



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**Ozônio como fumigante para controle de insetos em produtos
armazenados**

Rafael Leal Milagres

Viçosa- MG

Julho -2014

Ozônio como fumigante para controle de insetos em produtos armazenados

Rafael Leal Milagres

Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni

Trabalho elaborado para cumprir a disciplina FIT 499 – Trabalho de Conclusão de Curso, como exigência obrigatória para integralização curricular do Curso de Agronomia.

Viçosa- MG

Julho -2014

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

ACADÊMICO: Rafael Leal Milagres

CURSO: AGRONOMIA

ORIENTADOR(ES):

PERÍODO: Semestre _____ Ano _____

APROVADO COM CONCEITO: _____

REPROVADO: _____

BANCA EXAMINADORA:

Presidente: _____

Membro: _____

Membro: _____

Viçosa, _____, de _____ de _____.

Coordenador da FIT 499

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e por tudo que tenho, principalmente pela minha família que compartilhou os meus ideais e me incentivou a prosseguir independente dos obstáculos.

Aos meus pais e às minhas irmãs por todo o amor, apoio e segurança, sem os quais eu não chegaria até aqui.

A Eliane Freitas por toda paciência, incentivo e valiosas colaborações.

À Universidade Federal de Viçosa, que proporcionou a realização de um grande objetivo na minha vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

À professora e orientadora, Lêda Rita D'Antonino Faroni, por ter acreditado em minha capacidade, e cujo empenho e dedicação foram fundamentais para a concretização deste trabalho.

À Fernanda e Mariane pelas colaborações.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Armazenamento de Grãos (MIP), pelo auxílio, e aos professores do curso de Agronomia pelos conhecimentos transmitidos, essenciais para minha formação.

À todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para que esse trabalho fosse realizado.

ÍNDICE

RESUMO	iii
INTRODUÇÃO.....	1
DESENVOLVIMENTO	3
Perdas na pós-colheita	3
Principais pragas dos produtos armazenados	4
<i>Sitophilus zeamais</i>	4
<i>Rhyzopertha dominica</i>	5
<i>Tribolium castaneum</i>	6
Potencial do ozônio para controle de pragas	7
Efeitos sobre os grãos e subprodutos.....	12
CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

RESUMO

MILAGRES, Rafael Leal. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Ozônio como fumigante para controle de insetos em produtos armazenados.** Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni.

O ataque severo de insetos-praga durante o armazenamento de grãos é responsável por consideráveis perdas no setor de armazenamento de produtos agrícolas em todo o mundo. Dentre os métodos de controle, o uso indevido de inseticidas químicos tem acarretado o desenvolvimento de insetos resistentes, necessitando de doses cada vez maiores, diminuindo a eficiência econômica de suas aplicações e aumentando o risco de contaminação ambiental. Entre as alternativas potenciais de controle de insetos-praga, destaca-se o uso do ozônio. O ozônio (O_3) é uma molécula formada por 3 átomos de oxigênio e o segundo agente mais poderoso, excedido em seu potencial de oxidação somente pelo flúor (F_2). O (O_3) pode ser aplicado sob a forma gasosa ou dissolvida em água e pode ser gerado no próprio local de uso. Além disso, possui uma vida curta, e seu produto de degradação é o oxigênio. O objetivo desse trabalho foi analisar, através de revisão bibliográfica, a eficiência do ozônio para o controle de insetos-praga em grãos armazenados, assim como, o efeito sobre a qualidade e parâmetros nutricionais dos alimentos. O ozônio se mostrou uma alternativa ecologicamente eficaz para o controle de insetos-pragas, com grande potencial de uso no processamento ou armazenamento de grãos, por não deixar resíduos no ambiente e reduzir a população total de insetos nas distintas fases de desenvolvimento (ovo, larva, pupa e adulto). Outra vantagem, é que sua aplicação pode aumentar a vida de prateleira dos produtos, sem alterar as características físicas, químicas e reológicas dos grãos, sendo ainda uma alternativa economicamente viável.

Palavras-chave: Grãos, armazenamento, insetos-praga.

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos cresce a cada ano, tornando o Brasil um dos maiores produtores do mundo, devendo chegar a 193,6 milhões de toneladas na safra 2013/2014, representando um aumento de 4,9 milhões de toneladas comparado com a safra anterior (CONAB, 2014).

O armazenamento dos grãos no país, ainda é realizado em condições inadequadas, favorecendo principalmente o ataque de pragas que ocasiona redução dos valores nutritivos e comercial dos grãos (ANDERSON et al., 1990).

Dentre as pragas que se adaptaram ao ambiente de armazenamento destacam-se os insetos, por causarem prejuízos de ordem econômica e social, por meio da contaminação dos alimentos. Para que ocorra o mínimo possível de perdas durante o armazenamento dos grãos e seus subprodutos é indispensável, dentre outras ações, a prevenção e o controle dos insetos-praga.

O controle destes insetos normalmente é feito de forma preventiva por meio do uso de inseticidas piretróides e organofosforados. A aplicação destes produtos é feita na forma líquida, diretamente sobre os grãos (WHITE e LEESCH, 1996) ou gasosa, como fumigantes. Entretanto, o uso indiscriminado desses inseticidas tem favorecido o desenvolvimento de insetos resistentes aos princípios ativos dos mesmos, fazendo-se necessário a utilização de doses cada vez maiores para se obter um controle efetivo (SOUSA et al., 2012). Isso reduz a eficiência econômica de sua aplicação, além de causar danos ao meio ambiente, provocar a eliminação de inimigos naturais, aumentar o número de alimentos contaminados e acarretar intoxicação dos produtores e armazenadores.

Deste modo, a busca por alternativas que minimizem os problemas pertinentes ao uso contínuo e indiscriminado desses inseticidas se faz necessária. Neste contexto, o ozônio vem se mostrando potencial no controle de insetos-praga de grãos armazenados. Dentre as vantagens do ozônio, destacam-se a capacidade de penetração em grande volume de grãos, seu alto poder oxidativo e sua rápida degradação sem deixar resíduos nos alimentos (TIWARI et al., 2010). Além disso, mostra-se seguro, pois pode ser gerado no mesmo local de uso através de descargas elétricas (KIM et al., 1999), tornando possível cessar um vazamento apenas desligando a rede elétrica. Contudo, a aplicação do ozônio requer alguns

cuidados, pois em determinadas concentrações podem causar danos oxidativos, odor desagradáveis e alterar a cor dos alimentos.

O objetivo desse trabalho foi analisar, através de uma revisão bibliográfica, a eficiência do ozônio para o controle de insetos-praga em grãos armazenados, assim como, o efeito sobre a qualidade e parâmetros nutricionais dos alimentos.

DESENVOLVIMENTO

Perdas na pós-colheita

O ataque severo de insetos-praga durante o armazenamento de grãos é responsável por consideráveis perdas no setor de armazenamento de produtos agrícolas em todo o mundo. Estima-se que as perdas correspondem a R\$ 1,4 bilhões ao ano para o Brasil, resultante da contaminação das estruturas armazenadoras e danos diretos nos grãos que restringem a comercialização (MAPA, 2009).

Essas perdas podem ser quantitativas ou qualitativas, comprometendo o uso do grão produzido. O ataque de insetos pode alterar o odor e o sabor natural dos grãos e dos produtos derivados, uma vez que, a presença de insetos vivos, mortos ou partes do seu corpo, como patas, asas, escamas e antenas, além das excreções que permanecem na massa de grãos, contamina os grãos, causando a desvalorização do produto final. (SANTOS, 2006)

Antunes et al. (2011) analisaram ao longo de 120 dias de armazenamento, perdas do peso de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais*, e obtiveram reduções do peso de 2,2; 3,0 e 17% para 30, 60 e 120 dias de armazenamento, respectivamente. Considerando uma tonelada, essas perdas representariam 22, 30 e 170 kg para 30, 60 e 120 dias, respectivamente.

Além dos danos diretos causados pelos insetos, Birck (2005) avaliou a relação da infestação de insetos com fungos e micotoxinas em grãos de trigo armazenado. A autora afirmou que os insetos que infestam a massa de trigo armazenado podem ser considerados vetores mecânicos, uma vez que, podem carregar esporos de fungos, bem como outros contaminantes. Além disso, ao atacar o grão, podem aumentar o teor de umidade do produto a um nível suficiente para o desenvolvimento de fungos.

Neste contexto, pesquisas voltadas à prevenção de injúrias pós-colheita em produtos agrícolas se mostram muito importantes devido à perda econômica ocasionada no setor de armazenamento. Entre as tecnologias empregadas no controle de injúrias causadas por insetos-praga na pós-colheita podem ser citadas os controles químicos para tratamentos de sementes e grãos armazenados. Entretanto, alternativas que otimizem a utilização dos

insumos, além de aumentar os lucros, reduzem o risco de contaminação ambiental, logo se fazem necessárias.

Principais pragas dos produtos armazenados

O armazenamento de grãos é parte integrante do sistema de pré-processamento de produtos agrícolas, e nesse período os grãos ficam sujeitos à ação de diversos fatores físicos, químicos e biológicos, que podem interferir diretamente na qualidade fisiológica e no valor econômico desses grãos (ROZADO et al., 2008). Dentre os fatores biológicos, os insetos são um dos principais responsáveis pelas perdas nos grãos.

Durante o processo de armazenamento a massa de grãos pode ser habitada por uma ou mais espécies de coleópteros, lepidópteros, e outros de menor importância, como os psocopteros, dípteros dentre outros. Estes insetos podem ser de importância primária, secundária, vetores de fungos, de bactérias e responsáveis pela diminuição da qualidade e valor dos grãos. As pragas de maior importância econômica são pertencentes às famílias Curculionidae, Bostrichidae e Tenebrionidae as quais são descritas abaixo (PEREIRA e SALVADORI, 2006).

Sitophilus zeamais

O gorgulho do milho – *Sitophilus zeamais* (Figura 1-a) pertence à ordem *Coleoptera* e a família Curculionidae. Essa é uma das pragas mais destrutivas de cereais armazenados, principalmente do milho (*Zeamays*, L.), por atacar grãos intactos resultando na perda da qualidade final do produto e subprodutos (LORINI, 2003). Segundo OJO e OMOLOYE, (2012), o gorgulho do milho é uma praga cosmopolita, ou seja, ocorre em todo mundo, podendo atacar os grãos tanto no campo quanto no armazenamento.

Este inseto possui muitos hospedeiros, como trigo, milho, arroz, cevada, triticale e aveia. Os adultos são gorgulhos de 2,0 a 3,5 mm de comprimento, de coloração castanho-escura, com manchas mais claras nos élitros (asas anteriores) bem visíveis logo após a emergência. Têm a cabeça projetada à frente, na forma de tromba curvada. Nos machos, a

projeção é mais curta e grossa, e nas fêmeas, mais longa e afilada (LORINI e SCHNEIDER, 1994). As larvas são de coloração amarelo-claro, com a cabeça de cor marrom-escura e as pupas brancas (MOUND, 1989).

Esses insetos apresentam elevado potencial de reprodução, a fêmea adulta tem o período de oviposição de 104 dias e vive até 140 dias. O número médio de ovos por fêmea é de 282. O ovo é colocado dentro da semente, e as larvas, após se desenvolverem, empupam e se transformam em adultos. O ciclo completo do inseto é de 34 dias. (LORINI et al., 2009).

Rhyzopertha dominica

O menor broqueador dos grãos, *Rhyzopertha dominica* (Figura 1-b) é uma praga primária de grãos armazenados em muitas regiões do mundo. Essa praga tem como fontes de alimento potenciais, grãos na família Poaceae (por exemplo, arroz, trigo, sorgo, aveia, milho, cevada e malte) e Leguminosae (por exemplo, grão de bico, amendoim, feijão) (LORINI, 2008; EDDE, 2012).

Rhyzopertha dominica é um inseto cosmopolita e pertencente à família Bostrichidae. Os adultos chegam a medir de 2,3 a 2,8 mm de comprimento. Estes são caracterizados por ter a cabeça coberta pelo pronoto em vista dorsal, e por possuírem coloração marrom-avermelhado e marrom-escuro. A temperatura mínima e máxima para seu desenvolvimento é de 18,2 °C e 39,0 °C respectivamente, para besouros criados em grãos de trigo com 14% de umidade e 70% de umidade relativa, sendo a temperatura ótima para o desenvolvimento do inseto de 32 °C. A fêmea deposita os ovos, de coloração esbranquiçada e opaca, em aglomerados no grão ou isoladamente na farinha produzida pelo inseto ao se alimentar destes. Existem registros de outras substâncias utilizadas pelo inseto como fonte de alimento (couro, embalagens de madeira, cortiça), mas a *Rhyzopertha dominica* atinge seu máximo sucesso reprodutivo em grãos secos, especialmente em trigo (EDDE, 2012).

Tribolium castaneum

O gorgulho *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) se destaca em virtude de infestar farinhas, tais como, farinha de trigo, ração, farelo e farinha de milho e grãos de cereais que possuem o tegumento danificado, além de ser uma das primeiras espécies a aparecer em produtos recentemente colhidos e armazenados (PEREIRA, 2008a; OLIVEIRA et al., 2006). É uma praga cosmopolita devido ao comércio internacional de produtos agrícolas e por ser um inseto altamente tolerante às mudanças climáticas. O *T. castaneum* ainda, ao atacar os grãos libera resíduos que alteram o sabor e o cheiro da comida (OLIVEIRA et al., 2006).

Os adultos medem de 2,3 a 4,4 mm de comprimento e possuem coloração castanho-avermelhada. Seu corpo é achatado e possui duas depressões transversais na cabeça e podem viver de 9 a 14 meses (Figura 1 –c). As fêmeas ovipositam em fendas de paredes, na sacaria e sobre os grãos e podem colocar de 400 a 500 ovos. As larvas são de coloração branco-amareladas, de formato cilíndrico, medindo até 7 mm de comprimento. O ciclo de ovo a adulto pode ser inferior a 20 dias, em condições favoráveis (LORINI, 2009).

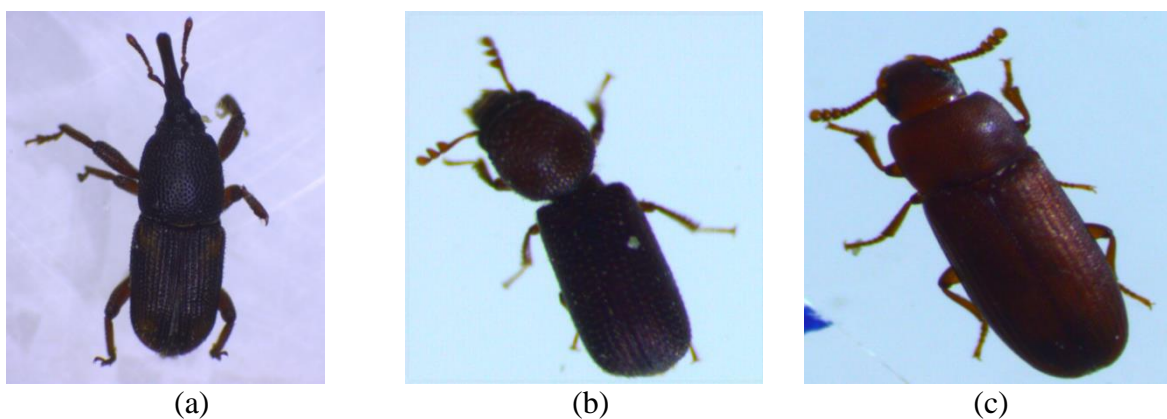


Figura 1 – Principais pragas dos produtos armazenados: (a) *Sitophilus zeamais* (Foto: Silva, G. N., 2013) (b) *Rhyzopertha dominica* (Foto: Milagres, R. L., 2014) (c) *Tribolium castaneum* (Foto: Milagres, R. L., 2014).

Potencial do ozônio para controle de pragas

O gás ozônio (O_3) é considerado um poderoso agente oxidante, pois mediante estresse oxidativo, esse gás atua deteriorando as membranas celulares ou provocando a morte celular em diversos organismos vivos (HOLLINGSWORTH e ARMSTRONG, 2005). Desta forma, estes atributos fazem do ozônio um agente potencial para o controle de insetos-praga em grãos armazenados (Tabela 1). É instável e se decompõe rapidamente em oxigênio sem deixar resíduos (HANSEN et al., 2013). Pode ser gerado eletricamente no local e no momento da utilização, eliminando a necessidade de armazenar e descartar pacotes de inseticidas (KELLS et al., 2001).

No início dos anos 80, Erdman (1980) publicou a primeira pesquisa sobre insetos-praga de produtos armazenados, em que ele observou que o tempo de exposição do ozônio necessário para obter a mortalidade total de larvas, pupas e adultos de *Tribolium castaneum* foram 6,5; 6 e 6,5 h respectivamente, usando a concentração de 450 ppmv. Kells et al. (2001) avaliaram a nível de campo, a mortalidade de adultos de *S. zeamais* e *T. castaneum* expostos a uma concentração de 50 ppmv de ozônio, em um silo metálico contendo 8,9 toneladas de grãos de milho, e observaram uma mortalidade de 100 e 92,2% respectivamente dos insetos nos grãos tratados com ozônio.

Além da concentração do gás ozônio e do período de exposição, a temperatura também é um fator de extrema importância na eficácia dos fumigantes, uma vez que, em temperaturas mais altas, os insetos ficam mais suscetíveis a toxicidade do produto (FARONI et al., 2002 citado por Pereira et al., 2008a), devido ao aumento de sua taxa respiratória e atividade metabólica (THRONE et al., 2000), podendo resultar em um desequilíbrio das trocas gasosas causando 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). Isso ocorre porque o ozônio começa a ser degradado a uma temperatura de 35 °C, além de esta ser a temperatura ótima para o desenvolvimento do *T. castaneum* (REES, 1996 citado por PEREIRA et al., 2008a).

Conhecendo a temperatura ideal de sua aplicação, é possível conseguir um controle eficiente dos insetos, mesmo reduzindo o período de exposição, o que maximiza a

viabilidade econômica da fumigação com ozônio (PEREIRA et al., 2008b). Esses autores fizeram uma análise da viabilidade econômica do uso do ozônio como fumigante para grãos de milho armazenados, e concluíram que, a maior rentabilidade foi obtida quando os grãos foram armazenados durante 90, 135 e 180 dias após a ozonização, feita a uma temperatura da massa de grãos a 20 °C.

Neste sentido, o ozônio tem se mostrado potencial para controlar insetos-praga de grãos armazenados, uma vez que, apresenta efeito tóxico sobre os insetos-praga de produtos armazenados, sendo ainda uma alternativa economicamente viável dependendo da escala de produção e período de exposição. Contudo, o ozônio apresenta algumas limitações, como a necessidade de mão de obra qualificada, adequação das unidades armazenadoras, custo inicial elevado, como também é potencialmente tóxico ao operador, podendo causar secura na boca e garganta, dores no peito, perda da habilidade mental dentre outros.

Tabela 1. Efeito do ozônio sobre a taxa de mortalidade de insetos

Inseto	Fase de vida	Concentração de Ozônio (ppmv)	Período de exposição (h)	Mortalidade (%)	Referência
<i>Tribolium castaneum</i>	Ovo	1800	3	100	McDonough et al., 2011
	Pupa				
<i>Sitophilus zeamais</i>	Adulto	1800	3	100	
<i>Rhizoperta dominica</i>	Adulto	70	96	97,3	
<i>Tribolium castaneum</i>	Adulto	70	72	96	Bonjour et al., 2011
			96	100	
<i>Sitophilus zeamais</i>	Adulto	50	24	100	Sousa et al., 2008
			48	100	
<i>Tribolium castaneum</i>	Adulto	50	151,85	95	Pereira et al., 2008a
			115,62	95	
			138,22	95	
			105,12	95	

Tabela 1 - Continuação

Inseto	Fase de vida	Concentração de Ozônio (mg kg ⁻¹)	Período de exposição (h)	Mortalidade (%)	Referência
<i>Sitophilus zeamais</i>	Adulto (Plenum (A))	50	24	95	
			36	100	
	Adulto (Camada Mediana (B))	50	96	90	
			120	95	
	Adulto (Superfície (C))	50	144	98	
			192	90	
		256	95		
		360	100		
<i>Tribolium castaneum</i>	Adulto (Plenum (A))	50	60	90	Rozado et al., 2008
			72	95	
			76	100	
	Adulto (Camada Mediana (B))	50	132	90	
			140	95	
			168	100	
	Adulto (Superfície (C))	50	360	90	
			432	95	
			480	100	

Tabela 1 - Continuação

Inseto	Fase de vida	Concentração de Ozônio (ppmv)	Período de exposição (h)	Mortalidade (%)	Referência
<i>Tribolium castaneum</i>	Adulto	1800	2	100	McDonough et al., 2010
<i>Sitophilus zeamais</i>	Adulto	1800	2	100	
<i>Sitophilus zeamais</i>	Adulto	25	120	99,9	Kells et al., 2001
		50	72	100	
<i>Tribolium castaneum</i>	Adulto	25	120	91,4	
		50	72	92,2	
<i>Rhyzoperta dominica</i>	Adulto	35	144	100	Hansen et al., 2012
	Ovos	31	144	100	
	Larva de idade média	134	192	100	
	Pupa	134	192	100	
<i>Sitophilus zeamais</i>	Adulto	78	120	100	
	Ovos	78	120	100	
	Larva jovem	78	120	100	
	Larva de idade média	78	120	100	
	Pupa	97	120	100	
<i>Tribolium castaneum</i>	Adulto	35	144	100	
	Ovos	34	144	100	
	Pupa		120	100	
			144	100	

Efeitos sobre os grãos e subprodutos

Na década de 90, houve crescente interesse na aplicação de ozônio no processamento de alimentos (GRAHAM, 1997), principalmente por ter sido reconhecido como um produto seguro para o tratamento de água engarrafada e alimentos pela FDA (Food and Drug Administration) nos Estados Unidos. Entre as formas de uso do ozônio no tratamento de grãos, as mais utilizadas são a imersão em água saturada pelo gás e a fumigação.

Apesar de muitos estudos comprovarem a eficiência do ozônio na sanitização de grãos, existem algumas limitações para o seu uso. Em altas concentrações, por exemplo, o gás pode ser extremamente tóxico e capaz de causar danos oxidativos, odor desagradável e alteração na coloração do alimento, assim como, quando utilizado em água com presença de íon brometo, podem formar compostos bromados, podendo ocasionar riscos carcinogênicos (VIDAL et al., 2003). Além disso, podem ocorrer alterações na qualidade do grão após tratamentos durante períodos muito longos (Tabela 2).

Prudente e King (2002) estudaram o efeito do processo de ozonização a uma concentração de 50gm^{-3} na composição de ácidos graxos do milho, e verificaram que não houve alterações significativas nos grãos. No mesmo sentido, Pereira et al. (2007), avaliaram o efeito imediato e latente do ozônio (50 ppmv) sobre a qualidade de grãos de milho. Os grãos de milho foram ozonizados durante 168 h consecutivas, e armazenados posteriormente em condições de laboratório durante 180 dias. A cada 45 dias os autores avaliavam o teor de água, a condutividade elétrica e a massa específica aparente dos grãos, e concluíram que nenhum dos parâmetros estudados foi afetado após a ozonização e durante o armazenamento. Entretanto, Wang et al. (2008) observaram a alteração da qualidade final do milho, como perda do teor de proteína em amostras de milho ozonizadas à concentração de 10-12% quando comparadas com o milho não tratado.

Ibanoglu et al. (2002) investigaram o efeito na lavagem do trigo com água ozonizada ($1,5\text{ mg L}^{-1}$) por 30 min, e concluíram que as propriedades reológicas, incluindo a extensibilidade e resistência máxima a extensão da farinha de trigo não foram alteradas. Já Desvignes et al. (2008), observaram uma diminuição significativa (10-20%) na energia necessária para a quebra dos grãos, mas o teor de proteínas não foi alterado.

Respostas semelhantes foram encontradas para outros grãos, em que o tratamento com o ozônio não alterou a qualidade do produto final. Mendez et al. (2003) analisaram o efeito da fumigação do gás ozônio sobre o arroz, e observaram uma descoloração da casca, assim como um odor de vinagre quando os grãos foram ozonizados a uma concentração de 50 ppmv em um período de 30 dias, comparado com os tratamentos do controle. No entanto, quando submetido ao processo de moagem, o odor e a cor acastanhada foram removidos. Os autores também relataram que, o tratamento de ozônio não alterou significativamente as propriedades de panificação de trigo duro, incluindo a absorção de água, e perda de massa.

Nesse sentido, vale frisar que o ozônio é uma alternativa ecologicamente eficaz e com grande potencial de uso no processamento ou estocagem de grãos, uma vez que, aumenta a vida de prateleira dos produtos, não altera, na maioria das vezes as qualidades físicas, químicas e reológicas dos grãos, sendo ainda uma alternativa economicamente viável quando ozonizado às temperaturas de massas de 20, 30 e 35 °C nos períodos de 90, 180 e 135 dias respectivamente (PEREIRA et al., 2008b).

Tabela 2. Efeito do ozônio sobre a qualidade e parâmetros nutricionais

Produto	Concentração (ppmv)	Forma de aplicação	Qualidade e parâmetros nutricionais	Referências
Milho	50	Fumigação	Não houve alteração na qualidade fisiológica dos grãos de milho, exceto quando esses foram expostos a um período acima de 11 dias consecutivos.	Rozado et al., 2008
Arroz	50	Fumigação	O arroz tratado com ozônio aumentou o pico de força de adesividade depois que cozido, a casca ficou com uma coloração marrom escuro intensa e foi percebido um odor de vinagre.	Mendez et al., 2003
Milho (pipoca)	50	Fumigação	O tratamento com o ozônio atuou indiretamente na diminuição do volume de expansão do milho (pipoca), mas não influenciou na composição de ácidos graxos, aminoácidos e na moagem.	Mendez et al., 2003
Trigo Soja Milho	50	Fumigação	Não houve alteração no teor de ácidos saturados e insaturados.	Mendez et al., 2003

Tabela 2- Continuação

Produto	Concentração	Forma de aplicação	Qualidade e parâmetros nutricionais	Referências
Trigo	50 ppmv	Fumigação	Trigo tratado com ozônio não mostrou diferenças nas proteínas, rendimento e cor da farinha quando comparado ao controle. Além disso, não alterou significativamente as propriedades de panificação de trigo duro, como a absorção de água, o tempo para assar e o peso da massa.	Mendez et al., 2003
Milho	50 g m ⁻³	Água ozonizada	Não houve alterações significativas para o teor de ácido graxo assim como, não houve oxidação lipídica dos grãos.	Prudente e King, 2002
Milho	10-12%	Fumigação	O teor de proteína de milho tratado com ozônio foi menor do que a do milho não tratado, indicando que a proteína pode ter sido destruída pelo processo de ozonização, o que influencia no valor nutritivo do grão de milho.	Wang et al., 2008
Trigo	20 g m ⁻³	Água ozonizada	A ozonização não afetou as propriedades reológicas da farinha de trigo, incluindo extensibilidade e máxima resistência à extensão.	Ibanoglu et al., 2002
Trigo	89 g m ⁻³	Água ozonizada	Foi observado uma diminuição significativa (10-20%) na energia necessária para a quebra dos grãos. Já, o teor de proteínas não foi alterado.	Desvignes et al., 2008

CONCLUSÕES

O ozônio é uma alternativa ecologicamente eficaz para o controle de insetos-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 e reológicas dos grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, K.; SCHURLE, B.; REED, C.; PEDERSEN, J. An economic analysis of producers decision regarding insect control in stored grain. **North Central Journal of Agricultural Economics**, v.12, n.1, p.23-29, 1990.

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P.C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.615–620, 2011.

BIRCK, N.M.M. **Contaminação fúngica, micotoxinas e sua relação com a infestação de insetos em trigo (*Triticum aestivum*) pós-colheita**. 2005. 148f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina. 2005.

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, n.1, p.308-316. 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2013/14**. v.1, n. 9, jun. 2014. 85p.

DESVIGNES, C., CHAURAND, M., DUBOIS, M., SADOUDI, A., ABECASSIS, J., LULLIEN-PELLERIN, V. Changes in common wheat grain milling behavior and tissue mechanical properties following ozone treatment. **Journal of Cereal Science**, v.47,n.2, 245–251, 2008.

EDDE, P. A. A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. **Journal of Stored Products Research**, v. 48, p.1-8, 2012.

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

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.

GRAHAM, D. M. Use of ozone for food processing. **Food Technology**, Chicago, v. 51, n. 6, p. 72-75, 1997.

HANSEN, L.S.; HANSEN, P.; JENSEN, K.M.V. Lethal doses of ozone for control of all stages of internal and external feeders in stored products. **Pest Management Science**, v.68, p.1311-1316, 2012.

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.

IBANOGLU, S. Wheat washing with ozonated water: effects on selected flour properties. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.579-584, 2002.

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.

KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; CHISM, Q.W. Use of ozone to inactivate microorganisms in lettuce. **Journal of Food Safety**, v.19, n.1, p.17-34, 1999.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA–CNPT, 1994. 47 p.

LORINI, I. **Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 80p.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72p.

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

MCDONOUGH, M.X.; MASON, L.J.; WOLOSHUK, C.; CAMPABADAL, C. Ozone technology in the post-harvest storage environment—a comparison of efficacy of high doses of ozone to insects treated under laboratory conditions and field conditions. In: 10th international working conference on stored-product protection. Berlim. **Anais...Julius-Ku`hn-Archiv**, 425, p. 386–388, 2010.

MCDONOUGH, M.X.; MASON, L.J.; WOLOSHUK, C. Susceptibility of stored product insects to high concentrations of ozone at different exposure intervals. **Journal of Stored Products Research**.v.47, n.4, p.306-310, 2011.

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 processing performance. **Journal of Stored Products Research**, v.39, p.33–44, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Programa integra cooperativas para evitar pragas na armazenagem**. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2009/04/programa-integra-cooperativas-para-evitar-pragas-na-armazenagem>>. Acesso em: 10 de jun. 2014.

MOUND, L. **Common insect pests of stored food products**. London: British Museum (Natural History), 1989. 68p.

OJO, J.A.; OMOLOYE, A.A. Rearing the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, on an artificial maize–cassava diet. **Journal of Insect Science**, v.12, n.69, p.1-9, 2012.

OLIVEIRA, C.R.F.; FARONI, L. R. D’A.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A.; GONÇALVES, J.R. **Parasitism of the mite *Acarophenax lacunatus* on *Tribolium castaneum*. Pesquisa agropecuária brasileira**, v.41, n.6, p.1059-1061, 2006.

PEREIRA, P.R.V.S.; SALVADORI, J.R. **Identificação dos principais Coleóptera (Insecta) associados a produtos armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 28p. (Documentos, 75).

PEREIRA, A.M. **Processo de ozonização: eficácia biológica, qualidade dos grãos e análise econômica. 2006. 77f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.

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.D., SILVA JR., A.G.S., SOUSA, A.H., PAES, J.L. Economical viability of ozone use as fumigant of stored corn grains. **Engenharia na Agricultura**, v.16, n.2, p.144–154, 2008b.

PRUDENTE JR., A.D.; KING, J.M. Efficacy and safety evaluation of ozonation to degrade aflatoxin in corn. **Journal of Food Science**, v.67, n.8, p.2866–2872, 2002.

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.

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, n.3, p.282–285, 2008.

SANTOS, J.P. **Controle de pragas durante o armazenamento de milho**. Circular Técnica 84. EMBRAPA, Sete Lagoas, 2006, 20p.

SILVA, S.D.A.; BEVILAQUA, G.A.P; AIRES, R.F.; MACHADO, E.B. **Guia para produção de sementes de milho variedade na propriedade de base familiar**. Pelotas: EMBRAPA-CNPCT. 2005. 30p. (Documentos, 146).

SOUSA, A.H.; FARONI, L.R.D'A.; GUEDES, R.N.C.; TÓTOLA, M.R.; URRUCHI, W.I. Ozone as a management alternative against phosphine-resistant insect pests of stored products. **Journal of Stored Products Research**, v.44, p. 379– 385, 2008.

SOUSA , A.H.; FARONI , L.R.A.; SILVA, G. N.; GUEDES,R.N.C. Ozone Toxicity and Walking Response of Populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v.105, n.6, p.2187-2195. 2012.

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.

TIWARI, B.K.; BRENNAN, C.S.; CURRAN, T.; GALLAGHER, E.; CULLEN, P.J.; O' DONNELL, C.P. Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**, v.51, n.3, p.248–255, 2010.

VIDAL F. J. R. Influencia Del tratamiento con ozono em los procesos de potabilización del água. In: I Jornadas de Ciencias Ambientales. **Anais...**Madrid, 3 a 14 de Noviembre de 2003.

WANG, Y.; KING,J.M.; XU, Z.; LOSSO, J.; PRUDENTE, A. Lutein from Ozone-Treated Corn Retains Antimutagenic Properties. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 56, 7942–7949, 2008.

WHITE, N.D.G.; LEESCH, J.G. Chemical control. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D.W. (eds.). **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekker, 1996. p.287-330.