz e Trigo	Praga primária interna
<i>Tribolium castaneum</i>	Tenebrionidae	Trigo	Praga secundária
<i>Lasioderma serricorne</i>	Anobiidae	Soja	Praga primária
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Silvanidae	Cereais	Praga secundária
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Cucujidae	Cereais	Praga secundária
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Bruchidae	Feijão	Praga primária
<i>Sitotroga cerealella</i>	Gelechiidae	Cereais	Praga primária externa
<i>Plodia interpunctella</i>	Pyralidae	Cereais	Praga primária externa
<i>Ephestia kuehniella</i>	Pyralidae	Cereais	Praga primária externa

A *Rhyzopertha dominica*, mais conhecida como Gorgulho-dos-cereais é considerada como a principal praga na pós-colheita de trigo, com alta incidência e de difícil controle (EDDE, 2012). Podem causar danos

significativos que variam da perda de peso até a qualidade. Além disso, elas podem causar alterações no produto final do trigo. O trigo quando infestado com insetos pode transferir para a farinha alterações na estabilidade da massa e alteração na capacidade de absorção de água (PINTO *et al.*, 2002).

Sitophilus oryzae e *Sitophilus zeamais* também são conhecidos como gorgulhos, são pragas de infestação cruzada, suas larvas vivem exclusivamente no interior do grão e seus adultos atacam os grãos tanto no campo quanto no armazém. Os danos ocasionados refletem em perdas qualitativas e quantitativas (BESPALHOK *et al.*, 2015). *Tribolium castaneum*, o besouro castanho, são considerados pragas globais significativas de produtos alimentícios armazenados, especialmente o trigo (POINTER *et al.*, 2021).

Lasioderma serricorne, o besourinho do fungo, pode ser encontrada em todas as regiões do Brasil, em cereais e principalmente a soja. Apresentam elevado potencial de destruição e consumo do produto armazenado. O besouro, *Oryzaephilus surinamensis*, apresenta preferências por ambientes quentes, mas é encontrado em todo país sendo considerado uma importante praga secundária de cereais. Também é uma praga infestante de estruturas de armazenamento, como moegas, máquinas de limpeza, elevadores, secadores, túneis, fundos de silos e caixas de expedição, de difícil controle e extermínio, pois é uma espécie muito tolerante ao controle químico (LORINI, 2012).

Cryptolestes ferrugineus é uma praga secundária de maior importância na armazenagem de soja, milho, trigo, arroz, cevada e aveia. Também é uma praga infestante de estruturas de armazenamento (LORINI, 2008). O caruncho do feijão, *Acanthoscelides obtectus*, é uma praga primária de produtos armazenados, causam prejuízos, como perda de peso, redução da qualidade nutricional, do poder germinativo das sementes e introduzem contaminantes secundários, como fungos e micotoxinas (LORINI, 2000).

As lepidópteras apresentadas são pragas de superfície da massa de grãos, considerada primária externa. Seus ataques prejudicam a qualidade dos grãos e das sementes armazenadas, por causa da formação de uma teia em sua superfície ou mesmo nas sacarias, durante o armazenamento (LORINI *et al.*, 2015).

Para prevenção e controle de insetos praga em grãos e sementes armazenadas é necessária a utilização de práticas de controle físico, biológico

e químico que podem ser utilizadas de forma individual ou integrada. O controle físico, tem como objetivo manipular determinados atributos físicos do ambiente de armazenamento buscando eliminar ou reduzir a população de pragas para níveis toleráveis. Os principais atributos físicos são temperatura, umidade, tipos de estruturas armazenadoras, substâncias inertes e atmosferas controladas (LORINI *et al.*, 2015).

O controle biológico consiste na utilização de inimigos naturais, organismos especializados no controle biológico de pragas, em sua maioria, entomopatógenos, parasitóides ou entomófagos (THANCHAROEN, *et al.*, 2019). O controle químico é método mais utilizado em condições de armazenamento comercial, assegurado por sua facilidade de aplicação e economia. Este tipo de controle pode ser de proteção (inseticidas residuais), ou curativos (inseticidas com ação de choque). No entanto, se utilizado de maneira incorreta, seus resíduos podem colocar em risco a saúde humana e animal (ATHANASSIOU *et al.*, 2005).

De maneira geral, a integração de diferentes métodos para controle de pragas se mostrou como a solução mais eficiente para garantir a qualidade dos grãos durante o armazenamento (VASCONCELLOS *et al.*, 2023). O manejo integrado de pragas (MIP) inclui a união das técnicas de controle já mencionadas. O primeiro passo é o monitoramento das pragas antes de atingirem o nível de dano econômico, entendendo sobre as interações ecológicas dos insetos-praga e seu ambiente.

2.3. Fungos em grãos armazenados

Fungos em grãos armazenados representam um desafio significativo para a indústria agrícola e a segurança alimentar. Esses fungos podem contaminar grãos durante o armazenamento, levando à produção de micotoxinas, que são metabólitos tóxicos prejudiciais à saúde humana e animal.

A presença de umidade e temperaturas inadequadas no ambiente de armazenamento favorece o crescimento fúngico. Os grãos, como milho, trigo, arroz e outros, fornecem um ambiente propício para o desenvolvimento dos fungos, especialmente se não forem devidamente secos e mantidos em condições controladas. Os fungos de armazenamento de grãos e sementes

demandam menor quantidade de água que os fungos de campo e podem proliferar em maior intensidade na massa de grãos no período pós-colheita. Grãos e sementes são materiais higroscópicos, realizam trocas de água, principalmente na forma de vapor, criando microclimas favoráveis ao desenvolvimento desses organismos em sua superfície (SILVA, 2005; Rezende *et al.*, 2020).

Os principais fungos de armazenamento são os do gênero *Aspergillus* e *Penicillium*, produtores de micotoxinas, dentre eles, *A. halophilieus*, *A. restrictus*, *A. glaucus*, *A. candidus*, *A. ochraeus* e *Penicillium spp.* Os fungos do gênero *Penicillium* são conhecidos por serem bolores em pães e grãos, são nocivos à saúde humana. Estes fungos provocam descolorações nas sementes, redução na germinação, perda da matéria seca, produção de micotoxinas e alteração do valor nutricional. Os fungos do gênero *Aspergillus* é um dos gêneros responsáveis pela produção da micotoxina aflatoxina em grãos armazenados ocasionando o que chamamos de grãos ardidos. As perdas qualitativas por grãos ardidos são motivos de desvalorização do produto e uma ameaça à saúde dos rebanhos e humana (Rezende *et al.*, 2020).

As micotoxinas são substâncias químicas tóxicas produzidas durante o metabolismo secundário dos fungos, e ocorrem quando o armazenamento dos grãos é feito de maneira incorreta. As cinco toxinas mais nocivas à saúde humana são: aflatoxinas (AFLA), ocratoxina A (OTA), zearalenona (ZON), desoxinivalenol (DON) e fumonisinas (FUMO) (Amancio *et al.*, 2023).

Dentre as micotoxinas, as aflatoxinas são um grupo de compostos tóxicos produzidos por certas cepas dos fungos *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus* e são as micotoxinas mais amplamente estudadas. Se ingeridas, podem ocasionar grandes prejuízos à saúde humana, pois apresentam efeitos cancerígenos e mutagênicos principalmente o fígado. A AFLA produzida por fungos do gênero *Aspergillus* é a que possui maior hepatotoxicidade (PIMENTA RJ, MASSABKI, 2010).

Legislações e regulamentos em todo o mundo estabelecem limites máximos de micotoxinas em alimentos e rações, a fim de proteger a saúde pública. O controle eficaz de micotoxinas é fundamental para garantir a segurança dos alimentos e a saúde tanto de humanos quanto de animais (Silva, 2010).

2.4. Micotoxinas

Micotoxinas são produzidas por fungos filamentosos em diferentes etapas da cadeia produtiva de alimentos. A contaminação com micotoxinas podem ocorrer simultaneamente, ou pode ocorrer numa fase posterior. Nem todos os fungos produzem toxinas e as micotoxinas podem permanecer no alimento mesmo após a destruição dos fungos que as produziram. As micotoxinas mais comumente encontradas em grãos armazenado são as aflatoxinas e as ocratoxinas e outras (Tabela 2) (Amancio *et al.*, 2023).

Tabela 2. Principais micotoxinas produzidas por fungos e suas condições de crescimento

Fungos	Micotoxinas
<i>Aspergillus sp.</i>	Aflatoxicinas, Ocratoxinas, Esterigmatocistina, Patulina
<i>Alternaria sp</i>	Alternariol
<i>Penicillium sp.</i>	Patulina, Ocratoxina
<i>Fusarium sp.</i>	Desoxinivalenol, Zearalenona, Fumonisina, Ácido Fusárico

As aflatoxinas são metabólitos secundários, produzidos por algumas cepas de fungos do gênero *Aspergillus*, principalmente das espécies *A. flavus* e *A. parasiticus*. Em grãos e sementes armazenados como amendoim, milho, feijão, arroz e trigo elas se desenvolvem facilmente. Estes compostos são caracterizados pela elevada toxicidade que apresentam (Oliveira, 1997; Amancio *et al.*, 2023).

A ocratoxina é uma micotoxina produzida principalmente pelos fungos *Penicillium verrucosum* e *Aspergillus ochraceus*, a forma mais comum encontrada em alimentos é a ocratoxina A. Ela é encontrada em diferentes níveis e em diversas matrizes, apresenta efeitos carcinogênicos, nefrotóxicos e teratogênicos (Larine, 2015).

O microclima formado no espaço entre os grãos, espaço intergranular, pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos como os fungos (Silva, 2005). A umidade e temperatura variam conforme a espécie de fungo, como pode ser visto na tabela 3. Afirmando que a temperatura ideal seja de 25 a 27 °C temos o crescimento de *Aspergillus* e *Penicillium* favorecido.

Tabela 3. Condições favoráveis ao crescimento dos fungos em grãos e sementes armazenados

Espécie	Umidade relativa do ar (%)	Teor de umidade dos grãos (%)
<i>A. halophilieus</i>	68	12-14
<i>A. restrictus</i>	70	13-15
<i>A. glaucus</i>	73	13-15
<i>A. candidus, A. ochraeus</i>	80	14-16
<i>A. flavus e A. parasiticus</i>	82	15-18
<i>Penicillium spp.</i>	80-90	15-18

O controle da proliferação de fungos na massa de grãos também se fundamenta em cuidados preventivos, como durante as operações de colheita, limpeza e secagem dos grãos; e na santificação dos graneleiros, silos e equipamentos mecânicos. O controle convencional e mais amplamente utilizado é o controle químico (Silva, 2010).

2.5. Manejo integrado de pragas

A necessidade crescente de produtos para suprir a demanda mundial de alimentos, tendo em vista o crescimento populacional, exige que os grãos ou sementes colhidas nas lavouras sejam mantidos com o mínimo de perdas, quantitativas e qualitativas, até o consumo final. O manejo Integrado de pragas tem sido adotado como uma alternativa viável a redução de tais perdas, ele consiste na adoção de uma série de medidas pelos armazenadores, como: mudança de comportamento dos armazenadores, conhecimento da unidade armazenadora, medida de limpeza e higienização, identificação das pragas, conhecimento sobre a resistência das pragas a inseticidas químicos, potencial de destruição de cada praga, proteção do grão com inseticida, tratamento curativo com inseticida, monitoramento de massa de grão e gerenciamento da unidade armazenadora (Lorini, 2015).

A conservação inadequada dos grãos pode ser oriunda de diversos fatores, dentre eles está, a estrutura armazenadora deficitária. Portanto, a integração de diferentes métodos de controle é prática essencial para se obter sucesso na supressão de pragas de grãos armazenados. Aliando métodos de controle físicos, químicos e biológicos (LORINI, 2008).

Os métodos de controle físico consistem no monitoramento e controle da temperatura e da umidade relativa do ar, podem contar também com a utilização de fogo, drenagem, inundação, radiação, utilização de CO₂ e outros. O controle biológico consiste na ação de inimigos naturais na manutenção da densidade das pragas. E por fim, o controle químico consiste na aplicação de substâncias químicas que causam a mortalidade de tais pragas. O controle por comportamento também tem sido considerado, ele consiste na utilização de hormônios e feromônios atraentes e repelentes de alguns insetos praga. O método genético, consiste na seleção de sementes e grãos resistentes, podendo ser considerado também a utilização do uso da esterilização híbrida (Picanço, 2010).

A eficiência do manejo adequado do controle das pragas foi elucidada por Bueno *et al.* (2010) no tratamento químico de sementes de girassol com inseticidas de forma preventiva. Eles obtiveram êxito em cerca de 80% dos tratamentos. Lazari *et al.* (2006), utilizou do controle físico, com resfriamento de grãos para o controle de Coleoptera em arroz reduziu em 76% a infestação. Barbosa *et al.* (2002), utilizou de óleo vegetal para o controle de caruncho do feijoeiro e obteve redução da incidência de ovos e adultos do coleóptero. Gonçalves *et al.* (2000) utilizou de atmosfera controlada com CO₂ em grãos de trigo e sua utilização resultou em 100% da mortalidade dos ovos de *R. dominica*. Matioli *et al.* (1995) observaram que o ácaro *Acarophenax lacunatus* tem sido encontrado predando ovos de *R. dominica* e chega a reduzir em até 90% a população do coleóptero.

A principal finalidade do sistema de armazenagem é assegurar um fluxo contínuo de abastecimento, contribuindo para a estabilidade de preços e do mercado. Nesse sentido, é imperativo que a infraestrutura de armazenamento faça parte de um sistema integrado de controle de doenças e pragas, visando otimizar a comercialização, diminuir custos e promover benefícios tanto para os agentes de produção quanto para os consumidores (SILVA, 2008).

3. METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento bibliográfico eletrônico dos trabalhos publicados e indexados na base *Web of Science*, *Periódicos Capes*, *Google Scholar* (2003-2023), ou trabalhos anteriores essenciais, por meio dos descritores: “Fungos em grãos”; “Micotoxinas em grãos”; “Armazenamento de grãos”; “Controle de pragas”; “Controle de fungos em grãos”. Também foram selecionados esses descritores e seus correspondentes em inglês. O critério de inclusão dos trabalhos será pautado na seleção de materiais que têm por objetivo estudar o controle de fungos em armazenamento de grãos.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho discute a necessidade crescente de métodos eficazes para preservar grãos e sementes armazenados, considerando a demanda global por alimentos devido ao crescimento populacional. Estratégias de manejo integrado de pragas e doenças são uma abordagem viável para minimizar perdas quantitativas e qualitativas de grãos e sementes armazenados.

Os cuidados preventivos tanto da contaminação fúngica quanto do controle de pragas são cruciais para manter a qualidade dos grãos armazenados e para garantir que os produtos finais sejam seguros para o consumo humano e animal. Inspeções regulares, controle ambiental e práticas de higiene são peças-chave na gestão bem-sucedida dos fungos em grãos armazenados.

A eficiência no controle de pragas e fungos em grãos é um esforço contínuo que requer um conjunto de medidas integradas. A combinação adequada dessas estratégias, adaptada às condições específicas de armazenamento e ao tipo de grão ou semente, é fundamental para garantir a preservação da qualidade dos produtos armazenados.

As futuras direções para o controle de pragas e micotoxinas em grãos armazenados apontam para uma abordagem crescentemente sustentável, tecnologicamente avançada e adaptativa, visando enfrentar os desafios emergentes relativos à segurança alimentar, regulamentações ambientais e a busca por eficiência na produção. Isso inclui a aplicação de tecnologias como modelagem preditiva, aprimoramento do controle biológico e o emprego de abordagens biomoleculares. Essas inovações prometem não apenas melhorar a eficácia no manejo de pragas e micotoxinas, mas também alinhar-se com princípios ambientais e demandas crescentes por práticas agrícolas mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AMANCIO, M, Z, *et al.* **Crescimentos de fungos produtores de micotoxinas em grãos de amendoim.** FURG, 2015.

ATHANASSIOU, C. G. *et al.* **Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval.** Journal of Stored Products Research, p. 47-55, 2005.

Barbosa, F, R *et al.* **Controle do caruncho-do-feijoeiro *Zabrotes subfasciatus* com óleos vegetais, munha, materiais inertes e malathion.** Pesq. agropec. bras. 37 (9) • Set 2002 •

BARON, FELIPE A.; CORASSA JUNIOR, GEOMAR M.; FIORESI, DEJALES; SANTI, ANTÔNIO L.; MARTINI, RENAN T.; KULCZYNSKI, STELA M. (2018). **Physiological quality of soybean seeds under different yield environments and plant density.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 22(4), 237–242. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p237-242

BESPALHOK, D. N; RENESTO, E.; SIGNORINI, T. **Enzyme Polymorphism in *Sitophilus oryzae*(Linnaeus, 1763) and *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) (Coleoptera, Curculionidae) in southern Brazil.** Biological Sciences, p. 205-211, 2015.

BUENO, A, F, *et al.* **Efeito do tratamento de sementes com inseticidas no controle de pragas iniciais e na qualidade fisiológica das sementes em girassol.** Arq. Inst. Biol. 77 (1) • Jan-Mar 2010.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v.1, n.1 (2022-) – Brasília : Conab, 2022.**

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v.1, n.1 (2023-) – Brasília : Conab, 2023.**

DAMIANI, J. **Armazenagem de grãos no Brasil: capacidade estática do país é capaz de armazenar cerca de 60% de uma única safra.** UFSM. 2023.

EDDE, P. A. **A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer.** Journal of Stored Products Research, p. 1-18, 2012.

GIRALDELI A. L. **Qual o teor de umidade de armazenamento da soja? Lavoura** 10, Abril., 2020: Revista, Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/umidade-de-armazenamento-da-soja/>> Acessado em> 02/07/2023

Gonçalves, R, A *et al.* **Controle de *Rhyzopertha dominica* pela atmosfera controlada com CO₂, em trigo.** *Pesq. agropec. bras.* 35 (1) • Jan 2000.
IBGE - **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária Pesquisa de Estoques.** 2^o semestre de 2022.

LAMAS, F. M. **A evolução da agricultura do Brasil.** *Revista Cultivar.* 2023
LARINE, K. **Degradação de Ocratoxina a: estudo de processo e toxicidade.** FURG, 2015.

LAZARI, S, M, N, *et al.* **Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico.** *Rev. Bras. entomol.* 50 (2) • Jun 2006.

LORINI, I *et al.* **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas /** Irineu Lorini ... [*et al.*]. – Brasília, DF : Embrapa, 2015.
LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

LORINI, I. **Pragas de grãos de cereais armazenados.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1999. 60 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 2).

LORINI, I.; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. **Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae).** *Pest Management Science*, v. 63, p. 358-364, 2007.

LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. **Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra de diatomáceas.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 4 p. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 113). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm>. Acesso em 5 mai 2015.

MATIOLI, A. L.; FARONI, L. R. D.; BUECK, J. **Controle biológico natural de *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) e avaliação da progênie de *Acarophenax lacunatus* (Prostigmata: Pyemotidae).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15., 1995, Caxambu. Resumos... Lavras: ESAL: SEB, 1995. p. 351.

PIMENTA RJ, MASSABKI PS. **Hepatocellular carcinoma: a clinical outlook.** *Rev Bras Clin Med*, 8: 59-67. 2010.

PINTO, U.M.; ALVES, W. M.; FARONI, L. R. D'A.; SILVA, A. A. L. da. **Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch) sobre a qualidade do trigo destinado a panificação.** *Acta Scientiarum*, p. 1407, 2002.

POINTER, MD, GAGE, MJG & SPURGIN, LG. **Tribolium beetles as a model system in evolution and ecology.** *Hereditarietade* 126 , 869–883 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41437-021-00420-1>

RESENDE, C, L, P. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão mungo sob doses de boro em diferentes estádios fenológicos.** 2020. 28 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO. Revista Higiene Alimentar, 37 (296): e1123, Jan/Jun, 2023.

SILVA, F. S, da; PORTO, A. G.; PASCUALI, L. C.; SILVA, F. T. C. da. **Viabilidade do armazenamento de sementes em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais.** Revista de Ciências Agro-Ambientais, v.8, n.1, p.45-56, 2010.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** Editora Aprenda Fácil. Viçosa- MG. 2008. p. 34-53.

Silva, L. C. **Fungos e Micotoxinas em Grãos Armazenados.** UFES, 2005.
THANCHAROEN, A.; *et al.* **Effective biological control of an invasive mealybug pest enhances root yield in cassava.** 2018. Journal of Pest Science.

Vasconcellos, Marina & Corassa, Janaina & Pitta, Rafael & Rolim, Guilherme. (2023). **Estratégias de controle de pragas em soja e suas implicações na comunidade de artrópodes e na rentabilidade da cultura.** Nativa. 11. 28-43. 10.31413/nativa.v11i1.13538.

Walters, C., Ballesteros, D., Vertucci, V. A. (2010). **Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time.** Plant Sci. 179, 565–573. doi: 10.1016/j.plantsci.2010.06.016