

Eficiência do gás ozônio na desinfecção fúngica de grãos de milho armazenados

Marco Aurélio Guerra Pimentel⁽¹⁾; Daniel Francis Ribeiro⁽²⁾; Lêda Rita D’Antonino Faroni⁽³⁾; Gabrielle C. Pereira Ramos⁽⁴⁾; Caio H. C. Vasconcelos⁽⁵⁾; Randel L. Santos Nascimento⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; marco.pimentel@embrapa.br; ⁽²⁾ Engenheiro Agrônomo; Universidade Federal de Viçosa; ⁽³⁾ Professora; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁴⁾ Estudante Ciências Biológicas; Centro Universitário Monsenhor Messias (UNIFEMM); ⁽⁵⁾ Estudante; Universidade Federal de São João Del Rey (Campus Sete Lagoas); ⁽⁶⁾ Estudante; Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas.

RESUMO: O milho é um dos cereais mais predispostos à contaminação por fungos produtores de micotoxinas, sendo cerca de 45% do milho produzido no Brasil é contaminado com micotoxinas, o que representa algo em torno de 25 milhões de toneladas por ano, excetuando ainda as perdas qualitativas e barreiras comerciais. O objetivo do trabalho é avaliar a eficiência do gás ozônio na desinfecção de grãos de milho e controle de fungos toxigênicos. Os grãos utilizados foram oriundos de safra de verão 2015/2016, sendo as cultivares de milho 30F53H (Marca Pioneer) e AS 1581 Pro (Marca Agroeste), ambos geneticamente modificados. A ozonização dos grãos foi realizada nos grãos das duas cultivares durante 12, 24, 36, 48 e 60 horas, fatores considerados como períodos de exposição. Em ambas cultivares observou-se redução significativa na contaminação fúngica com o incremento do período de exposição ao gás ozônio, sendo que o cultivar AS 1581 Pro apresentou menores índices de contaminação em comparação ao cultivar 30F53H. O gás ozônio foi eficiente na desinfecção de grãos de milho armazenados e no controle de fungos toxigênicos.

Termos de indexação: grãos armazenados, fumigação, fungos.

INTRODUÇÃO

A atividade fúngica, principalmente durante o armazenamento, pode levar a rápida deterioração na qualidade nutricional dos grãos e a contaminação com micotoxinas (ANDRADE et al., 2003). Micotoxinas são metabolitos secundários tóxicos produzidos principalmente por fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, sendo alguns desses compostos potenciais agentes carcinogênicos a humanos e animais (HUSSEIN & BRASEL, 2001).

O milho é um dos cereais mais predispostos à

contaminação por fungos produtores de micotoxinas, e, segundo Scussel (2002), cerca de 45% do milho produzido no Brasil é contaminado com micotoxinas, o que representa algo em torno de 25 milhões de toneladas por ano.

No tocante aos problemas decorrentes do ataque de fungos, embora os riscos oferecidos pelo consumo de milho contaminado por fungos sejam conhecidos, este fato é negligenciado pelos diferentes elos da cadeia de produção e pelos órgãos responsáveis pela fiscalização e registro de produtos para o uso no tratamento de produtos agrícolas. No Brasil, não há fungicidas registrados pelo MAPA para o tratamento pós-colheita de grãos de milho, existem produtos recomendados apenas para tratamento de sementes (BRASIL, 2013).

Deste modo, quando é necessário fazer o controle de fungos na pós-colheita os processadores e armazenistas acabam por utilizar princípios ativos não autorizados para este fim, ou mesmo ignoram a presença dos patógenos quando estes não oferecem riscos de grandes perdas econômicas.

Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade da adoção de estratégias para o tratamento pós-colheita dos grãos de milho com a finalidade de resolver os problemas associados à qualidade final deste produto. Um desses problemas é a infecção microbiológica por fungos e micotoxinas. Dentro deste contexto, uma estratégia moderna e eficiente que vem sendo sugerida é o uso do gás ozônio (O₃). O ozônio é um gás resultante do rearranjo de átomos de oxigênio e pode ser gerado por descargas elétricas ou pela incidência de radiação eletromagnética de alta energia (luz ultravioleta) no ar (KHADRE et al., 2001). É uma molécula instável que decai rapidamente a oxigênio biatômico, liberando um átomo de oxigênio altamente reativo. Por essa característica, esse gás possui o segundo maior potencial de oxidação dentre os elementos

químicos, sendo superado apenas pelo Flúor (F₂) (HILL & RICE, 1982).

No setor de armazenamento, a tecnologia de aplicação do ozônio tem sido destaque nos últimos anos, sendo apontada nos principais periódicos e congressos nacionais e internacionais da área como uma das principais alternativas para a proteção de grãos armazenados, por ser uma tecnologia economicamente eficaz e ambientalmente amigável (ALENCAR et al., 2011; ALENCAR et al., 2013; HELENO et al., 2014).

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do gás ozônio na desinfecção de grãos de milho e controle de fungos toxigênicos. Espera-se com os resultados obtidos contribuir, de maneira significativa, para o estabelecimento de uma estratégia para aplicação durante o armazenamento, que resultem na preservação da qualidade fitossanitária de grãos de milho armazenados visando a segurança alimentar da população.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação do efeito fungicida do ozônio em grãos de milho armazenados foram realizados os bioensaios com ozonização de grãos, obtidos de cultivos de área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Os grãos foram oriundos de safra de verão 2015/2016, sendo as cultivares de milho 30F53H (Marca Pioneer) e AS 1581 Pro (Marca Agroeste), ambos geneticamente modificados. Os grãos de milho (aproximadamente 13% teor de água) das duas cultivares, colhidos na área experimental foram submetidos ao processo de ozonização para avaliação do efeito fungicida do ozônio, enquanto grãos não ozonizados compuseram o tratamento controle (sem aplicação de ozônio).

A ozonização dos grãos foi realizada nos grãos das duas cultivares durante 12, 24, 36, 48 e 60 horas, fatores considerados como períodos de exposição. Imediatamente após o término da ozonização dos grãos os mesmos foram homogeneizados e amostras, em três repetições, reservadas para quantificação dos fungos dos gêneros *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Fusarium verticillioides*.

O plaqueamento dos grãos foi realizado utilizando-se 400 grãos em quatro repetições de 100 unidades. Para tal foi empregado o método do papel de filtro com congelamento (PINTO, 2007). A identificação dos fungos associados aos grãos foi realizada de 10 a 15 dias após a incubação, através do exame dos referidos grãos sob microscópio estereoscópico e microscópio ótico. Os resultados foram expressos em percentagem de grãos infectados.

Delineamento e análise estatística

O experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas dois tratamentos (ar atmosférico e gás ozônio) e nas subparcelas os tempos de exposição ao ozônio (12, 24, 36, 48 e 60 h). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Para cada período de exposição os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey ($P > 0,05$). Os períodos de exposição foram submetidos a análise de regressão e os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação (R^2), na análise do resíduo e no fenômeno biológico. Independente da interação ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse. O software R foi utilizado para realização das análises estatísticas e o software SigmaPlot, versão 13.0, para a representação gráfica dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de gás ozônio em grãos de milho durante o armazenamento apresentou eficiência na desinfecção fúngica. Observou-se redução significativa nos índices de infecção fúngica em grãos de milho com a aplicação do gás ozônio (Figuras 1 e 2). Nas Tabelas 1 e 2 observa-se os modelos ajustados para as curvas das Figuras 1 e 2. Em ambas cultivares observou-se redução significativa na contaminação fúngica com o incremento do período de exposição ao gás ozônio, sendo que o cultivar AS 1581 Pro apresentou menores índices de contaminação em comparação ao cultivar 30F53H (Figuras 1 e 2).

Tabela 1. Tabela 1. Modelos ajustados para as curvas de índice de ocorrência de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Fusarium verticillioides* em grãos de milho armazenados da cultivar AS 1581 Pro submetidos a ozonização e não submetidos a ozonização.

Índice de ocorrência (%)	Tratamento	Equação regressão ¹	R ²
<i>Aspergillus</i> spp.	S/Ozônio	$\hat{y} = 6,5166$	-
	C/Ozônio	$\hat{y} = 3,6998 + 0,0542 X - 0,0017 X^2$	0,98
<i>Penicillium</i> spp.	S/Ozônio	$\hat{y} = 73,783$	-
	C/Ozônio	$\hat{y} = 24,4667 - 0,48423 X + 0,001199 X^2$	0,98
<i>Fusarium verticillioides</i>	S/Ozônio	$\hat{y} = 46,3667$	-
	C/Ozônio	$\hat{y} = 18,2667 - 0,29722 X$	0,99

Tabela 2. Modelos ajustados para as curvas de índice de ocorrência de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Fusarium verticillioides* em grãos de milho armazenados da cultivar 30F53H submetidos a ozonização e não submetidos a ozonização.

Índice de ocorrência (%)	Tratamento	Equação regressão ¹	R ²
<i>Aspergillus</i> spp.	S/Ozônio	$\hat{y} = 7,5300$	-
	C/Ozônio	$\hat{y} = 20,25 - 0,8614 X + 0,0088 X^2$	0,911
<i>Penicillium</i> spp.	S/Ozônio	$\hat{y} = 60,9500$	-
	C/Ozônio	$\hat{y} = 2,2560 + 0,3608 X - 0,0065 X^2$	0,9185
<i>Fusarium verticillioides</i>	S/Ozônio	$\hat{y} = 14,0140 + 2,2572 X - 0,0262 X^2$	0,9033
	C/Ozônio	$\hat{y} = 46,4980 - 1,7553 X + 0,0169 X^2$	0,9653

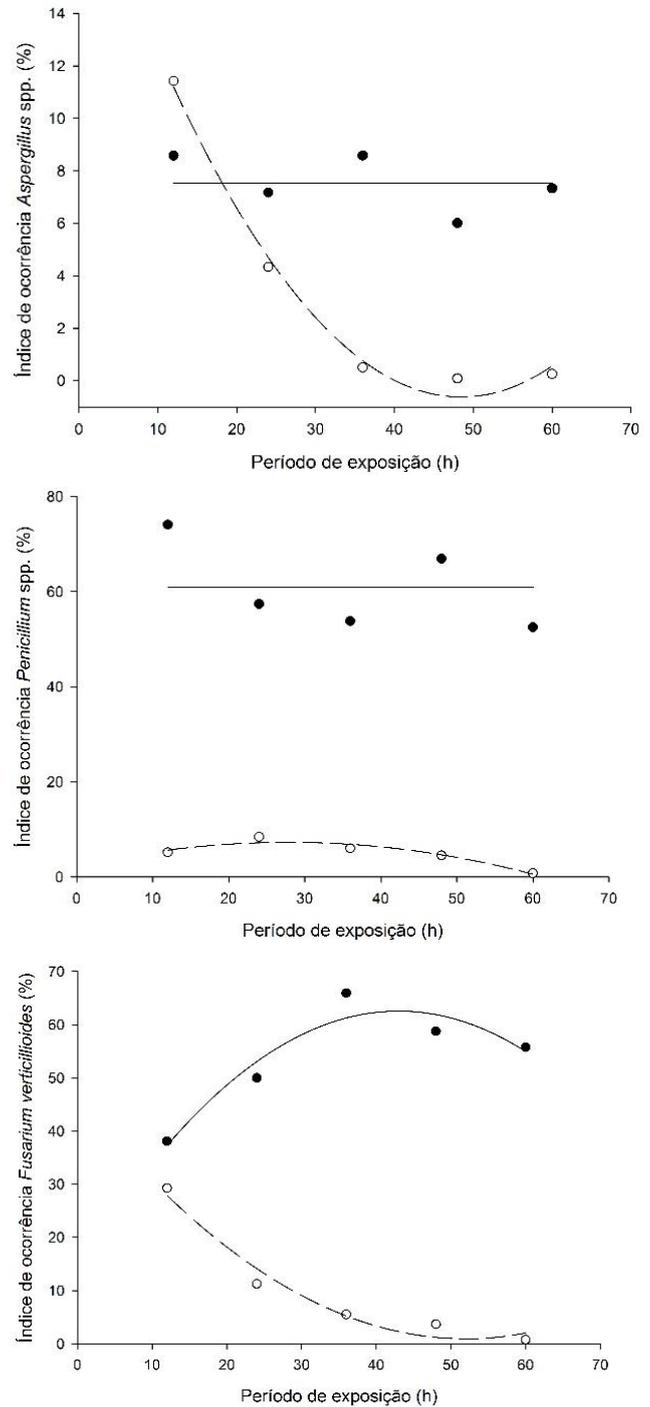


Figura 1. Índice de ocorrência de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Fusarium verticillioides* em grãos de milho armazenados da cultivar 30F53H submetidos a ozonização (linha pontilhada) e não submetidos a ozonização (linha contínua).

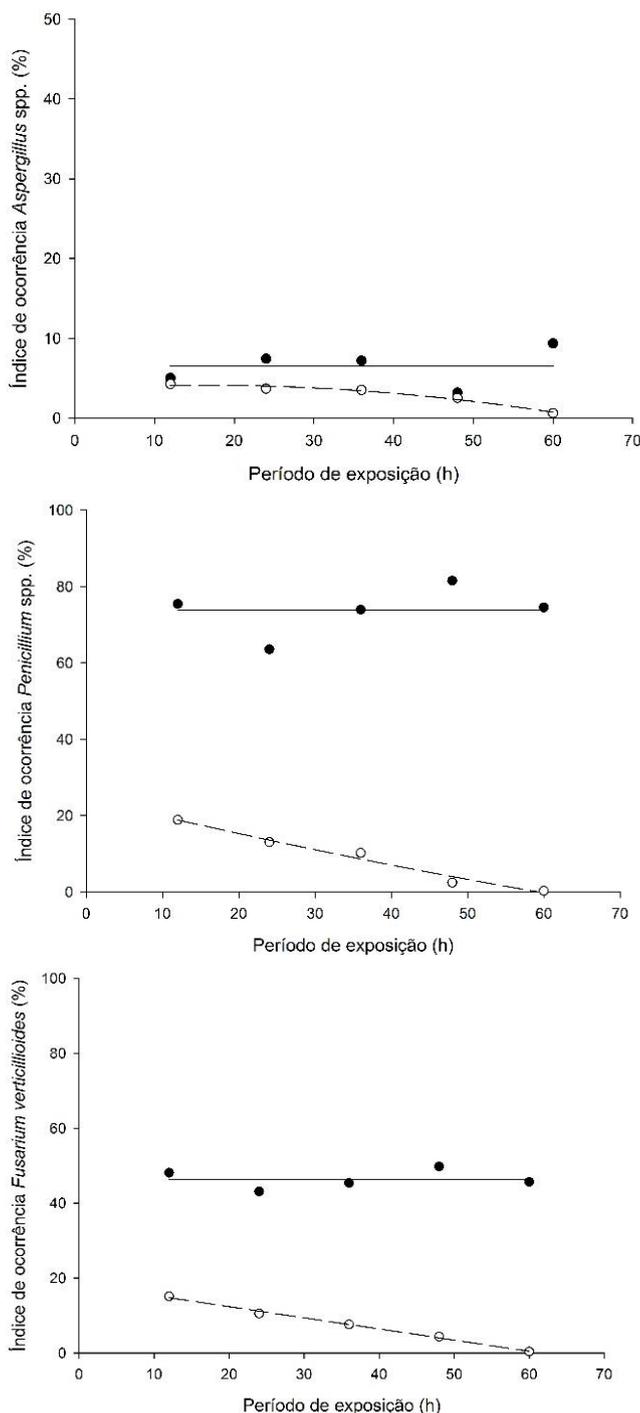


Figura 2. Índice de ocorrência de *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* e *Fusarium verticillioides* em grãos de milho armazenados da cultivar AS 1581 Pro submetidos a ozonização (linha pontilhada) e não submetidos a ozonização (linha contínua).

CONCLUSÕES

O gás ozônio foi eficiente na desinfecção de grãos de milho armazenados e no controle de fungos toxigênicos. A aplicação de ozônio em grãos de

milho mostra-se tecnologia eficiente na desinfecção fúngica durante o armazenamento de milho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e EMBRAPA.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E.T.; COUTO, S.M.; QUEIROZ, D.M.; FARONI, L.R.A.; PEIXOTO, B.A. Qualidade de sementes de milho armazenadas em silo metálico cilíndrico. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v.28, n.2, p.23-30, 2003.

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.A.; PINTO, M.S.; COSTA, A.R.; SILVA, T.A. Postharvest quality of ozonized 'nanicão' cv. Bananas. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 44, p. 107-114, 2013.

ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.A.; SOARES, N.F.F.; CARVALHO, M.C.S.; PEREIRA, K.F. Effect of the ozonation process on the quality of peanuts and crude oil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, p. 154-160, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 274, de 15 de outubro de 2002. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 06 de novembro de 2013.

HELENO, F.F.; QUEIROZ, M.E.L.R.; NEVES, A.A.; FREITAS, R.S.; FARONI, L.R.A.; OLIVEIRA, A.F. Effects of ozone fumigation treatment on the removal of residual difenoconazole from strawberries and on their quality. *Journal of Environmental Science and Health. Part B. Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, v. 49, p. 94-101, 2014.

HILL, A.G.; RICE, R.G. *Handbook of Ozone Technology and Applications*. Michigan: Ann Arbor Science, 1982. p.1.

HUSSEIN, H.S.; BRASEL, J. M. Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, v.167, p. 101-134, 2001.

KHADRE, M.A.; YOUSEF, A.E.; KIM, J.G. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *Journal of Food Science*, v.66, n.9, p.1242-1252, 2001.

PINTO, N.F.J.A. Reação de cultivares com relação à produção de grãos ardidos em milho. *Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo*, 2007. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo: Comunicado Técnico n. 144).

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (Ed.). *Armazenagem de grãos*. Campinas: Instituto Biogenez, 2002. p. 675-691.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
