



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**REVISÃO: OZONIZAÇÃO NO CONTROLE DA INCIDÊNCIA DE
PRAGAS EM GRÃOS ARMAZENADOS**

ERIC DE ALMEIDA COSTA MILANI

BRASÍLIA, DF
MAIO DE 2021

ERIC DE ALMEIDA COSTA MILANI

**REVISÃO: OZONIZAÇÃO NO CONTROLE DA INCIDÊNCIA DE
PRAGAS EM GRÃOS ARMAZENADOS**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e
Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB,
como parte das exigências do curso de Graduação em
Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientadora:

Profa. Dra. FABIANA CARMANINI RIBEIRO

BRASÍLIA, DF

MAIO DE 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

MILANI, Eric de Almeida Costa

“REVISÃO: OZONIZAÇÃO NO CONTROLE DA INCIDÊNCIA DE PRAGAS EM GRÃOS ARMAZENADOS”. Orientação: Profa. Dra. FABIANA CARMANINI RIBEIRO, 2021. 36 páginas.

Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

1. Ozonização 2. Pragas 3. Grãos armazenados

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MILANI, E.A.C. REVISÃO: OZONIZAÇÃO NO CONTROLE DA INCIDÊNCIA DE PRAGAS EM GRÃOS ARMAZENADOS. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 36 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: ERIC DE ALMEIDA COSTA MILANI

Título da Monografia de Conclusão de Curso: REVISÃO: OZONIZAÇÃO NO CONTROLE DA INCIDÊNCIA DE PRAGAS EM GRÃOS ARMAZENADOS

Grau: 3º **Ano:** 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

ERIC DE ALMEIDA COSTA MILANI

CPF: 052.412.201-60

Matrícula: 15/0051344

email: ericmilani14@gmail.com

Cel: (61) 986516603


ERIC DE ALMEIDA COSTA MILANI

**REVISÃO: OZONIZAÇÃO NO CONTROLE DA INCIDÊNCIA DE
PRAGAS EM GRÃOS ARMAZENADOS**

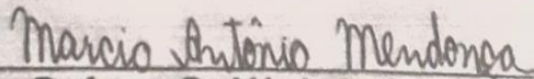
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Aprovado em 13 de maio de 2021


COMISSÃO EXAMINADORA



Professora Dra. Fabiana Carmanini Ribeiro
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília -UnB
Orientadora



Professor Dr. Márcio Antônio Mendonça
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília - UnB
Examinador interno



Engenheiro Agrícola e Ambiental
Rafael Alves da Silva
Analista – Engenheiro Agrícola - CONAB
Examinador externo

Dedico, aos meus pais Valerio e Maria Cristina os quais me apoiaram muito nessa caminhada, também aos meus avós Flávio e Marina, Giovanni e Paola que me deram força para completar essa difícil etapa

Agradecimentos

Na realização desta monografia de conclusão de curso pude contar com inúmeras pessoas as quais desejo agradecer neste momento:

Primeiramente a minha orientadora a qual se prontificou a me auxiliar nesta importante etapa com muita eficiência nesses últimos meses.

A todos os professores do curso os quais foram de extrema relevância na minha formação acadêmica no decorrer desses últimos anos.

Aos meus familiares os quais sempre me deram força para persistir neste período de inúmeras dificuldades.

Aos meus amigos pela compreensão das minhas ausências em momentos importantes os quais tive que optar pela minha vida acadêmica.

RESUMO

Este estudo apresenta-se como uma revisão bibliográfica sobre o potencial da ozonização no controle da incidência de pragas em grãos armazenados, a partir da seleção de uma série de estudos, artigos, experiências e outras monografias relacionadas ao tema. Sendo assim, a revisão inicia citando os grãos (soja, milho, trigo, arroz), que são os bens que devem ser protegidos, comentando suas características gerais, aspectos econômicos e funcionalidades dos mesmos. Em seguida aborda suas respectivas pragas (insetos e fungos) citando 3 exemplares de cada. Os mesmos foram escolhidos a partir de seus hábitos alimentares parasitários, por atacarem todos os grãos selecionados no estudo, mostrando seus ciclos e demais aspectos. Na sequência descreve o método em si, apresentando o histórico do ozônio, vantagens e desvantagens, aspectos que devem ser considerados no uso, ilustrando com experimentos feitos a partir da ozonização de grãos, com o intuito de dar mais credibilidade ao método de controle. O trabalho teve como objetivo demonstrar, com o estudo literário atualizado, a eficácia do processo de ozonização como um possível método de controle de pragas como fungos e insetos em grãos armazenados, apontando as vantagens e desvantagens do processo. No trabalho foram pesquisados quatro grãos de grande importância na balança comercial brasileira, e possíveis pragas que costumam atacar esses produtos na pós-colheita. A partir de suas interações (pragas com os grãos), juntamente com a intervenção do método de controle aplicado, exemplificando assim se o mesmo é efetivo em diferentes concentrações, limites de tempo e outros fatores de relevância para o sucesso da prática, a partir da análise de experimentos exitosos relatados na literatura, e assim poder sugerir o uso de ozônio como uma alternativa de controle mais vantajosa que as demais que figuram no mercado.

ABSTRACT

This study presents a bibliographic review about the potential of ozonization in the control of the incidence of pests in stored grains, from the selection of a series of studies, articles, experiences and other monographs related to the theme. In this sense, the review begins by quoting the grains (soybean, corn, wheat, rice), which are the goods that must be protected, commenting on their general characteristics, economic aspects and functionalities therefrom. Then it addresses their respective pests (insects and fungi) citing 3 specimens of each. They were chosen from their parasitarian eating habits, due they attacked all the grains that was selected in the study, showing their cycles and other aspects. Following it describes the method itself, presenting the history of ozone, advantages and disadvantages, aspects that should be considered in use, illustrating with experiments made from grain ozonization, in order to give more credibility to the control method. The objective of this work was to demonstrate, with the updated literary study, the efficacy of the ozonization process as a possible method of control of pests such as fungus and insects in stored grains, pointing out the advantages and disadvantages of the process. In the work, four grains of great importance in the Brazilian trade balance were researched, and possible pests that usually attack these products in the post-harvest period. From their interactions (pests with the grains), together with the intervention of the control method applied, exemplifying whether it is effective in different concentrations, time limits and other factors of relevance to the success of the practice, from the analysis of successful experiments reported in the literature, and thus be able to suggest the use of ozone as a more advantageous control alternative than the others that appear in the market.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	10.
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1. Características gerais dos grãos e seus aspectos econômicos	12
2.1.1. Soja.....	12
2.1.2. Milho.....	13
2.1.3. Trigo.....	14
2.1.4. Arroz.....	14
2.2. Principais pragas de grãos armazenados.....	15
2.2.1. Insetos.....	16
2.2.2. Fungos.....	19
2.3. Ozonização no controle de pragas.....	22
2.3.1. Experimentos de aplicação da ozonização.....	24
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização, a busca pela conservação de alimentos vem sendo desenvolvida com o intuito de prover a necessidade alimentícia para a sobrevivência da espécie. Isso se dá pelo fato de que os produtos agroalimentares, de origem animal e vegetal, são susceptíveis a alterações provocadas por agentes deletérios podendo comprometer a viabilidade do alimento assim como a saúde humana (CANEPPELE et al., 2003).

A partir dessa necessidade vários métodos que visam a conservação foram sendo desenvolvidos e utilizados no sentido de prolongar a vida útil e o tempo de comercialização dos alimentos.

Juntamente com o exponencial aumento da população global e o maior acesso à informação pelos clientes, os alimentos nesses últimos anos devem abranger uma maior gama de aspectos favoráveis os quais antes não eram muito considerados pelos consumidores, mas que agora vem se tornando cada vez mais imprescindíveis, como ser livre de substâncias nocivas e socialmente aceito pela população, logo os métodos de conservação também devem seguir essa tendência.

No entanto, a utilização da fosfina ainda é o método mais empregado no controle de pragas em grãos (BOND e MILLER, 1988), o que compromete toda a cadeia desse insumo visto que esse tipo de controle é conflitante com a demanda do consumidor por um produto mais saudável e livre de agentes químicos.

Levando-se em conta que a busca por uma alimentação saudável é uma tendência cada vez mais observada pelos consumidores do mundo todo, sem perder de vista a viabilidade econômica do uso de métodos de controle de insetos e pragas, a ozonização torna-se uma interessante alternativa, ainda pouco explorada quando se fala em grãos, a qual une todas essas demandas.

Uma das alternativas que vem sendo utilizada ao uso da fosfina é a atmosfera modificada, onde se emprega o gás ozônio (O_3), caracterizado por ser um oxidante com propriedades inseticidas já demonstradas para insetos-pragas de grãos armazenados (KELLS et al., 2001; ZHANGGUI et al., 2003); a utilização na agricultura está crescendo, pelo fato do ozônio (O_3) poder ser

gerado no próprio local de uso e de seu produto de degradação, o oxigênio (O₂), não deixar resíduo nos grãos (MENDEZ et al., 2003).

A produção de grãos apresenta grande relevância no mercado mundial, e especificamente no Brasil, tem grande importância econômica tanto in natura quanto seus derivados, fazendo a análise do seu potencial produtivo juntamente sua composição química de alto valor nutricional, são de extrema importância para o plantio em geral e consumo no planeta, pois além da alimentação humana direta é também um insumo para alimentação animal, além de insumo energético e combustíveis.

Porém, apesar dessas grandes potencialidades, o Brasil carece de investimento no que tange a precariedade do armazenamento de grãos, comprometendo a pós colheita dos produtos e assim aumentando em muito as perdas qualitativas e quantitativas da produção.

Nesse contexto, um dos grandes desafios da armazenagem dos grãos é o controle do ataque de insetos, bactérias e fungos, que contaminam os produtos no campo e são levados para o armazenamento.

Por isso, a aplicação de ozônio pode vir a ser uma alternativa bastante atrativa quando comparado com os fumigantes convencionais, analisando-os tanto nos aspectos econômicos quanto em seus impactos ambientais e efeitos nocivos em seres humanos, juntamente com os devidos tempos e concentrações, assim possibilitando menores tempos em comparativo aos demais e evitando possíveis efeitos deletérios globais.

A base de dados dessa monografia foi feita a partir da seleção de uma série de estudos, artigos, experiências e outras monografias relacionadas ao tema, em suas respectivas áreas de pesquisa, sempre buscando usufruir do conhecimento mais útil e direto para a elaboração desse estudo e facilitar o entendimento e linearidade do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características gerais dos grãos e seus aspectos econômicos

O mercado de grãos é de extrema importância para a economia brasileira, por ser responsável pelo abastecimento interno de produtos como óleos, ração animal e até combustíveis, são amplamente utilizados como insumos para outras indústrias.

Dentre os principais grãos produzidos no território brasileiro, destacam-se o milho (*Zea mays*), o trigo (*Triticum*), o arroz (*Oryza sativa*) e a soja (*Glycine max*), utilizados tanto para o consumo humano como também para a alimentação animal. Por isso, esses grãos necessitam de tratamento que garanta sua sanidade sem causar prejuízos ao ser humano e nem ao meio ambiente.

2.2.1 Soja:

A soja é uma planta originária da Ásia, onde seu primeiro relato de cultivo é datado de 1.100 anos A.C na China, seu grão tem uma composição rica em proteínas (aproximadamente 40%) e por se tratar de um oleaginosa apresenta uma boa parcela de óleo (aproximadamente 20%) o que faz dessa cultura uma das mais importantes no cenário mundial (SEDIYAMA, 2009).

O grão de soja é uma matéria prima extremamente versátil, com uma ampla gama de subprodutos como biocombustíveis, tintas, lubrificantes, plásticos, vernizes (APROSOJA, 2018) e para derivados de alimentação humana ou o próprio grão, porém esse produto é majoritariamente utilizado na alimentação animal.

A soja é a cultura que abrange a maior área cultivada e de produção no Brasil em virtude do preço atrativo dessa commodity nas últimas safras e do grande investimento em tecnologias para a cultura. Estima-se segundo o sétimo levantamento que, na safra 2020/2021, a soja cultivada em 35,8 milhões de hectares poderá alcançar uma produção de 135,5 milhões de toneladas (CONAB, 2021).

Os principais exportadores de soja em grãos são também os grandes produtores: Estados Unidos, Brasil, Argentina e Paraguai. Países populosos, como a China e Índia produzem pequenas quantidades, mas não exportam, porque necessitam para o próprio consumo e ainda importam grandes quantidades (CONAB, 2020).

2.2.2. Milho:

Considerando todas as espécies originadas nas Américas, o milho é certamente a de maior importância socioeconômica em nível mundial. É ingerido principalmente por humanos e pelas atividades de bovinocultura, avicultura e suinocultura, as quais o milho pode ser consumido diretamente ou utilizado na fabricação de rações para animais (MARCHI, 2008). Trata-se de um alimento energético já que, em sua constituição, o amido está fortemente presente. Apresenta baixo teor proteico de 9 a 11% em sua composição (LISCH, 2012).

Cada região possui uma época de semeadura distinta no Brasil, porém basicamente há duas épocas de maior ocorrência: a semeadura de verão, no período das chuvas, como primeira safra, e a semeadura na safrinha, ou segunda safra (SOUZA; PIRES, 2013).

Segundo dados da FAO (2018), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ficando atrás apenas dos EUA e da China, e seguido por Argentina e México. Juntos os cinco países correspondem ao equivalente a 70% da produção global do produto.

Na safra de 2019/2020, segundo a CONAB, o Brasil contabilizou uma produção de 102,3 milhões de toneladas, com área de 18,5 milhões de ha (hectares). E nos levantamentos da safra de grãos de 2020/2021 indicam que o Brasil deverá ter uma produção recorde no período. Sendo que a colheita total do milho provavelmente atingirá cerca de 108,9 milhões de toneladas.

O Brasil exporta aproximadamente 18% de sua produção (RICHETTI, 2012), sendo assim, a maior parte do que é produzido fica no mercado interno. Logo, no período entre colheita e comercialização o milho terá que ser estocado e um bom armazenamento garantirá a disponibilidade e uma

melhor regulação dos preços agrícolas (POSSAMAI; PESCADOR; MAYERLE, 2014).

2.2.3. Trigo

O trigo é outro importante grão, considerado fundamental componente alimentar para a nutrição humana diária, e, por esta razão, necessita de um controle de qualidade rigoroso quanto à presença de microrganismos deletérios, uma vez que esses podem estar presentes tanto na farinha de trigo quanto em outros derivados (NEVES, 2013).

Considerado um dos mais nobres alimentos, pelo fato de sua composição englobar carboidratos, proteínas, fibras e ter alta digestibilidade, o trigo é matéria prima na confecção de diversos alimentos, com um destaque especial para os produtos de panificação, assim sendo um alimento de fácil consumo e de baixo custo em todo planeta (SCHEUER et al., 2011).

Segundo dados da CONAB (2021), a cultura do trigo é a mais prolífica entre os cereais de inverno cultivados no país, sendo que na safra 2019/2020, atingiu aproximadamente uma produção de 6,2 milhões de toneladas, em uma área semeada de cerca de 2,3 milhões de hectares, já no sétimo levantamento de safra de 2020/2021, estima-se um aumento de 2,2% na produção, chegando a uma marca de 6,4 milhões de toneladas em uma área semeada 1,6% maior em relação à safra anterior, compreendendo assim 2,4 milhões de hectares.

No entanto, o Brasil não é autossuficiente na produção de trigo, precisando importar segundo dados da CONAB (2020) aproximadamente 6,6 milhões de toneladas procedentes principalmente da Argentina e Paraguai. Sendo assim, não figura entre os principais players do mercado estando bastante atrás da produção dos EUA, União Europeia, Canadá e Ucrânia.

2.2.4. Arroz

Outro importante grão e principal ingrediente no prato do brasileiro é o arroz, sendo consumido quase na sua totalidade em forma de grão, tendo

apenas uma pequena parcela consumida como ingrediente em produtos processados. Considerado uma excelente fonte de energia, devido a uma alta concentração de amido, possuindo também proteínas, vitaminas e minerais e com baixo teor de lipídios (Kennedy et al., 2002)

Quando citada a cultura orizícola, é apenas ultrapassada pelas culturas da soja, milho, café e cana-de-açúcar no valor bruto do panorama nacional. O cultivo de arroz irrigado é responsável por 75% da produção nacional quando comparado ao de sequeiro, estando presente em todas as Regiões brasileiras (CONAB, 2020)

Segundo o sétimo levantamento da CONAB (2021), a produção Brasileira prevê uma queda no setor de aproximadamente 1,9% e tendo assim uma produção de 11 milhões de toneladas em território nacional.

Os maiores produtores mundiais de arroz, segundo a CONAB (2020), são a China e a Índia e os principais exportadores são a Tailândia, Vietnam e EUA. O Brasil está entre os 10 maiores produtores e a maior parte da produção é voltada para consumo interno.

Por isso o armazenamento é um fator primordial para garantir a vida útil dos produtos e conseguir fornecer a população uma alimentação de qualidade com um bom valor nutritivo, assim como em uma quantidade adequada que consiga atender a demanda (PUZZI, 2000).

Porém, mesmo devidamente armazenados, os produtos podem sofrer depreciação do seu tempo de vida ou de sua qualidade devido ao ataque de microrganismos e pragas. (CANEPPELE et al., 2003).

2.2. Principais pragas de grãos armazenados

Há uma ampla gama de pragas que infestam e contaminam os produtos armazenados e seus derivados. Entre essas pragas, encontram-se os insetos como um dos principais agentes causadores de perdas no período pós-colheita (PEREIRA, 2009).

2.2.1 Insetos:

Com relação aos insetos, estes podem ser classificados de acordo com seus hábitos alimentares, como primários, secundários e associados. Os primários conseguem romper o grão para atingir o endosperma, ao contrário dos secundários que não são capazes de romper o grão, e por essa razão vivem associados aos insetos primários. Uma vez rompida a parte externa do grão pelos primários, os secundários são capazes de se alimentar do endosperma também. Já os insetos associados geralmente são encontrados nos grãos com certa frequência, porém, sem danificá-los, baseando sua nutrição em detritos e fungos, mas podendo sua presença comprometer a qualidade do produto final (PEREIRA, 2009).

Os insetos do gênero *Sitophilus* são considerados uma das pragas mais destrutivas no pós-colheita. No Brasil, o gênero *Sitophilus* (*Coleoptera: Curculionidae*) popularmente destaca-se entre os insetos de maior incidência nos grãos de armazenados.

Durante sua fase inicial essa praga se alimenta majoritariamente de endosperma e em seguida do embrião, provocando perda considerável de peso e de nutrientes afetando assim os fatores quantitativos e qualitativos do produto (PUZZI, 1986). Durante a fase adulta a praga vem a apresentar um grande potencial biótico, com grande probabilidade de ocorrência de infestação cruzada, juntamente com capacidade de atacar e danificar uma ampla gama de hospedeiros (GALLO et al., 2002).

Esses insetos são considerados como pragas primárias internas, que completam o seu ciclo de vida no interior de apenas um grão. Os danos causados pela alimentação e ovoposição culminando em redução de peso, qualidade física, diminuição do poder germinativo, perda do valor nutritivo e contaminação pela entrada de outros organismos (LORINI et al., 2010).

Os besouros do gênero *Sitophilus* são conhecidos popularmente como carunchos dos cereais. A espécie *Sitophilus oryzae* (caruncho do arroz) durante sua fase adulta caracteriza-se por apresentar a cabeça projetada à frente dos olhos, formando um rostro longo, com cerca 2 de 1 mm de comprimento no qual se encontra o aparelho bucal mastigador na extremidade. As fêmeas possuem o rostro mais longo e afilado do que o

macho, que usam para fazer orifícios nos grãos para a postura. Cada fêmea ovipõe em média 200 ovos durante cerca de 100 dias de vida (CAMPOS & ZORZENON, 2006; ZORZENON & JUSTI JUNIOR, 2006; ATHIÉ & CESAR DE PAULA, 2002).

Além do *S.oryzae*, há o *Sitophilos zeamays*, conhecido popularmente como caruncho-do-milho ou gorgulho, que também contamina os cultivos de forma cruzada, assim iniciando a infestação das culturas alvo ainda em campo e prolongando o seu ataque durante a estocagem (PACHECO & PAULA 1995).

O ataque deste inseto é capaz de danificar o interior dos grãos, nutrindo-se de dentro para fora do mesmo. Isto ocorre tanto em sua fase larval tanto em sua fase adulta. Segundo ALENCAR et al., (2011), o aumento no índice de danos nos grãos se deve ao fato de que o inseto *S. zeamays* ser relacionado como uma praga primária, capaz de se nutrir de grãos sadios e intactos e romper o seu tegumento e assim elevando o índice de danos no produto.

O inseto adulto tem um tamanho de 2,0 a 3,5mm de comprimento, de cor castanho escuro. Possui manchas claras em seus élitros (asas anteriores). Seus ovos tem a cor branco-leitosa, com um tamanho de aproximadamente de 0,76 x 0,27mm. A ovoposição de seus ovos ocorre após a alimentação da fêmea a qual abre uma cavidade no grão, depositando seus ovos e fechando a cavidade com um fluido gelatinoso (LORINI, I et al., 2010).

Os grãos infestados pelo gorgulho têm uma diminuição considerável em seu valor nutricional, e em sua taxa germinativa no caso de semente além de outras características importantes na fisiologia da mesma como queda exponencial do peso há o caso de suscetibilidade ao ataque de fungos (CANEPPELE et al., 2003).

A espécie *Tribolium castaneum* tem uma difícil caracterização, devido pertencer a uma família muito diversificada, apresentando variadas exceções morfológicas quanto aos caracteres diagnósticos (RAFAEL et al., 2012).

Quanto a morfologia dos adultos, possuem uma coloração castanho avermelhada, são achatados dorso ventralmente, medem de 3 a 4 mm e na região da cabeça apresentam uma depressão transversal e pronoto em forma retangular. Os olhos são levemente divididos por um espaço da margem da

cabeça, as antenas possuem os três últimos artículos bem alargados até a extremidade com o nono artículo com o dobro do tamanho do oitavo (LORINI et al., 2009).

Este inseto é englobado como praga secundária e causa severos danos a produtos moídos como cereais, farináceos e aos grãos armazenados que de alguma forma não estão íntegros, ou que já foram consumidos previamente pelas pragas primárias, já que esta espécie é incapaz de romper o tegumento dos grãos (LORINI et al., 2010). Tem expectativa de vida de até quatro anos. O ciclo biológico pode variar de um a quatro meses, as fêmeas depositam em média de 400 a 500 ovos, os quais são pequenos. As larvas apresentam coloração branco-amarelada e podem medir cerca de 7 mm de comprimento, são cilíndricas e possuem o último segmento bifurcado (GALLO et al., 2002). As pupas são amarelo-claro no início e mais amarronzadas no final do estágio (LORINI et al., 2009).

As excretas do *T. castaneum* tem alto grau de contaminação favorecendo o desenvolvimento de micro-organismos deletérios como fungos, comprometendo assim a qualidade dos produtos (GIGLIOLLI; LUCENA; LAPENTA, 2011).

2.2.2. Fungos

Outra praga muito presente em grãos armazenados são os fungos, também conhecidos como mofos ou bolores, os quais são microrganismos multicelulares e filamentosos, que quando surgem em grãos e alimentos podem produzir substâncias tóxicas denominadas micotoxinas, que ao serem ingeridas, inaladas ou absorvidas pela pele podem causar: estado de letargia, perda de peso, intoxicações, câncer e óbito em homens e animais. Entre os danos causados pela ação dos fungos em grãos destacam-se: a redução do potencial de germinação; a descoloração; a geração de focos de aquecimento e de migração de umidade na massa de grãos; a aceleração das trocas químicas e redução da quantidade de matéria seca (SILVA, 2005).

Os fungos são classificados em dois grupos: fungos do campo e fungos do armazenamento. Os fungos do campo contaminam os grãos

durante o cultivo pelo fato destes precisarem de ambientes com umidade relativa superior a 80%, já os fungos do armazenamento não precisam de tanta quantidade de água, assim se difundem com maior intensidade na massa de grãos no período pós-colheita (SILVA, 2005).

Entre as espécies de fungos que podem se desenvolver usando os grãos como substrato, as espécies *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* e *Fusarium spp.*, são as mais encontradas, com maior destaque para as duas primeiras (SILVA, 2005).

Os fungos do gênero *Aspergillus* pertencem à família das Aspergillaceae, à classe Ascomycetos e à subclasse *Euascmycetae*. Existem mais de 200 espécies dentro deste gênero, mas apenas cerca de 20 têm sido encontradas como causa de doença (RICHARDSON & WARNOCK, 2003).

O *Aspergillus ssp* é um dos responsáveis pela produção de micotoxinas (aflatoxina) no pós-colheita. As perdas qualitativas geram depreciação do produto e um grande risco à saúde humana e animal. Como padrão de qualidade adota-se, em algumas agroindústrias, a tolerância máxima de 6% para grãos comprometidos em lotes comerciais (PINTO, 2003).

Aspergillus fumigatus é o agente etiológico responsável por aproximadamente 90% das aspergiloses invasivas diagnosticadas (Araujo et al., 2005a). Porém, outras espécies, incluindo *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger* e *Aspergillus terreus* são as principais responsáveis pelas demais infecções (MARTINS et al, 2005).

Aspergillus flavus por meio da produção de aflatoxinas contaminantes de lavouras tem a capacidade de infectar os seres humanos, assim comprometendo seu bem estar, fazendo com que a ingestão de alimentos contaminados com essas micotoxinas pode causar aflatoxicose aguda que pode resultar em óbito ou à aflatoxicose crônica que resulta em situações patológicas mais prolongadas, incluindo cancro e imunossupressão (MEHL & COTTY, 2013). O fígado é órgão mais vulnerável, e os danos hepáticos têm sido documentados em roedores, aves domésticas, após a ingestão da aflatoxina (MURRAY et al, 2006).

A podridão de sementes e grãos são causadas por patógenos de vários gêneros, incluindo *Penicillium* que pode sobreviver no solo ou no interior dos grãos, podendo vir a causar problemas e intoxicações em seres humanos e animais. É responsável pelo ataque a diversas culturas de importância econômica, como algodão, amendoim, arroz, café, cevada, citros, feijão, milho, soja e trigo (MACHADO, 2000).

Este gênero de fungos engloba espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*, que podem ser contaminantes, ou em sua forma de micélios dormentes presentes entre os tecidos do pericarpo ou do tegumento das sementes, e desse modo provocando danos aos grãos durante o armazenamento. A temperatura e umidade relativa do ar são os fatores ambientais de maior influência para o desenvolvimento da praga, e assim culminando em apodrecimentos, redução da germinação, desenvolvimento de plântulas anormais e outros (MACHADO, 2000).

O *Fusarium* pertencente à ordem *Hypocreales*, filo *Ascomycota*. estão associadas a doenças de diversas culturas de importância econômica, dentre elas: milho, trigo e cana-de-açúcar. As espécies de *Fusarium* formam um grupo de fungos sendo comum sua ocorrência no solo, causando necrose de raízes de plantas em solos agrícolas colonizados por espécies desse gênero (NELSON et al., 1983).

O gênero *Fusarium spp.* era considerado apenas um patógeno de campo. Atualmente sabe-se que *Fusarium verticillioides*, por exemplo, pode se desenvolver após a colheita e durante o armazenamento, principalmente quando este é realizado de forma incorreta, podendo permanecer inclusive durante e pós-processamento do alimento é comprometendo a qualidade do produto (MARIN et al., 2004; CHULZE, 2000).

Fusarium spp. produz diversas micotoxinas, as fumonisinas, que são encontradas com elevada frequência no milho e são produzidas pelas mesmas espécies que causam a podridão da espiga (*F. verticillioides*, *F. subglutinans*, *F. graminearum* e *F. proliferatum*) (MESTERHÁZY et al., 2012; THOMPSON et al., 2013).

Para o controle dos insetos um dos principais métodos utilizados são os inseticidas de contato e fumigantes. (LORINI 2010). Os produtos utilizados

para controle são basicamente: piretroides e organofosforados para inseticidas de contato e para fumigantes são os precursores da fosfina. (GEORGHIOU, 1983).

Cabe destacar que os organofosforados (OP) são reconhecidamente prejudiciais ao ambiente e têm o potencial de afetar a saúde humana, uma vez que atuam sobre o metabolismo como um todo, sendo neurotóxicos, mutagênicos, carcinogênicos e/ou teratogênicos. Os OP são potencialmente mais tóxicos aos produtores e trabalhadores do campo, especialmente se forem mal utilizados (LÓPEZ; FERNÁNDEZBOLAÑOS; GIL, 2005).

O modo de ação dos piretroides se dá por ação no sistema nervoso central (SNC) e periférico, caracterizando-os como toxinas funcionais, que causam efeitos adversos de forma secundária, como consequência da hiperexcitabilidade neuronal (VIJVEGBERG; BERCKEN, 1990).

No entanto, conforme destaca PIMENTEL et al., (2011), o uso descontrolado de defensivos protetores e fumigantes no combate de pragas de grãos armazenados, vinculados a métodos inapropriados de utilização, têm causado um aumento de populações resistentes de insetos-praga. Segundo RIBEIRO (2001) a resistência a defensivos se deve aos mecanismos de resistência provenientes de mudanças no genoma da espécie, proporcionando assim uma maior porcentagem de sobrevivência em relação ao que anteriormente seria uma dosagem letal.

Observa-se em alguns estudos a tentativa de associar métodos de controle, ou diferentes táticas do Manejo Integrado de Pragas (MIP), como experimento de aumentar a eficiência sob condições as quais elas falhariam em garantir o controle adequado da praga, se utilizados unitariamente (GRAY et al., 2009).

Em resumo, a integração de diferentes medidas de manejo pode ser uma maneira eficiente no combate dessa praga, a qual há poucas medidas para seu controle, assim para que se possa conviver com a mesma sem que haja grandes perdas na produção.

2.3. Ozonização no controle de pragas

A existência do gás ozônio foi datada inicialmente em 1781, porém somente em 1837 passou a ser reconhecido como uma substância química, e é nomeado devido ao seu odor característico. O ozônio é uma molécula formada por três átomos de oxigênio interligados pela adição de um radical livre de oxigênio com uma molécula de oxigênio (EVANS, 1972).

O ozônio também conhecido como oxigênio triatômico, é uma conformação alotrópica a qual pode ser produzida por meio de descargas elétricas por efeito corona. Durante sua formação, as moléculas de oxigênio são desassociadas (separadas), formando radicais livres de alta reatividade, os quais, por sua vez, reagem com moléculas de oxigênio próximas, resultando no ozônio (KIM et al, 1999).

Considerado um poderoso agente oxidante, em situação estresse oxidativo, o mesmo deteriora as membranas celulares, podendo provocar a morte celular em variados tipos de organismos (HOLLINGSWORTH e ARMSTRONG, 2005). Por estas razões o O₃ é visto como agente potencial para o controle de pragas em grãos armazenados, podendo ser gerado eletricamente no local e no momento da utilização, sem necessidade de armazenar e descartar pacotes de inseticidas (KELLS et al., 2001).

Os primeiros testes com o uso do ozônio como inseticida foram no controle de insetos domésticos, tendo como objetivo manter uma boa higiene no ambiente residencial (FARONI et al, 2008). Já no controle de insetos e pragas em locais de estocagem de produtos a primeira pesquisa foi publicada nos anos 80 (ERDMAN, 1980). Nessa primeira pesquisa sobre insetos-praga em produtos armazenados, ele constatou a medida de tempo necessário da exposição do ozônio para obter a mortalidade total de larvas, pupas e adultos de *Tribolium castaneum*.

Sendo assim, foi comprovada a eficiência no uso do ozônio não só no controle de insetos e pragas, mas também na oxidação de micotoxinas, assim como no controle de microrganismos deletérios e na expurgação de defensivos agrícolas remanescentes (ROZADO et al, 2008).

Por outro lado, o ozônio também pode vir a causar efeitos nocivos, quando administrado em altas concentrações, pode promover a rancificação

oxidativa, causando alterações no sabor e na coloração do produto. Essas mudanças em atributos sensoriais ou físico-químicos relacionam-se com a composição química do alimento, com a dosagem de ozônio, e das condições do tratamento (KIM et al., 1999). Considerando que o ozônio pode se tornar um gás tóxico acima de certas concentrações, devem ser definidos certos limites máximos de exposição, além disso, trabalhadores expostos à ozonização devem submeter-se a revisões médicas regulares (LANGLAIS et al., 1991).

Além da concentração e do período de exposição, a temperatura também é um fator a ser considerado na eficácia dos fumigantes, uma vez que, em elevadas temperaturas, os insetos tem maior exposição a toxicidade do produto (FARONI et al., 2002 citado por Pereira et al., 2008a), pois há um aumento de sua taxa respiratória e atividade metabólica nessas condições (THRONE et al., 2000), podendo gerar um desequilíbrio das trocas gasosas resultando em um maior gasto energético para a manutenção da homeostase (HOSTETLER et al., 1994). O período de exposição ao gás ozônio para o controle eficiente dos insetos é maior em temperaturas de 35 °C, quando comparado a de temperaturas menores, de 20 e 30 °C (PEREIRA et al., 2008a). Esse fenômeno ocorre devido ao ozônio começar a sua degradação a uma temperatura de 35 °C (REES, 1996 citado por PEREIRA et al., 2008a). Conhecendo a temperatura ideal de sua aplicação, é possível conseguir um controle eficiente das pragas, mesmo reduzindo o período de exposição, o que maximiza a viabilidade econômica da fumigação com ozônio (PEREIRA et al., 2008b).

Cabe destacar que, com uma dosagem correta, não há nenhum relato de danos constatados nos produtos armazenados com ozonização, logo não há nenhuma mudança nutricional. O gás ozônio abrange a possibilidade de ser produzido no próprio lugar de uso, assim diminuindo gastos como transporte armazenamento e embalagem (MENDEZ et al, 2003).

O uso constante de inseticidas pode vir a causar resistência nas populações das pragas em geral o que não é observado quando é utilizado a ozonização (RIBEIRO et al, 2003). Além de não conferir resistência dos insetos o ozônio proporciona uma diminuição na atividade de locomoção dos insetos, o que garante sua eficácia no controle, por limitar um possível escape

da exposição do inseto no método utilizado (BONJOUR et al, 2011) e, por ser instável, o mesmo se decompõe rapidamente em oxigênio sem deixar resíduos (HANSEN et al., 2013).

2.3.3. Experimentos de aplicação da ozonização:

Com o objetivo de demonstrar a capacidade de controlar a incidência de pragas, foram selecionados alguns experimentos encontrados na literatura para avaliar a eficácia do uso de ozônio.

Experimento 1:

O estudo de Santos et al. (2016) foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, MG, e demonstrou o sucesso da inativação da atividade fúngica, principalmente durante o armazenamento, que poderia levar à rápida deterioração na qualidade nutricional dos grãos, reduzindo seu aproveitamento e inutilizando o processo industrial pela contaminação com toxinas.

Nesse experimento foi utilizado como método de controle a ozonização e teve como proposta determinar a concentração e o tempo de saturação do gás ozônio em grãos de arroz e definir o tempo de ozonização eficaz na desinfecção de fungos e leveduras.

Foram Utilizados grãos de arroz inoculados com *Penicillium spp.* e *Aspergillus spp.* e posteriormente sua ozonização foi realizada na concentração de 10,13 mg L⁻¹, em fluxo contínuo de 1,0 L min⁻¹, em cinco períodos de exposição (12, 24, 36, 48 e 60 h). A concentração e o tempo de saturação do gás ozônio nos grãos de arroz foram de 5 mg L⁻¹ e 13,97 min, respectivamente.

Observou-se redução em 3,8 ciclos log (100%) na contagem de leveduras e completa inibição para os fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* nos grãos ozonizados.

Experimento 2:

O estudo de Rozado et al. (2008) foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, MG, e teve como meta avaliar a suscetibilidade dos adultos de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* juntamente com a qualidade fisiológica dos grãos de milho submetidos ao tratamento com ozônio, em diferentes camadas da massa de grãos.

Dessa forma, os insetos e os grãos de milho foram submetidos a uma atmosfera modificada com 50 mg kg⁻¹ de ozônio injetado a um fluxo contínuo de 8,0 L min⁻¹ em conexão localizada na base do recipiente, em diferentes períodos de exposição.

E assim foi constatado que a espécie que se mostrou mais susceptível foi a *S. zeamais*, independentemente da sua distribuição na massa de grãos. O menor período de exposição para controlar 95% dos adultos de *S. zeamais* e *T. castaneum* foi de 23,76 e 64,19 h, respectivamente, quando distribuídos próximos à injeção do gás ozônio; em geral, os tratamentos com atmosfera modificada com 50 mg kg⁻¹ de ozônio não afetaram a qualidade fisiológica dos grãos de milho.

Experimento 3:

O experimento de Ribeiro (2016), realizado na Universidade Federal de Viçosa, MG, teve como foco avaliar a eficiência do gás ozônio na desinfecção de grãos de milho contaminados com fungos *Aspergillus flavus*, *Fusarium verticillioides* e *Penicillium spp.* e na degradação das fumonisinas B1 e B2, além do efeito do processo nas características físico-químicas dos grãos.

Foram utilizados grãos de milho dos híbridos 30F53H e AS1581 PRO, contaminados naturalmente com *Aspergillus flavus*, *Fusarium verticillioides* e *Penicillium spp.* A concentração utilizada de ozônio aplicada foi de 13,5 mg L⁻¹ com fluxo de 1,0 L min⁻¹, em cinco períodos de exposição (12, 24, 36, 48 e 60 h).

E assim os índices de ocorrência dos fungos *A. flavus*, *F. verticillioides* e *Penicillium spp.* foram reduzidos 96% no híbrido 30F53H após 60 h de exposição ao ozônio na concentração de 13,5 mg L⁻¹ e no híbrido AS1581 PRO foram observadas reduções de 93,8, 99,3 e 99,7 para o índice de ocorrência de *A. flavus*, *F. verticillioides* e *Penicillium spp.*, no mesmo tempo de exposição e concentração. De acordo com os resultados apresentados neste estudo, pode-se concluir que a utilização do gás ozônio é capaz de reduzir a incidência de fungos e o teor de fumonisinas em grãos de milho, sem alterar a qualidade físico-química dos grãos.

Experimento 4:

Os experimentos de Pereira (2008b) foram elaborados na Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG. O estudo teve com base analisar a influência de temperaturas crescentes da massa de grãos (20, 30, 35 e 40 °C) sobre o período de exposição do ozônio letal para 50 e 95% de insetos adultos de *T. castaneum* (TL50 e TL95), utilizando-se a dose de 50 ppm de ozônio em uma vazão de 8 L min⁻¹.

No experimento os grãos de milho foram distribuídos em recipientes cilíndricos de PVC com conexões para injeção e exaustão de gás. Os insetos contidos em gaiolas foram colocados na camada mediana da massa de grãos em cada recipiente e estes, por sua vez foram fumigados com ozônio na concentração de 50 ppm.

Entre as conclusões apuradas pode-se afirmar que os tempos letais (TL50 e TL95) para os insetos adultos de *T. castaneum* foram reduzidos com o aumento da temperatura da massa de grãos, de 20 para 30 °C, porém a 35 °C os tempos letais não foram reduzidos em relação às temperaturas menores, mas a 40 °C os tempos letais foram reduzidos novamente, resultando no menor TL95.

Experimento 5:

Os experimentos de campo realizados por Bonjour et al (2011), publicados em artigo no Journal of Economic Entomology, foram conduzidos em caixas de aço contendo 13.600 kg de trigo duro vermelho de inverno, *Triticum aestivum* L. Uma caixa foi tratada com ozônio e a segunda serviu como controle.

Os insetos em grãos armazenados foram colocados em caixas por períodos de exposição de 1, 2, 3 e 4 dias em tubos de amostragem para testar as concentrações de ozônio de 0, 25, 50 e 70 partes por milhão em volume (ppmv).

Os tratamentos com ozônio em adultos de *Sitophilus oryzae* (L.) foram as espécies mais suscetíveis com 100% de mortalidade alcançada após 2 dias em todos os tratamentos com ozônio. No entanto, alguns descendentes foram produzidos em todas as concentrações e períodos de exposição.

Tribolium castaneum adultos tiveram mortalidade de 100% somente após 4 dias a 50 ou 70 ppmv. Nenhuma progênie de *T. castaneum* foi produzida após 2-4 dias a 70 ppmv. A ozonização tem potencial para o controle de algumas pragas de grãos armazenados no trigo.

Experimento 6:

Nesse experimento de Savi et al (2015), publicado em artigo no Journal of Food Processing and Preservation, avaliou-se a eficácia do tratamento do gás ozônio (O₃) em inibir o crescimento das cepas de *Aspergillus flavus* e *Penicillium citrinum* e da aflatoxina e citrinina (CTR) na degradação em grãos de trigo.

Os testes foram realizados em silos piloto de laboratório contendo grãos contaminados artificialmente por esses fungos ou micotoxinas. Resumidamente, as amostras foram divididas em grupos controle (sem gás O₃) e grupos tratados com O₃ (40 e 60 µmol / mol), os quais foram expostos por 30, 60, 120 e 180 min.

Na maior concentração de O₃ exposição (60 µmol / mol), mostrou inibição de crescimento completa após 180 min. Além disso, em relação à mesma exposição ao O₃, os níveis de AFB 1 e AFB 2 foram significativamente reduzidos (12,51 e 41,06 µg / kg) quando comparados ao controle (231,88 e 265,79 µg / kg).

Além disso, os níveis de CTR diminuíram significativamente após o tratamento com O₃ em ambas as concentrações (40 e 60 µmol / mol) após 180 min de exposição ao O₃ (103,64 e 42,90 µg / kg) quando comparados com o grupo controle (146,85 e 173,51 µg / kg).

Experimento 7:

O objetivo do trabalho de Brandani (2014), realizado na Universidade de Brasília – UnB, foi avaliar o efeito do gás ozônio no controle de fungos em grãos de soja e se este tratamento afeta a qualidade fisiológica dessa espécie. Grãos de soja da variedade, P98Y11, foram submetidas a duas concentrações de gás ozônio, 10 mg/L e 20 mg/L com quatro períodos de exposição, 0,5; 1; 1,5 e 2 horas.

Em relação aos fitopatógenos (*Aspergillus ssp.* e *Fusarium ssp.*) do grão observou-se que o melhor tratamento foi o que empregou a concentração de 20mg/L do gás ozônio e um período de exposição de 1,5 horas.

O uso do gás ozônio pode ser eficiente no controle de fungos em grãos de soja, contudo antes que uma recomendação possa ser feita, faz-se necessário ajustar a metodologia quanto à concentração e o período de exposição.

Uma técnica que vem se mostrando promissora no controle de fungos em grãos, é o uso do gás ozônio, contudo, ainda não se tem informação, se este tratamento interfere na qualidade fisiológica em sementes de soja.

TABELA 1. Experimentos com ozônio no controle de pragas

Composição	Parâmetros estudados	Resultado	Referência
10,13 mg L ⁻¹ por 12, 24, 36, 48 e 60 h	Inativação de fungos (<i>Aspergillus</i> e <i>Penicillium</i>) em arroz	Redução de 100% da ocorrência de fungos com 60 h de exposição	Santos et al. (2016)
50 mg kg ⁻¹ por 23,76 e 64,19 h	Controle de insetos-praga (<i>S. zeamais</i> e <i>T. castaneum</i>) em milho	Taxas de mortalidade de 95%	Rozado et al. (2008)
13,5 mg L ⁻¹ por 60 h	Inativação de fungos (<i>A. flavus</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> e <i>Penicillium spp.</i>) em milho	Redução superior a 93% para os três fungos	Ribeiro (2016)
50 µL L ⁻¹ por 71,4 e 151,8 h	Controle de insetos-praga (<i>T. castaneum</i>) em milho	Taxas de mortalidade de 50 e 95%	Pereira et al. (2008b)
25, 50 e 70 µL L ⁻¹ por 1, 2, 3 e 4 dias	Controle de insetos-praga (<i>R. dominica</i> , <i>T. castaneum</i> , <i>S. oryzae</i> , <i>Cryptolestes ferrugineus</i> e <i>Oryzaephilus surinamensis</i>) em trigo	100% de mortalidade de adultos de <i>S. oryzae</i> e <i>T. castaneum</i> após 2 e 4 dias de tratamento, respectivamente	Bonjour et al. (2011)
40 e 60 µmol mol ⁻¹ por 30, 60, 120 e 180 min	Inativação de fungos (<i>A. flavus</i> e <i>P. citrinum</i>) e degradação de micotoxinas (Aflatoxina e Citrinina) em trigo	Os fungos foram completamente inibidos na maior concentração de O ₃ por 180 min. Redução de até 94,6% de aflatoxina e 75,3% de citrinina	Savi et al. (2015)
10 e 20 mg L ⁻¹ por 0,5; 1; 1,5 e 2 h	Inativação de fungos (<i>Aspergillus</i> e <i>Fusarium</i>) em soja	Levando em consideração as qualidades fisiológica e sanitária, o tratamento com melhor resultado foi o de 20 mg L ⁻¹ e 1,5 h	Brandani (2014)

Fonte: Faroni et al (2018) ajustada pelo autor.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste sentido, o ozônio tem um grande potencial no controle de insetos e fungos em grãos armazenados, uma vez que apresenta efeito tóxico sobre as mesmas, e ainda, dependendo da escala de produção, juntamente com o tempo de exposição, pode se apresentar como uma alternativa economicamente viável. É uma alternativa ecologicamente eficaz para o controle de pragas, e com grande potencial de uso no armazenamento de grãos, uma vez que, aumenta a vida de prateleira dos produtos, e não altera, na maioria das vezes, as características físicas, químicas dos grãos.

Além disso, observou-se nos experimentos selecionados que, entre as pragas, os fungos foram os mais susceptíveis ao método de controle. Mesmo entre as menores concentrações, não necessitavam de prolongado período de tempo para serem erradicados, e suas micotoxinas também se mostraram mais resistentes do que seus próprios fabricantes. Entre os insetos, o *T. castaneum* se mostrou muito mais resistente ao método do que os insetos do gênero *Sitophilus*, sendo necessário maior período de tempo de exposição para serem controlados e até mesmo maiores concentrações, em alguns casos. Também foi visto que o aumento da temperatura pode auxiliar no controle de pragas, reduzindo consideravelmente o tempo de exposição, podendo ser usada com êxito para esse fim.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D. A.; FERREIRA, L. G.; COSTA, A. R.; PIMENTEL, M. A. G. Qualidade de milho armazenado e infestado por *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. Revista Engenharia na Agricultura. Viçosa. v. 19, n. 1, p. 9-18, 2011.

APROSOJA BRASIL. Associação Brasileira dos Produtores de Soja. A origem do grão. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/a-soja>. Acessado dia 13 de abril de 2021

ARAUJO, R., PINA-VAZ, C. E RODRIGUES, A. G. (2005a). Surveillance of airborne *Aspergillus* in a Portuguese University Hospital, *Mycoses*, 48(2), pp. 45

ATHIÉ, I., CESAR DE PAULA, D. Insetos de Grãos Armazenados. Aspectos Biológicos e Identificação. 2º Ed. São Paulo: Livraria Varela, 224p. 2002.

BOND, E.J.; MILLER, D.M. A new technique for measuring the combustibility of gases at reduced pressures and its application to the fumigant phosphine. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v.24, p. 225-228, 1988.

BONJOUR, E.L., OPIT, G.P., HARDIN, J., JONES, C.L., PAYTON, M.E., BEEBY, R.L. Efficacy of ozone fumigation against the major grain pests in stored wheat. *Journal of Economic Entomology*, v.104, p.308-316, 2011.

BRANDANI, E.B., 2015. Efeito do gás ozônio no controle de fungos e na qualidade fisiológica em sementes de soja. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasília: UnB. 49f.

CAMPOS, T.C., ZORZENON, F.J. Pragas dos Grãos e Produtos Armazenados. Boletim Técnico – Instituto Biológico. n.17. São Paulo – SP. 47p. 2006.

CANEPPELE, M.A.B. et al. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v.47, p.625-630, 2003.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Primeiro levantamento da safra 2019/20 de grãos indica produção de 245 milhões de toneladas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3080-primeiro-levantamento-da-safra-2019-20>. Acessado dia 18 de março de 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 7, sétimo levantamento, abr. 2021. Disponível em: [E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z7oZlevantamento.pdf](#). Acessado dia 11 de abril de 2021.

CHULZE, S. N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. *Food Additives and Contaminants*, London, v. 27, n. 5, p. 651-657, 2010.

ERDMAN, H.E. Ozone toxicity during ontogeny of two species of flour beetles, *Tribolium confusum* and *T. castaneum*. *Environmental Entomology*, v.9, n.1, p.16-17, 1980.

EVANS, F.L. *Ozone in Water and Wastewater Treatment*. Michigan: Ann Arbor Science Publishers, 1972. 185p.

FARONI, L. R. D'A.; GUEDES, R. N. C.; BERBEERT, P. A.; SILVA, A. P. R. A. Atmosfera modificada no controle das pragas de grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (eds.) *Armazenagem de grãos*. Campinas: IBG, 2002. p.463-491.

FARONI, L.R.A., SOUSA, A.H., SANTOS, J.E. Potencial do ozônio como fumigante para grãos. In: Scussel, V.M.; Rocha, M.W.; Lorini, I.; Sabino, M.; Rosa, C.A.R.; Carvajal, M.M.. (Org.). *Atualidades em Micotoxinas e Armazenagem de Grãos II*. Florianópolis: ABMAG, 2008. p.511-517.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Post-Harvest Losses Aggravate Hunger*. Media Center-FAO, Rome, Italy. 2009. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 21 de março de 2021.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, S. *Entomologia Agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in arthropods. In: GEORGHIOU, G. P.; SAITO, T. (Ed.). *Pest resistance to pesticides: challenges and prospects*. New York: Plenum, 1983. p. 769-792.

GIGLIOLLI, A. A. S.; LUCENA, A. L. M.; LAPENTA, A. S. Identificação e caracterização das esterases em *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Saúde e Biologia*, v.6, n.1, p.25-35, 2011.

GRAY, M. E. et al. The IPM paradigm: concepts, strategies and tactics. In: RADCLIFFE, E. B.; HUTCHINSON, W. D.; CANCELADO, R. E. (Eds.). *Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. p.1-10.

HANSEN, L.S.; HANSEN, P.; JENSEN, K.M.V. Effect of gaseous ozone for control of stored product pests at low and high temperature. *Journal of Stored Products Research*, v.54, p.59-63, 2013.

HOLLINGSWORTH, R.G.; ARMSTRONG, J.W. Potential of Temperature, Controlled Atmospheres, and Ozone Fumigation to Control Thrips and Mealybugs on Ornamental Plants for Export. *Journal of Economic Entomology*, v.98, n.2, p.289-298. 2005.

HOSTETLER, M. E.; ANDERSON, J. F.; LANCIANI, C. Pesticide resistance and metabolic rate in german cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Florida Entomologist*, v.77, n.2, p.288-290, 1994.

KELLS, S.A.; MASON, L.J.; MAIER, D.E.; WOLOSHUK, C.P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, v.37, p.371–382, 2001.

KENNEDY, G. et al. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. *International Rice Commission Newsletter*, v. 51, p. 33-42, 2002. KIM, S. K. et al. Registration of 16 maize streak virus resistant tropical maize parental inbred lines. *Crop Science*, Madison, v. 27, p. 824–825, 1987.

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. *Journal of Food Protection*, v. 62, n. 9, p. 1071-1087, 1999.

LANGAIS, B.; ROCKHOW, D.A.; BRINK, D.R. Practical application of ozone: Principle and case study. In: *OZONE in Water Treatment.*, Chelsea: Lewis Publishers, 1991.

LISCH, D. Regulation of transposable elements in maize. *Current opinion in plant biology*, v.15, p.511-516, 2012.

LÓPEZ, O.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.G.; GIL, M.V. New trends in pest control: the search for greener insecticides. *Green Chem.*, n. 7, p. 431-442, 2005.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o Armazenamento. *ABRATES*. v.19, n. 1, p. 21-28, 2009.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. *Série sementes*. Paraná: Embrapa, 2010.12p.

MACHADO, J. C. Tratamento de sementes no controle de doenças. *Lavras: LAPS/UFLA/FAEPE*, 2000. 13p.

MARCHI, S. L. Interação entre desfolha e população de plantas na cultura do milho na Região Oeste do Paraná. *Paraná*, 2008, p. 26.

MARIN, S. et al. Fumonisin producing strains of *Fusarium*: a review of their ecophysiology. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 67, n. 8, p. 1792-1805, 2004.

MARTINS, J. E. C., MELO, N. T. E HEINS-VACCARI, E. M. (2005). *Atlas de Microbiologia Médica*, Copyright, Editora Manole Ltda, pp. 39-45.

MEHL, H. L. E COTTYA, P. J. (2013). Nutrient Environments Influence Competition among *Aspergillus flavus* Genotypes, *Applied and Environmental Microbiology*, 79(5), pp. 1473–1480.

MENDEZ, F.; MAIER, D.E.; MASON, L.J.; WOLOSHUK, C.P. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and performance. *Journal of Stored Products Research*, v.39, n.1, p.33-44, 2003.

- MESTERHÁZY, Á.; LEMMENS, M.; REID, L.M. 2012. Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize A review. *Plant Breeding* 131(1): 1–19.
- MURRAY, P. R., ROSSENTHAL, K. S. E PFALLER, M. A. (2006). *Microbiologia: Médica*, 5ª edição, Elsevier Editora Ltda, pp. 770-773.
- NELSON PE, TOUSSOUN TA, MARASAS WFO (1983) *Fusarium Species: An Illustrated Manual for Identification*. Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, USA.
- NEVES, J. A. Interferência da farinha de trigo na qualidade micológica e micotoxicológica do pão tipo Francês. 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.
- NUNES, J. L. S. 2016. Características do milho. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas>. Acesso em: 15 de março de 2021
- PACHECO, I.A.; PAULA, D.C. Insetos de grãos armazenados: identificação e biologia. Fundação Cargill, Campinas, São Paulo, Brazil, 1995. 229p.
- PEREIRA, A.M.; FARONI, L. R. D'A.; SOUSA, A.H.; URRUCHI, W.I.; PAES, J.L. Influência da temperatura da massa de grãos sobre a toxicidade do ozônio a *Tribolium castaneum*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.5, p.493–497, 2008a.
- PEREIRA, A.M., FARONI, L.R.A., SOUSA, A.H., URRUCHI, W.I., PAES, J.L. Influence of the 68 Anais - VII Conferência Brasileira de Pós-Colheita grain temperature on the ozone toxicity to *Tribolium castaneum*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.5, p.493–497, 2008b.
- PEREIRA, M.M., CARDOSO, E.O. e CHAGAS, D.M.T. Armazenamento e pragas de sementes: revisão de literatura. *PUBVET*, Londrina, V.3, N. 44, Ed. 105, Art. 708, 2009.
- PEREIRA JR, J. B. Modelagem e simulação de sistemas de injeção de gás ozônio para fumigação de milho (*Zea mays* L.) utilizando a mecânica dos fluidos computacional. 2009. Dissertação (Mestrado) Engenharia Agrícola UFV, Viçosa/MG, 2009.
- PIMENTEL, M. A. G.; VIEIRA, V. A.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V.; ALBEMAZ, W. M. Recomendações de boas práticas de armazenamento de milho em espiga para agricultura familiar. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 11p.
- PINTO, N. F. J. A. Incidência de grãos ardidos em diferentes tipos de milho. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 29, n. 1, p. 67, 2003.
- POSSAMAI, J.P.; PESCADOR, A.; MAYERLE, S.F. Equilíbrio espacial de preços com estoque regulador. *Production*, v. 24, p. 861-871, 2014.
- PUZZI, D. Abastecimento e armazenamento de grãos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666p.

- RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R. de.; CARVALHO, C. J. B. DE.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto: Holos, 2012. 810p.
- REES, D.P. Coleoptera. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D.W. (eds.). Integrated management of insects in stored products. New York: Marcel Dekker, 1996, p.1-39.
- RIBEIRO, B. M. Resistência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a inseticidas: detecção e mecanismos. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 51p. 2001.
- RIBEIRO, D.F. Ozônio como agente fungicida e de degradação de micotoxinas em híbridos de milho. Dissertação de Mestrado. Viçosa: UFV. 47f. 2016.
- RICHARDSON, M. D. e Warnock, D. W. (2003). Fungal Infection Diagnosis and Management, 3th edition. Victoria, Blackwell Publishing Asia Pty Ltd.
- RICHETTI, A. Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha, 2013, em Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 11p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 182).
- ROZADO, A.F., FARONI, L.R.A., URRUCHI, W. M. I., GUEDES, R.N.C., PAES, J.L. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, p.282-285, 2008.
- SANTOS, R.R., FARONI, L.R.A., CECON, P.R., FERREIRA, A.P.S., PEREIRA, O.L. Ozone as fungicide in rice grains. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.20, p.230-235, 2016.
- SAVI, G.D., PIACENTINI, K.C., SCUSSEL, V.M. Ozone treatment efficiency in *Aspergillus* and *Penicillium* growth inhibition and mycotoxin degradation of stored wheat grains (*Triticum aestivum* L.). Journal of Food Processing and Preservation, v.39, p.940-948, 2015.
- SEDIYAMA, T. (Ed.). Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Ed. Mecenas, 2009. 314p.
- SILVA, L.C. Artigo: Fungos e Micotoxinas em Grãos Armazenados, Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.
- SOUZA, A. W. A.; PIRES G. A. Revisão de literatura: Milho. Rio Branco, AC. 2013. p. 21.
- THOMPSON, R.S.; AVELING, T.A.S.; PRIETO, R.B. 2013. New semiselective medium for *Fusarium graminearum*, *F. proliferatum*, *F. subglutinans* and *F. verticillioides* in maize seed. South African Journal of Botany 84: 94101.
- THRONE, J. E.; BAKER, J. E.; MESSI-NA, F. J.; KRAMER, K. J.; HOWARD, J. A. Varietal resistance. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. (Eds.). Alternatives to pesticides in stored-product.v.1. Massachusetts: Kluwer Academic Massachusetts, 2000, p. 165-192.

VIJVERBERG, H.P.M.; van der BERCKEN, J. Neurotoxicological effects and the mode of action of pyrethroid insecticides. *Crit. Rev. Toxicol.*, v. 21, p. 105-126, 1990.

ZHANGGUI, Q.; XIA, W.; GANG, D.; XIAOPING, Y.; XUECHAO, H.; DEKE, X.; XINGWEN, L. Investigation of the use of ozone fumigation to control several species of stored grain insects. In: *International Working Conference on Stored-Product Protection*, 8, 2003, York. *Advances in stored product protection*, York: 2003, p.846-851.

ZORZENON, F.J., JUSTI JUNIOR, J. *Manual Ilustrado de Pragas Urbanas e Outros Animais Sinantrópicos*. Instituto Biológico. São Paulo - SP. 151p. 2006.