

EFEITOS DO TRATAMENTO COM OZÔNIO NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE GRÃOS DE ARROZ

JOÃO GUILHERME TREVISAN SPAGNOLLO¹; LARISSA THAÍS PREDIGER²;
LEANDRO SANZI AQUINO³; MARCOS ANTONIO DA SILVA⁴; ALICE
BUCHWEITZ MULLER⁵; MAURIZIO SILVEIRA QUADRO⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – joaoguilhermespagnollo66@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – larissathais.prediger@hotmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – leandrosaq@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – marcos_silva1@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – allicemuller1@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – mausq@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais e na saúde humana decorrentes do uso de pesticidas para a proteção de grãos armazenados tem impulsionado a busca por soluções mais seguras e eficazes. Assim, a ozonização surge como uma alternativa segura e eficaz aos pesticidas químicos no controle de pragas, fungos e bactérias em grãos armazenados. Além de preservar o perfil nutricional, as propriedades sensoriais (sabor e aroma) e as características físicas dos grãos, a aplicação de ozônio contribui para a redução de perdas quantitativas e qualitativas ao longo do armazenamento, oferecendo uma abordagem mais econômica, segura e sustentável (WIER, 2025).

O ozônio (O_3) é uma variação molecular do oxigênio formada a partir da reorganização dos seus átomos, processo que ocorre por meio de descargas elétricas ou exposição à radiação ultravioleta (KHADRE et al., 2001; LIU et al., 2007). Devido à sua natureza instável e altamente reativa, apresenta uma meia-vida curta, geralmente entre 20 e 50 minutos (ISIKBER; OZTEKIN, 2009).

A ozonização de alimentos é amplamente reconhecida internacionalmente, em reconhecimento à sua segurança e eficácia, a Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos, e também outras regiões como, Canadá, Japão e Europa, consideram o ozônio seguro para uso como sanitizante em produtos alimentícios. No contexto brasileiro, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) adota uma abordagem distinta; por se tratar de um processo que não deixa resíduos nos alimentos, não há uma regulamentação específica exigindo autorização para a ozonização, simplificando sua aplicação no país (IRENO, 2021).

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar a efetividade do processo de ozonização no tratamento e conservação de grãos de arroz armazenados. Para tanto, o estudo analisou as características físico-químicas dos grãos ozonizados, com ênfase na verificação da qualidade e estabilidade dos materiais ao longo do período de armazenamento, investigando especificamente os impactos do tratamento nos teores de lipídios e proteínas.

2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Água e Efluentes da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). O gás ozônio (O_3) foi gerado a partir de ar atmosférico utilizando um ozonizador comercial da marca Tecnotok, cujo funcionamento se baseia no princípio de descarga elétrica, também conhecido como efeito corona.

Figura 1: Ozonizador da marca Tecnotok em funcionamento, utilizado para aplicação do gás.



Fonte: Autores, 2025

Os grãos de arroz foram submetidos ao tratamento com ozônio em um sistema que simulava as condições de armazenamento em silo. Para tal, foram utilizados tubos de Policloreto de Vinila (PVC) de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, com uma placa de metal instalada a 3 cm da base para atuar como "plenum", garantindo a distribuição uniforme do gás. As extremidades dos tubos foram vedadas.

Os grãos foram expostos ao ozônio por diferentes períodos de tempo: 33 min (em três amostras), 98 min e 162 min. As doses de ozônio que reagiram com os grãos para cada tempo de exposição foram de 89,93 mg; 75,18 mg; 78,79 mg; 195,57 mg; e 386,44 mg. As análises ocorreram por 6 meses, sendo realizadas aplicações de 100 mg de O₃ mensalmente e outra aplicação com a mesma dosagem a cada 2 meses. Além do mais, foi realizada uma única aplicação de 500 mg O₃ e 300 mg O₃ para analisar o comportamento dos grãos.

A extração de lipídios foi realizada por método direto utilizando um aparelho de Soxhlet. Inicialmente, uma amostra de 2 a 5 gramas foi pesada em um cartucho Soxhlet ou papel filtro e amarrada com um fio de lã desengordurado. A amostra foi transferida para o extrator, que foi acoplado a um balão de fundo chato previamente tarado. Adicionou-se 200 mL de hexano e o sistema foi aquecido até o início do borbulhamento, com a extração ocorrendo por um período de 4 horas.

Após a extração, o cartucho foi removido e o hexano foi recuperado. Os balões com as amostras foram transferidos para uma estufa a 65 °C por 2 horas e, subsequentemente, levados a um dessecador por 30 minutos para resfriamento à temperatura ambiente. A pesagem final dos balões com as amostras permitiu o cálculo da porcentagem de lipídios.

A determinação do teor de proteína bruta foi realizada em três etapas, sendo elas a digestão, a destilação e a titulação. A etapa de digestão teve início com a pesagem de 0,5 g de amostra de arroz em pó, que foi transferida para tubos de digestão previamente identificados. Aos tubos foram adicionadas 10 pérolas de vidro, 4mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e aproximadamente 0,7 g de reagente de digestão. O processo foi conduzido em um bloco digestor, iniciando a 60°C. A

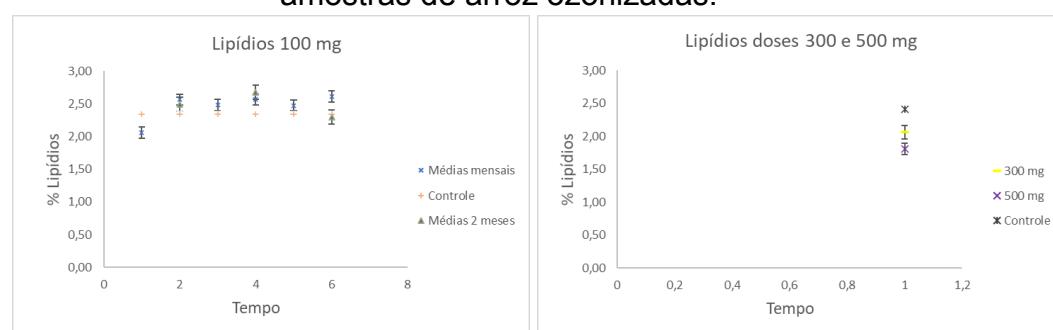
temperatura foi gradualmente aumentada, em incrementos de 50°C a cada 30 minutos, até atingir 200°C. Em seguida, foram adicionados mais 3 mL de ácido sulfúrico, e a temperatura foi novamente elevada de forma gradual até 375°C, mantendo-se até que a solução no interior dos tubos apresentasse uma coloração clara. Por fim, 5 mL de água destilada foram adicionados a cada tubo.

O processo de destilação foi realizado em um destilador. Para a coleta do destilado, um *Erlenmeyer* de 250 mL foi preparado com 25 mL de solução de ácido bórico e 3 gotas de indicador misto. O digestado de cada amostra foi então submetido à destilação após a adição de 20 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 10N, sendo a destilação interrompida ao atingir um volume de 100 mL no *Erlenmeyer* de coleta.

A análise estatística dos dados obtidos foi conduzida por meio do software *Microsoft Excel 2016*, utilizando-se suas ferramentas de estatística descritiva e elaboração de gráficos. Esse procedimento possibilitou a organização, o tratamento e a interpretação dos resultados de forma sistemática, garantindo maior clareza na comparação entre as amostras’.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

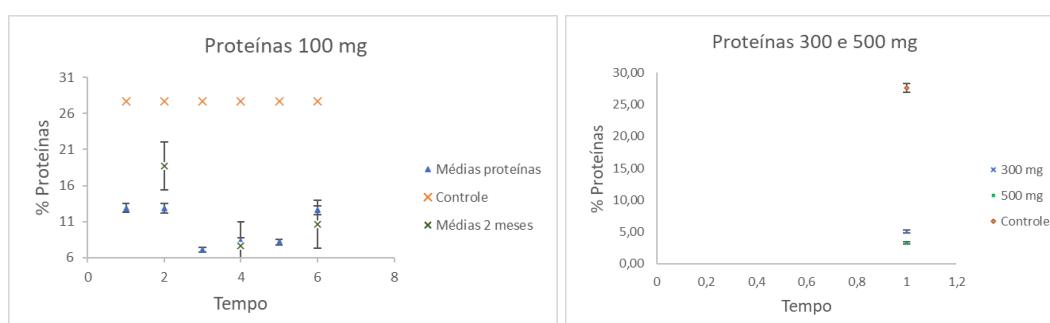
Figura 2 (a) e (b): gráficos dos resultados da porcentagem de lipídios nas amostras de arroz ozonizadas.



Fonte: Autores, 2025

Os resultados indicam que o efeito do ozônio sobre os lipídios depende da concentração aplicada. Em doses moderadas (100 mg), os teores permaneceram estáveis e comparáveis ao controle, enquanto em concentrações mais altas (300 e 500 mg) houve redução significativa. Esse comportamento pode estar relacionado à elevada reatividade do ozônio frente a ligações insaturadas presentes nos ácidos graxos, favorecendo processos oxidativos que comprometem a estabilidade lipídica dos grãos de arroz.

Figura 3 (a) e (b): gráficos dos resultados da porcentagem de proteínas nas amostras de arroz ozonizadas.



Fonte: Autores, 2025

Os resultados demonstram que a ação oxidante do ozônio afeta de maneira significativa o teor proteico dos grãos de arroz, sendo o efeito dependente da dose aplicada. Em concentrações moderadas (100 mg), houve oscilações e reduções parciais, enquanto em doses mais elevadas (300 e 500 mg) verificou-se um comprometimento acentuado da fração proteica. Esses achados corroboram o potencial do ozônio como agente sanitizante, mas ressaltam que sua aplicação em níveis elevados pode comprometer o valor nutricional dos grãos devido à degradação de proteínas.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho contribuiu para o entendimento dos efeitos da ozonização aplicada em grãos de arroz no contexto pós-colheita, destacando-se como inovação a avaliação integrada da estabilidade proteica e lipídica frente a diferentes concentrações do gás. A pesquisa avança no campo do armazenamento de grãos ao demonstrar a necessidade de estabelecer parâmetros seguros de aplicação, conciliando a ação sanitizante do ozônio com a preservação do valor nutricional. Dessa forma, o estudo oferece subsídios técnicos e científicos para o desenvolvimento de protocolos de ozonização voltados à indústria, reforçando seu potencial como tecnologia sustentável e viável para a conservação de alimentos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

IRENO, L. N. Ozonização como tecnologia sustentável para conservação de cereais. **Food Connection**, 17 jun. 2021. Disponível em: <https://www.foodconnection.com.br/artigos/ozonizao-como-tecnologia-sustentvel-para-conservao-de-cereais/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ISIKBER, A. A.; OZTEKIN, S. Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. *Journal of Stored Products Research*, v. 45, n. 3, p. 159–164, 2009. DOI: 10.1016/j.jspr.2008.12.003. Acesso em: 28 jul. 2025.

KHADRE, M.A., YOUSEF, A.E. e KIM, J. -G. (2001), Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *Journal of Food Science*, v. 66, n. 9, p. 1242–1252, 2001. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb15196.x. Acesso em: 28 jul. 2025.

LIU, H. H.; WU, Y. C.; CHEN, H. L. Production of ozone and reactive oxygen species after welding. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 53, p. 513–518, 2007. DOI: 10.1007/s00244-007-0030-1. Acesso em: 28 jul. 2025.

WIER. Armazenamento de grãos em silos com o poder do ozônio. Disponível em: <https://wier.com.br/armazenamento-de-graos-em-silos-com-o-poder-do-ozonio/>. Acesso em: 28 jul. 2025.