

SATURAÇÃO E CINÉTICA DE DECOMPOSIÇÃO DO OZÔNIO EM MEIO POROSO CONTENDO FEIJÃO

LUCAS P. LIMA¹, ERNANDES R. ALENCAR², CASSIUS I. S. DA SILVA¹, ERICA S. DA SILVA¹, MARCIO A. MENDONÇA³

¹ Estudante de Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV/UnB), Fone: (0XX61) 31077560, lucas.prado.lima1@gmail.com, cassiusishmael@yahoo.com, ericastander@hotmail.com

² Eng. Agrícola, Prof. Dr., Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV/UnB), Fone: (0XX61) 31077560, ernandesalencar@unb.br

³ Tecnólogo de Laticínios, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV/UnB), Fone: (0XX61) 31077560, marcioamen@gmail.com

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o processo de saturação e cinética de decomposição do ozônio em meio poroso contendo diferentes tipos de feijão. Foram utilizados quatro tipos de feijão (bola, roxo, fradinho e sempre verde). Utilizaram-se amostras de 1 kg de grãos, com teor de água de 13,0% (b.u.), acondicionadas em recipientes de vidro com capacidade de 3 L. Os grãos foram ozonizados na concentração de aproximadamente 630 ppm, a 25 °C e vazão de 5,0 L min⁻¹. Determinou-se o tempo de saturação, quantificando-se a concentração residual do ozônio após a passagem do gás pela massa de grãos, até que a mesma se mantivesse constante. A cinética de decomposição do ozônio foi avaliada depois da saturação da massa de grãos. O tempo de saturação permaneceu na faixa entre 4,4 e 11,4 min, sendo que o maior valor foi obtido para o feijão sempre-verde. A concentração de saturação variou entre 387 e 539 ppm. No que se refere ao processo de decomposição, o menor tempo de meia-vida foi obtido para o feijão sempre verde (7,0 min). Concluiu-se que processo de saturação e a decomposição do ozônio variam em função do tipo de feijão contido no meio poroso.

PALAVRAS-CHAVE: ozonização, saturação, decomposição

SATURATION AND KINETICS OF DECOMPOSITION OF OZONE IN POROUS MEDIUM CONTAINING BEANS

ABSTRACT: This work was carried out to evaluate the saturation process and kinetics of decomposition of ozone in porous media containing different types of beans. Four types of beans ("bola", "roxo", "fradinho" and "sempre-verde") were used. Samples of 1 kg of grains with a moisture content of 13.0% (wb), stored in glass containers with a capacity of 3 L, was used. Grains were ozonated at concentration of about 630 ppm at 25 °C and a flow rate of 5.0 L min⁻¹. Saturation time was determined and residual concentration of ozone was quantified after passing the gas through the grain mass until becoming constant. Decomposition kinetics of the ozone was evaluated after saturation of the grain mass. The saturation time remained in the range between 4.4 and 11.4 min, while the highest value was obtained for the "sempre-verde" beans. The saturation concentration varied between 387 and 539 ppm. Regarding the decomposition process, the shorter half-life was obtained for "sempre-verde" beans (7.0 min). It was concluded that saturation process and decomposition of ozone varies depending on the type of beans contained in the porous medium.

KEYWORDS: ozonation, saturation, decomposition

INTRODUÇÃO: A aplicação do ozônio tem sido proposta como alternativa no controle de insetos-praga de grãos armazenados, tendo em vista o aumento da resistência dos insetos, principalmente no que se refere ao fumigante fosfina e a demanda, por parte dos consumidores, de produtos livres de resíduos de pesticidas (TIWARI et al, 2010). KELLS et al. (2001) fumigaram grãos de milho com ozônio, na concentração de 50 ppm por três dias, obtendo mortalidade de 92-100% para insetos adultos das espécies *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, e larvas de *Plodia interpunctella*. ROZADO et al. (2008) avaliaram o efeito da fumigação de grãos de milho com gás ozônio, na concentração de 50 ppm, sobre adultos das espécies *T. castaneum* e *S. zeamais*. Então, o ozônio pode ser uma alternativa para controle de insetos-praga em grãos, como de feijão, uma vez que as principais espécies de insetos que atacam esses grãos armazenados são *Zabrotes subfasciatus* e *Acanthoscelides obtectus* (PEREIRA et al., 1995). Diante da expressiva aplicabilidade do ozônio como agente protetor de produtos armazenados, faz-se necessário o estudo dos parâmetros relacionados à distribuição do ozônio durante o processo de fumigação dos grãos. Têm-se três variáveis que são extremamente importantes e que precisam ser determinadas para os diferentes tipos de grãos agrícolas: o tempo e a concentração de saturação e a constante da taxa de decomposição (k). Destaca-se que há na literatura alguns relatos referente à cinética de decomposição do gás ozônio em grãos. SANTOS et al. (2007) e ALENCAR et al. (2011) determinaram as variáveis tempo e concentração de saturação e constante da taxa de decomposição para milho e amendoim, respectivamente. Entretanto, faz-se necessária a avaliação os parâmetros relacionados à saturação e à cinética de decomposição do ozônio para outros tipos de grãos, uma vez que são fundamentais na previsão da distribuição do gás ozônio no meio poroso, na avaliação da viabilidade técnica do processo de ozonização e para dimensionar sistemas industriais. Em vista do exposto, objetivou-se com este trabalho o processo de saturação e a cinética de decomposição do ozônio em diferentes tipos de feijão.

MATERIAL E MÉTODOS: No processo de ozonização foram utilizados quatro diferentes tipos de feijão com teor de água em torno de 13,0%. Os tipos de feijão foram bola, roxo, fradinho e sempre verde. A avaliação da cinética de decomposição do gás ozônio na massa de grãos de feijão foi realizada determinando-se o tempo de saturação e a respectiva concentração de saturação, e a constante da taxa de reação de decomposição. Para determinar o tempo de saturação do gás ozônio para os grãos de feijão, foi feita a injeção do gás, na concentração de 630 ppm, em recipientes de vidro, com capacidade de 3,25 L, contendo 1 kg de grãos. A vazão de entrada do gás foi de 5,0 L min⁻¹, na temperatura de 25 °C. A concentração residual do ozônio foi determinada após a passagem do gás pelos grãos, em intervalos de tempos regulares, até que ela se mantivesse constante. A cinética de decomposição foi avaliada depois da saturação do meio poroso com o ozônio, quantificando-se a concentração residual do gás, após intervalos de tempo durante os quais aconteceu a decomposição do ozônio. Esse procedimento foi repetido até que o ozônio residual não pudesse ser quantificado pelo método iodométrico. O modelo cinético de primeira ordem foi ajustado aos dados da concentração de ozônio em função do tempo (WRIGHT, 2004). O ajuste dos modelos de cinética de decomposição, após linearização foi realizado por meio de análise de regressão. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1, são apresentadas as curvas referentes às concentrações de ozônio em função do tempo de exposição, durante o processo de saturação de meio poroso contendo grãos de feijão, quando adotou-se concentração inicial de 630 ppm, vazão de 5,0 L min⁻¹ e temperatura de 25 °C. O tempo de saturação permaneceu na faixa entre 4,4 e 11,4 min, sendo que o maior valor foi obtido para o feijão sempre-verde. A concentração de saturação do ozônio variou entre 387 e 539 ppm, sendo o maior valor observado para o feijão bola, equivalente 85,5% da concentração inicial. Esse percentual em relação a concentração inicial é inferior ao obtido por SANTOS (2007) para milho. Esse autor obteve concentração e tempo de saturação para milho equivalentes a aproximadamente 100 ppm e 70 min, respectivamente, com concentração inicial do gás de 100 ppm e vazão de 4,6 L min⁻¹. Por outro lado, ALENCAR et al. (2011) verificaram, para grãos de amendoim com 7,1% de teor de água, concentração de saturação equivalente a 57% da concentração inicial do ozônio, depois de 192 min, para vazão do gás de 3,0 L min⁻¹. Apresentam-se, na Tabela 1, as

equações de regressão ajustadas e os seus respectivos coeficientes de determinação, que relacionam o ozônio residual e o tempo de exposição ao gás. No que se refere ao processo de decomposição (Figura 2 e Tabela 2), o maior tempo de meia-vida foi obtido para o feijão fradinho (11,2 min). No que tange ao modelo cinético de primeira ordem na forma linearizada, verifica-se que representou adequadamente a decomposição do ozônio nos diferentes tipos de grãos de feijão em função do tempo. Os valores referentes ao tempo de meia vida do ozônio em meio poroso contendo grãos de feijão foram superiores aos encontrados na literatura para milho e amendoim que foram de 5,57 e 7,7 min, respectivamente (SANTOS, 2007; ALENCAR et al., 2011).

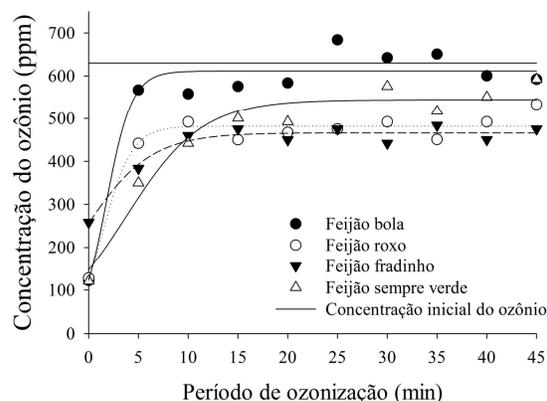


Figura 1. Concentração residual do ozônio (ppm) em função do tempo durante o processo de saturação do meio poroso contendo grãos de feijão com 13,0% (b.u.) de teor de água, na temperatura de 25 °C.

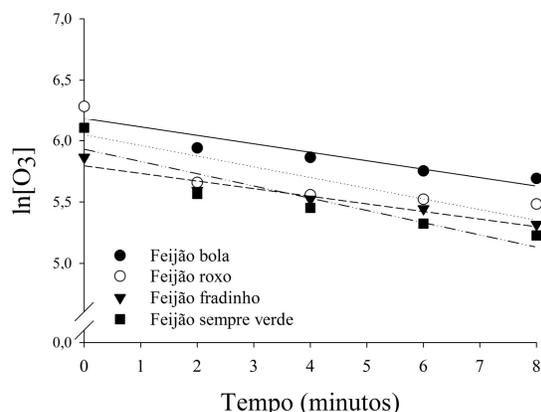


Figura 2. Modelo cinético de primeira ordem ajustado aos dados observados de concentração residual de ozônio, após saturação, do meio poroso contendo grãos de feijão com 13,0% (b.u.) de teor de água, na temperatura de 25 °C.

Tabela 1. Equações de regressão ajustadas e respectivos coeficientes de determinação (R^2) para concentração residual do ozônio (ppm) durante o processo de saturação de meio poroso contendo grãos de feijão com 13,0% (b.u.) de teor de água, na temperatura de 25 °C

Tipo de feijão	Equações ajustadas	R^2	t_{Sat} (min)	C_{Sat} (ppm)
Bola	$\hat{y} = \frac{611,47}{1 + e^{-\left(\frac{x - 1,78}{1,29}\right)}}$	0,94	4,4	538
Roxo	$\hat{y} = \frac{438,93}{1 + e^{-\left(\frac{x - 1,48}{1,45}\right)}}$	0,95	4,4	387
Fradinho	$\hat{y} = \frac{466,32}{1 + e^{-\left(\frac{x - (-0,66)}{3,37}\right)}}$	0,95	6,1	411
Sempre verde	$\hat{y} = \frac{544,50}{1 + e^{-\left(\frac{x - 3,78}{3,80}\right)}}$	0,95	11,4	480

t_{Sat} = Tempo de saturação; C_{Sat} = Concentração de saturação

Tabela 2. Equações de regressão ajustadas em função do tempo para a concentração residual do gás ozônio em meio poroso contendo grãos de feijão, seus respectivos coeficientes de determinação (r^2) e tempos de meia vida

Tipo de feijão	Equações ajustadas	r^2	Tempo de meia vida (min)
Bola	$\hat{y} = 6,19 - 0,069^* x$	0,87	10,0
Roxo	$\hat{y} = 6,05 - 0,087^* x$	0,78	8,0
Fradinho	$\hat{y} = 5,79 - 0,062^* x$	0,93	11,2
Sempre verde	$\hat{y} = 5,93 - 0,099^* x$	0,85	7,0

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

CONCLUSÕES: A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que processo de saturação e a decomposição do ozônio variam em função do tipo de feijão contido no meio poroso.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, FAPDF e DPP/UnB pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E.R.; FARONI, L.R.D.; MARTINS, M.A.; COSTA, A.R.; CECON, P.R. Decomposition kinetics of gaseous ozone in peanuts. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.5, p.930-939, 2011.
- KELLS, S. A.; MASON, L. J.; MAIER, D. E.; WOLOSOSHUK, C. P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *Journal of Stored Products Research*, v.37, n.4, p.371-383, 2001.
- PEREIRA, P.A.; YOKOYAMA, M.; QUINTELA, E.D.; BLISS, F.A. Controle do caruncho *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera-Bruchidae) pelo uso de proteína da semente em linhagens quase-isogênicas do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.30, n.8, p.1031-1034, 1995.
- ROZADO, A. F. ; FARONI, L.R.D.; 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, J.E.; MARTINS, M.A.; FARONI, L.R.A.; ANDRADE, M.P.; CARVALHO, M.C.S. Ozonation process: saturation time, decomposition kinectis and quality of maize grains (*Zea mays* L.). In: IOA CE, 2007, Valência, Espanha, Proceedings... 2007. Valência: IOA.
- TIWARI, B.K.; BRENNAN, C.S.; CURRAN, T.; GALLAGHER, E.; CULLEN, P.J.; DONNELL, C.P.O. Application of ozone in grain processing. *Journal of Cereal Science*, v.51, p.248-255, 2010.
- WRIGHT, M.R. An introduction to chemical kinects. 1ª Edição. Editora John Wiley & Sons, Ltd. New York. 2004. 441p.