

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE CASCAVEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FÚNGICA DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.)**  
**OZONIZADAS EM EMBALAGENS DE KRAFT E POLIPROPILENO**

**VANESSA MENDES PIENTOSA**

**CASCAVEL – PARANÁ – BRASIL**  
**AGOSTO – 2020**

**VANESSA MENDES PIENTOSA**

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FÚNGICA DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.)  
OZONIZADAS EM EMBALAGENS DE KRAFT E POLIPROPILENO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientador(a): Prof. Dr. Divair Christ

Coorientador(a): Prof. Dra. Clair Aparecida Viacelli

**CASCADEL – PARANÁ – BRASIL**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Pientosa, Vanessa Mendes

Análises físico-químicas e fúngicas de aveia branca (Avena sativa L.) ozonizadas em embalagens de kraft e polipropileno / Vanessa Mendes Pientosa; orientador(a), Divair Christ; coorientador(a), Clair Aparecida Viecelli, 2020.

54 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2020.

1. Ozonização. 2. Aveia branca. 3. Embalagens. I. Christ, Divair. II. Viecelli, Clair Aparecida. III. Título.

**VANESSA MENDES PIENTOSA**

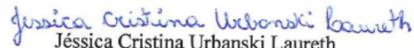
**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FÚNGICA DE AVELA BRANCA (*Avena sativa* L.)  
OZONIZADAS EM EMBALAGENS DE KRAFT E POLIPROPILENO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia Agrícola, área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-colheita, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Divair Christ

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Jéssica Cristina Urbanski Laureth

Faculdade de Ensino Superior de Marechal Cândido Rondon (ISEPE RONDON)



Sílvia Renata Machado Coelho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 18 de agosto de 2020.

## **BIOGRAFIA**

Vanessa Mendes Pientosa, nascida em Corbélia-PR, em 03 de dezembro de 1990. Graduada em Ciências Biológicas – Bacharel, em 2014, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus Cascavel PR.

Em 2018, entrou para o programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na área de concentração Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao meu companheiro de mestrado e vida, Willyan, por me amparar em momentos realmente difíceis e sempre ajudar com conselhos e puxões de orelhas. Sem você, este trabalho não teria sido concluído. Ao nosso cachorro, Tobi, por aguentar os dias sem ir passear e ser sempre fiel e companheiro.

À minha família, que sempre apoiou a minha vida acadêmica e comemoraram com as vitórias conquistadas.

Ao professor, Divair Christ, pela paciência e compreensão nos momentos difíceis.

Aos colegas de laboratório, Taise e Suian, por todo o conhecimento compartilhado e pelas tardes de ajudas nas metodologias.

Ao PGEAGRI, pela oportunidade e pela estrutura cedida para a realização do trabalho.

À CAPES, pelo auxílio financeiro.

## RESUMO

### ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FÚNGICA DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.) OZONIZADAS EM EMBALAGENS DE KRAFT E POLIPROPILENO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) destaca-se por apresentar grãos com alto valor nutricional, o que auxilia o organismo a manter regularidade em funções importantes. Para isso, é necessária a manutenção da qualidade desses alimentos, por meio do uso de embalagens apropriadas ou de outros processos, como a utilização do processo da ozonização, que pode eliminar contaminantes, a saber, microrganismos patogênicos. O objetivo deste trabalho foi acondicionar os flocos grossos de aveia branca em duas embalagens diferentes, Kraft com polietileno (Embalagem E1) e polipropileno (Embalagem E2), avaliar a descontaminação fúngica e alterações, nas características físico-químicas do produto, após ser submetido ao processo de ozonização a 50 ppm, nos tempos de aplicação de 0,1, 2, 4 e 6 horas. Os parâmetros de análise foram teor de água dos grãos, teor de acidez, teor de lipídios, quantificação de fungos e análise da atividade enzimática de peroxidase. As análises estatísticas realizadas foram Teste Tukey e Teste de Regressão Linear. Os resultados encontrados para a contaminação fúngica apresentaram uma baixa contaminação, no entanto, ocorreu diminuição da formação de colônias fúngicas, sugerindo uma diminuição dessa variável, conforme aumentou o tempo de exposição ao gás ozônio, para as duas embalagens estudadas. Para o teor de água, houve diferença estatística entre as duas embalagens, com variação de 0,2% desse teor, e ocorreu diminuição à medida que os tempos de exposição aumentaram. Os lipídios apresentaram uma tendência de aumentar em ambas as embalagens, mesmo cenário observado para a acidez. Sendo assim, é possível concluir que o processo de ozonização apresentou uma inclinação para a redução da contaminação fúngica, visto que teve efeito sobre o teor de água e alterou o teor de lipídios e acidez, indicando uma possível modificação nos componentes constituintes dos flocos da aveia branca, o que acarreta, assim, alteração na sua qualidade físico-química. No entanto, são necessários mais estudos a fim de investigar mais profundamente esse efeito da ozonização sobre as variáveis analisadas.

**Palavras-chave:** Gás Ozônio, grãos integrais, contaminação microbiológica

**PHYSICO-CHEMICAL AND FUNGAL ANALYSIS OF WHITE OAT (*Avena sativa* L.)  
OZONIZED IN KRAFT AND POLYPROPYLENE PACKAGES**

The white oat (*Avena sativa* L.) stands out for presenting grains with high nutritional value, which helps the body to maintain regularity in important functions. Thus, the maintenance of food quality is important, whether using appropriate packaging or other processes, such as the ozonation process, which can eliminate contaminants such as pathogenic microorganisms. The objective of this study was to pack the rolled white oats in two different packages, polyethylene-coated paper (packaging E1) and polypropylene plastic (packaging E2), evaluate fungal decontamination and changes in physical-chemical characteristics of the product after subjected to ozonation process at 50 ppm in application times of 0, 1, 2, 4, and 6 hours. The analysis parameters included moisture, acidity, and lipids content, fungal contamination, and analysis of the peroxidase enzymatic activity. The statistical analyzes performed were Tukey test and polynomial regression. For fungal contamination, the values found were low. However, there was a decrease in the fungal colonies formation suggesting a decrease in this variable as the time of exposure to ozone gas increased. There was a statistical difference between the two packages for the moisture content (variation of 0.2%), and the moisture decreased as exposure times increased. Lipids tended to increase in both packages and the same was observed for acidity. Therefore, it is possible to conclude that the ozonation process tends to reduce fungal contamination, since it influenced the moisture content and changed the content of lipids and acidity. This result indicates a possible modification in the constituent components of the white oat flakes, which leads to a change in its physical-chemical quality. However, further studies are needed to investigate the effect of ozonation on the analyzed variables.

**Keywords:** ozone gas; whole grains; microbiological contamination.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS .....	13
2.1	Objetivo geral .....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	Qualidade e cultura da aveia .....	14
3.1.1	Processamento da aveia .....	16
3.2	Armazenamento e embalagens .....	18
3.3	Ozonização.....	21
3.3.1	Ação microbiológica do ozônio .....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	26
4.1	Local do experimento e obtenção dos flocos grossos de aveia branca.....	26
4.2	Delineamento experimental .....	27
4.3	Análises biológicas .....	28
4.3.1	Quantificação de fungos .....	28
4.4	Análises físico-químicas .....	28
4.4.1	Determinação do teor de água.....	28
4.4.2	Determinação da presença de peroxidase.....	28
4.4.3	Determinação de lipídios .....	29
4.4.4	Determinação da acidez .....	29
4.5	Análise estatística.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5.1	Contaminação fúngica .....	31
5.2	Teor de água .....	32
5.3	Peroxidase, acidez e teor de lipídios.....	35
6	CONCLUSÕES.....	42
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Distribuição dos tratamentos do experimento.....	27
Tabela 2 Análise de variância (ANOVA) para o teor de água dos flocos de aveia branca ozonizados .....	33
Tabela 3 Médias do teor de água (% b.u.) dos flocos de aveia branca ozonizados e Teste Tukey a 5% de significância.....	33
Tabela 4 Atividade da peroxidase nos flocos de aveia branca ozonizados .....	35
Tabela 5 Análise de variância (ANOVA) para o teor de lipídios dos flocos de aveia branca ozonizados .....	36
Tabela 6 Médias do teor de lipídeos (%) dos flocos de aveia branca ozonizados e Teste Tukey a 5% de significância .....	37
Tabela 7 Análise de variância (ANOVA) para o teor de acidez dos flocos de aveia branca ozonizados .....	39
Tabela 8 Médias do teor de acidez (%) dos flocos de aveia branca ozonizados e Teste Tukey a 5% de significância .....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Panícula da aveia e detalhe das seções do grão de aveia (Fonte: adapt. de MOLIN, 2011). .....	15
Figura 2 Gerador de ozônio pelo método corona (Fonte: SILVA et al., 2011). .....	23
Figura 3 Fluxograma da agroindústria processadora da aveia utilizada nesse estudo. ....	26
Figura 4 (a) embalagem E1; (b) embalagem E2; (c) ozonizador e silo em PVC.....	27
Figura 5 Médias $\pm$ desvio padrão das contagens de fungos (Legenda: ■ Embalagem E1; ▨ Embalagem E2). .....	31
Figura 6 Teores de água dos flocos de aveia branca ozonizados e regressão polinomial de ajuste dos dados (Legenda: ◆ Embalagem E1; ■ Embalagem E2).....	34
Figura 7 Teores de lipídios dos flocos de aveia branca ozonizados e regressão polinomial de ajuste dos dados (Legenda: ◆ Embalagem E1; ■ Embalagem E2).....	37
Figura 8 Teores de acidez dos flocos de aveia branca ozonizados e regressão polinomial de ajuste dos dados (Legenda: ◆ Embalagem E1; ■ Embalagem E2).....	40

## 1 INTRODUÇÃO

Os cereais estão presentes na alimentação humana desde o fim do nomadismo e diversas são as espécies cultivadas no planeta. Dentre os grãos mais comuns, encontra-se a aveia, com destaque para a aveia branca, por ser a única consumida pelo ser humano. Seus grãos são ricos em proteínas e fibras alimentares, como as betaglucanas, que, além de nutrição, promovem o bom funcionamento e regulação do intestino humano.

Devido ao alto valor nutritivo, a aveia branca pode ser consumida tanto em flocos, juntamente com frutas, iogurtes, caldos, tortas e pães, quanto usada na forma de farinhas e farelos, que são adicionados à confeição de biscoitos ou mingau, de maneira a contribuir para a formação de uma alimentação saudável.

Para esse alimento se tornar consumível e manter a qualidade, algumas etapas e processos são necessários, como a classificação do grão e tostagem. Após processados, esses produtos são acondicionados e armazenados, seja por curto ou longo período, sendo essa etapa mais propensa à degradação das características fisiológicas do grão. Tendo isso em vista, algumas alternativas, como o uso de embalagens adequadas e o controle de condições ambientais, podem se mostrar imprescindíveis para evitar a atividade metabólica do próprio grão e de agentes externos, por exemplo, a incidência de microrganismos patogênicos e infestações por insetos.

Uma das formas que se destaca para controlar e reduzir a presença desses organismos, potencialmente prejudiciais, é a ozonização, processo que consiste em promover o contato do produto com o gás ozônio. Além de ter um bom potencial oxidativo, caracterizando-se como um biocida, é um gás que não deixa resíduos fixos e não polui o meio ambiente, uma vez que o produto de sua degradação é o oxigênio.

Geralmente, é na fase de armazenamento dos grãos que é feita a aplicação do ozônio, uma vez que sua ação pode contribuir para a manutenção da qualidade do alimento. Em relação à aveia, o objetivo maior da utilização desse gás é para a eliminação de patógenos, que podem contaminar os grãos, tornando-os impróprios para o consumo humano.

Apesar de estudos experimentais, o processo de ozonização não se apresenta consolidado no âmbito industrial. Como sua eficácia depende de vários fatores operacionais, características dos produtos e dos microrganismos envolvidos, são necessários mais testes para que seja possível determinar um padrão de uso para os diferentes processos da indústria alimentícia.

Outra questão para ser considerada é o desempenho das embalagens na manutenção da qualidade dos grãos, que estão sendo armazenados, e sua influência ao processo da ozonização, pois a ampla variedade de materiais de constituição dessas embalagens confere características distintas que necessitam ser avaliadas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do processo de ozonização nos flocos grossos de aveia branca, acondicionados em duas embalagens diferentes, a fim de analisar parâmetros físico-químicos e microbiológicos, para verificar a eficácia do gás ozônio na descontaminação microbiológica dos flocos grossos de aveia branca, além de analisar alguma possível alteração efetivada para a qualidade deste produto. Ademais, espera-se determinar qual a melhor embalagem indicada para o armazenamento desses grãos, com o objetivo de perceber a que melhor mantém a estabilidade nas propriedades físico-químicos desse alimento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito da ozonização em flocos grossos de aveia branca (*Avena sativa* L.), acondicionados em duas embalagens diferentes (kraft+polietileno e polipropileno).

### **2.2 Objetivos específicos**

- Verificar a influência do ozônio em parâmetros físico-químicos de flocos grossos de aveia branca;
- Avaliar a descontaminação fúngica nos flocos de aveia, após o processo de ozonização;
- Comparar dois tipos de embalagens, submetidas ao processo de ozonização, sendo uma de polipropileno laminado e outra de kraft multifoliado, combinado com polietileno, para verificar qual apresenta maior eficiência para a manutenção da qualidade dos flocos de aveia branca.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Qualidade e cultura da aveia

A aveia é uma gramínea anual que pertence à família Poaceae, tribo Aveneae e gênero *Avena*, originária da Ásia antiga. As principais espécies cultivadas são: aveia branca (*Avena sativa* L.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e aveia amarela (*Avena brasiliensis*) (DIAS et al., 2016; PEREIRA, 2018).

De acordo com dados do IBGE (2019), a produção de aveia, no Brasil, no ano do referido levantamento, foi de 911,754 mil toneladas, sendo o estado do Mato Grosso o maior produtor, com uma participação de 26,2% do total, seguido de Paraná, com 17,2%, e Rio Grande do Sul, com 15,2%; juntos, totalizam 58,6% da produção nacional.

Essas gramíneas podem ser utilizadas para a alimentação de gado, controle da erosão, produção de grama e fonte de açúcares para a fermentação de bebidas alcoólicas (JUDD et al., 2009; FONSECA et al., 2018). No caso da aveia preta, a produção de grãos é reduzida e de menor interesse industrial, devido à coloração escura, menor tamanho e baixo rendimento. Diferente das demais, a aveia branca apresenta colmos mais grossos e folhas mais largas, o que ocasiona uma maior produtividade de grãos, que são amplamente usados para a alimentação humana e animal (SÁ, 1995).

Devido à sua composição equilibrada de aminoácidos, ao alto teor de proteínas e lipídios, esse produto se enquadra como um alimento saudável e funcional, uma vez que fornece nutrientes básicos e saciedade ao consumidor. Além disso, esse alimento ajuda a reduzir as taxas de LDL (lipoproteínas de baixa densidade, popularmente conhecidas como “colesterol ruim”), atuando, principalmente, no trato gastrointestinal humano, além de auxiliar a diminuir gorduras e o peristaltismo do intestino. Alguns estudos também reportam a contribuição à prevenção de doenças cardíacas e crônico-degenerativas (GUTKOSKI et al., 2007; DIAS et al., 2016).

As propriedades hipocolesterolêmicas, apresentadas pela aveia, são atribuídas principalmente às respostas fisiológicas das  $\beta$ -glucanas, que são polímeros encontrados na parede celular do grão e que fazem parte da fibra dietética solúvel. Essas  $\beta$ -glucanas apresentam tendência em formar viscosidade quando solubilizadas em água ou bases diluídas, podendo ter essas propriedades funcionais afetadas em determinadas etapas do processamento dos grãos (FRANCISCO e SÁ, 2001).

Em termos biológicos, o grão de aveia, também chamado de cariopse, é um fruto-semente. Essas sementes se dividem morfológicamente em três partes principais (Figura 1): pericarpo, endosperma e germe. O pericarpo é composto pelas camadas da epiderme, hipoderme, células finas, células intermediárias, células cruzadas e células tubulares. O endosperma, que é composto por amido e corpos proteicos, compõe a maior parte do corpo

da semente e envolve o eixo embrionário, local em que se encontra o germe. Este último, também, é recoberto pelas camadas de testa, hialina e aleurona, além do endosperma amiláceo (BETCHEL, 1989; HOSENEY, 1990; DELCOUR e HOSENEY, 2010; SANTIAGO, 2013).

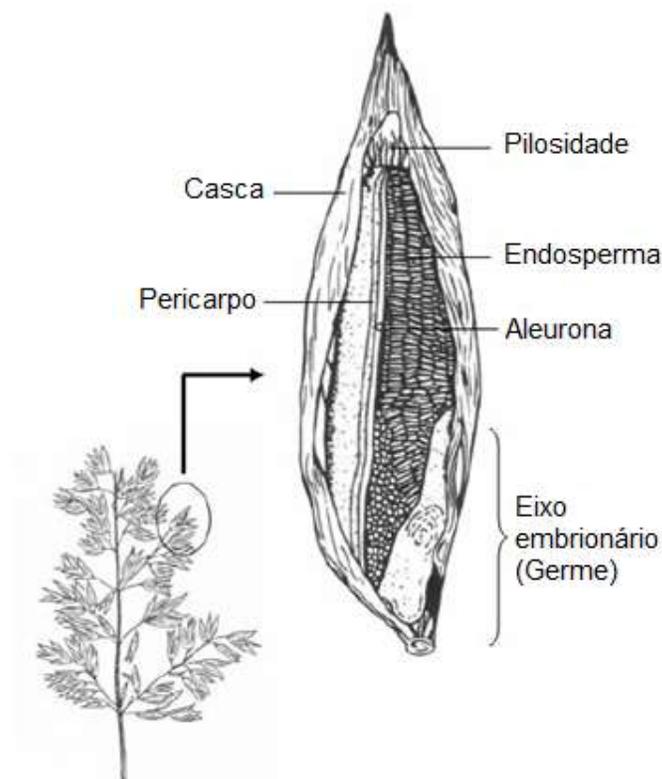


Figura 1 Panícula da aveia e detalhe das seções do grão de aveia (Fonte: adapt. de MOLIN, 2011).

Na planta, as cariopses desenvolvem-se em coberturas florais, que, posteriormente, formam parte da palha que envolve os grãos, constituindo a sua casca. Essa camada se apresenta firmemente aderida à semente e permanece assim mesmo após o processo de colheita (HOSENEY, 1991; McMULLEN, 2000; FLOSS, 2005). Pelo motivo de a casca ser cerosa, fibrosa e indigerível pelos seres humanos, ela deve ser eliminada com o descascamento, quando o produto for destinado à alimentação. Além disso, também apresenta alto conteúdo de gordura e enzimas lipases, que favorece o ranço hidrolítico da aveia (BUTT et al., 2008).

O germe é rico em proteínas, no entanto, como ele corresponde a apenas cerca de 3% da massa total do grão, representa somente 6% da quantidade total de proteínas. As maiores concentrações de proteínas são encontradas no farelo e no endosperma, que correspondem, respectivamente, a aproximadamente 42 e 45% (GUTKOSKI e PEDÓ, 2000).

Além do teor de proteína, a aveia também é rica em fibras alimentares, as quais são encontradas nos tecidos externos dos grãos e, fisiologicamente, desempenham funções estruturais e de proteção (SAYDELLES et al., 2010).

O amido, que é formado por dois polissacarídeos (amilase e amilopectina), está presente no endosperma; também, em pequenas quantidades no germe e na camada aleurona. Ele é o principal componente da semente, uma vez que pode atingir até 60% do peso total do grão (DOEHLERT et al., 2013).

Em relação ao total de lipídios do grão, que varia entre 3,1% a 10,9%, aproximadamente, 8% estão no germe, sendo essa porcentagem predominantemente de ácidos graxos insaturados, 40% no farelo e 52% no endosperma (YOUNGS, 1972; WEBER et al., 2002). Há uma maior predominância de ácidos graxos insaturados, de maneira que os componentes lipídicos encontrados em maior quantidade são os triglicerídeos, compostos, principalmente, pelos ácidos palmíticos e linoleicos (YOUNGS et al., 1977). A aveia apresenta quantidades relativamente superiores desses compostos lipídicos (3,1 a 10,9%), quando comparada aos demais cereais, como trigo (2,1 a 3,8%), arroz (1,8 a 2,5%), milho (3,9 a 5,8%), cevada (3,3 a 4,6%) e centeio (2,0 a 3,5%).

### **3.1.1 Processamento da aveia**

No processamento de grãos agrícolas, alguns nutrientes são perdidos ou concentrados, uma vez que se encontram em partes diferentes do grão. Como os grãos de cereais apresentam tendência à deterioração, de forma lenta, durante o seu processamento, é de grande interesse a manutenção da qualidade do produto (FLOSS, 2005). No caso da aveia, pode ser enquadrada na definição de grão integral, por apresentar, após seu adequado processamento, o mesmo balanço de nutrientes encontrados na matéria-prima original (PEREIRA, 2018).

Para ser consumida na forma de alimento, a aveia passa por várias etapas de processamento, sendo que, para a indústria alimentícia, somente são encaminhados os grãos que atendam aos padrões de qualidade. Essas etapas do processamento da aveia em seus subprodutos (por exemplo: flocos) podem variar, dependendo da configuração de cada indústria. Contudo, dentre essas etapas, de forma geral, destacam-se:

- a) Armazenamento e análise: A aveia, ao chegar do campo, tem uma pequena parte retirada para ser submetida à análise laboratorial. São realizados testes analíticos, mecânicos, visuais, determinação de peso, umidade, contaminação por insetos e materiais estranhos. Essa etapa é essencial para que grãos com impurezas sejam descartados, uma vez que podem agir como portadores de microrganismos, ocasionando a deterioração do produto (PARK et al., 2007; SILVA, 2008).

- b) Pré-limpeza e limpeza: objetiva-se, nessa etapa, a remoção de materiais estranhos e de todos os tipos de sementes estranhas ou improdutivas (PARIZZI e SOBRINHO, 2008).
- c) Classificação do grão: A classificação do grão ocorre de acordo com a largura e comprimento do grão, de maneira que são utilizados separadores de precisão. Os grãos podem ser classificados como finos, regulares ou duplos. Nesse processo, há, ainda, a aveia com casca (DORN, 1989; HOSENEY, 1991).
- d) Descascamento: Os grãos são separados em pratos separadores em largos ou curtos. O descascador mais comumente utilizado é o de impacto, no qual ocorre a separação de cariopse e casca por ventilação. A aveia entra no centro de um rotor em alta velocidade, o qual a lança contra um revestimento de borracha fixado na parede mais externa do equipamento. Esse revestimento de borracha auxilia a redução da quebra dos grãos, tendo em vista que a maior danificação tende a ocorrer na porção próxima à cariopse, em que o escutelo e o eixo embrionário são mais frágeis (HOSENEY, 1990; FLOSS, 2005).
- e) Estabilização (tostagem): Consiste em aquecer a aveia por cerca de uma a duas horas em colunas com vapor, de forma que o grão chega a temperaturas em torno de 93°C, o que provoca uma perda de cerca de 3 a 4% da umidade, uma vez que entra nessa etapa do processo com um teor de água de aproximadamente 13% (MANTAI et al., 2015). Essa etapa contribui para evitar a rancificação dos grãos de aveia por meio da desnaturação das enzimas responsáveis pelo processo, o que ocasionaria que o produto adquirisse um sabor indesejável (HOSENEY, 1991; FLOSS, 2005; PARK et al., 2007).
- f) Corte e flocagem: Para a formação de flocos grossos, o grão não passa pela etapa de corte; já para formar flocos médios e finos, o grão sofre de um até três cortes, respectivamente, em cortador rotatório. Posteriormente ou previamente ao corte, ocorre a laminação do grão, em que se utilizam cilindros de aço para realizar a sua flocagem. No final desse processo, ocorre, ainda, uma secagem dos flocos para deixá-los prontos para empacotamento (FLOSS, 2005).
- g) Moagem: Na sequência, a aveia pode passar pelo processo de moagem, em que se obtém a farinha da aveia, iniciada com a abertura de grãos (triturados), extração de farinha (redução), compressão e moagem. Essa moagem, por sua vez, separa ao máximo o endosperma da casca e do germe. O subproduto formado no processo de moagem é constituído de casca, germe e uma porção do endosperma aderido à casca, sendo denominado de farelo da aveia (ROSSI, NEVES, 2004).

### 3.2 Armazenamento e embalagens

É importante que a armazenagem dos grãos seja um processo bem conduzido, a fim de se evitar perdas e preservar os aspectos qualitativos e quantitativos desses produtos agrícolas. Para isso, exige-se, principalmente, a manutenção de um teor de água específico para cada cultura, além de evitar a proliferação de fungos, bactérias, insetos e roedores (BAILEY, 1974; FERRARI FILHO, 2011).

Produtos armazenados, ainda, constituem um sistema biológico, no qual interagem sistemas bióticos e abióticos. Como resultado desses fatores e de variáveis físicas, químicas e biológicas, pode ocorrer a deterioração dos grãos armazenados. Sendo assim, é necessária a obtenção de informações sobre a colheita e o monitoramento das condições de armazenamento desses alimentos (RUPOLLO et al., 2005; CHOI et al., 2015).

Para minimizar a deterioração das sementes, o controle da temperatura e a umidade relativa do ar são fundamentais durante o armazenamento, uma vez que, com baixo teor de água e baixa temperatura, o ataque de microrganismos e a respiração da semente terão seus efeitos minimizados (BEBERT, 2008; FERREIRA et al., 2010; MASSETTO et al., 2013).

A secagem das sementes de aveia é uma etapa que requer atenção especial, pois o emprego de altas temperaturas pode comprometer suas características físicas e químicas, ocasionando escurecimento do óleo, desnaturação proteica e gelatinização do amido, além da possibilidade de causar rancidez (SIMIONI et al., 2007a). Em termos gerais, efeitos nocivos das reações de oxidação podem ser minimizados com refrigeração e armazenamento em condições adequadas, como embalagens a vácuo ou atmosfera controlada (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Alimentos ricos em gordura podem sofrer maior degradação em sua armazenagem, uma vez que as moléculas, que compõem os lipídios, se apresentam instáveis quimicamente e suscetíveis a alterações estruturais, causadas por certas enzimas, como as lipases. Dependendo das condições ambientais, essa instabilidade pode resultar em peroxidação lipídica e estresse oxidativo, causando, assim, a deterioração desses produtos (AGUIAR et al., 2007; SIMIONI et al., 2007a; SIMIONI et al., 2007b; JOSÉ et al., 2010).

Dessa forma, embalagens e condições inadequadas aumentam a possibilidade de rancidez hidrolítica, além de alterarem as propriedades funcionais do alimento (NARAYAN et al., 1988; ANWAR et al., 2007).

A rancidez produz sabor e aroma indesejáveis para os produtos, estando relacionada com a sua qualidade, de forma que pode ser hidrolítica ou oxidativa (ZADERNOWSKI et al., 1999). A rancidez hidrolítica é o resultado da hidrólise da ligação éster por lipase ou umidade, que pode acarretar o aumento do índice de acidez do óleo, elevação da suscetibilidade dos ácidos graxos às reações de oxidação e alterações de propriedades funcionais. Essa rancidez hidrolítica enzimática se relaciona à hidrólise dos óleos e gorduras com produção de ácidos

graxos livres (AGL), devido à ação das enzimas lipases, presentes nas sementes oleaginosas ou lipases de origem microbiana, ou, ainda, de forma não enzimática, por meio de altas temperaturas (SHAHIDI, 1995; HUI, 1996).

Já na rancidez oxidativa, as enzimas lipoxigenases e peroxidases catalisam reações entre ácidos graxos insaturados e o oxigênio molecular, produzindo hidroperóxidos. Os compostos resultantes são inodoros e insípidos, no entanto, os seus produtos secundários de decomposição, como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, normalmente, contribuem para o desenvolvimento de sabor desagradável aos produtos de aveia, de forma que podem, ademais, possuir atividade tóxica, carcinogênica e mutagênica (SHAHIDI et al., 1995; HUI, 1996).

A lipase é uma enzima naturalmente presente nos grãos de aveia, localizada na sua cariopse; aliados às altas concentrações de lipídios, esses grãos apresentam forte tendência à rancidez. Quando o grão passa pelo processamento, essa enzima pode entrar em contato com os lipídios e acelerar o processo de oxidação desses compostos (OLIVEIRA et al., 2010).

Essas enzimas lipolíticas (lipases) produzem, a partir dos triacilglicerídeos, ácidos graxos livres, que são cadeias insaturadas e facilmente oxidadas a hidroperóxidos. Essa reação de oxidação é catalisada pelas lipoxigenases; assim, os vários compostos resultantes – de baixo peso molecular – são responsáveis pela rancidez, a qual confere ao produto sabor amargo e aroma desagradável (GALLIARD, 1983; EKSTRAND et al., 1993; MARINI et al., 2005; RUPOLLO et al., 2005).

Sendo a enzima lipase bastante sensível e facilmente degradada na presença calor, sua inativação nas cariopses da aveia é comumente realizada pelo tratamento térmico a vapor (GALLIARD, 1983; MARINI et al., 2005; MARINI et al., 2007).

Já a peroxidase, que é uma enzima capaz de decompor os hidroperóxidos em compostos hidroxilados de baixo peso molecular, também responsáveis pelo sabor amargo, é uma enzima altamente termoestável (resistente ao calor). Dessa forma, tal enzima pode representar uma maneira de controlar as lipases, uma vez que sua ausência, após o tratamento térmico, indica que as demais enzimas, presentes no produto, também foram desnaturadas (GALLIARD, 1983; YOUNGS, 1986; ADAMS, 1991; GUTKOSKI e PEDÓ, 2000; SANDRIN, 2013).

Marini et al. (2005) estudaram o efeito da temperatura do ar de secagem e da relação intermitente sobre a inativação enzimática e viscosidade da pasta de aveia. Os autores constataram a ocorrência de decréscimo na atividade da lipase e peroxidase nos grãos de aveia, com o aumento da temperatura, indicando que a intensidade do calor, utilizada nos experimentos (65°C, 85°C, 110°C), afetou a viabilidade enzimática.

Além de fatores intrínsecos do próprio grão, a rancidez pode ocorrer quando há a infestação por certos fungos, que também produzem enzimas lipases, as quais degradam

lipídios em ácidos graxos livres para a sua utilização como fonte de energia ao seu próprio metabolismo (SIMIONI et al., 2007b).

Outro agravante da presença de fungos é a possível produção de micotoxinas, que impedem, assim, o uso dessa aveia para o consumo humano e animal. Nesse contexto, é importante a detecção desses microrganismos e a adoção de medidas preventivas, que sejam eficientes à sua eliminação, evitando perdas significativas desses grãos armazenados (MAGAN e EVANS, 2000).

Várias são os fatores que contribuem para a contaminação e proliferação fúngica nos grãos ou sementes de produtos agrícolas: presença de umidade, época de colheita, degradação física, condições dos equipamentos de colheita e condições de pós-colheita (armazenagem) (STELLATO et al., 2010; SREBERNICH et al., 2011).

Assim sendo, durante o armazenamento, as embalagens tornam-se importantes instrumentos para diminuir a velocidade do processo de deterioração dos grãos, uma vez que auxiliam a manutenção do teor de água desejada e diminuem também a respiração, o que contribui para evitar a degradação (TONIN e PEREZ, 2006). Condições físico-químicas, propriedades tecnológicas, valor nutricional, condições sanitárias e de inocuidade, para o consumo humano ou animal, são fatores que, em conjunto, afetam a qualidade e o valor comercial de grãos (FERREIRA et al., 2010).

Segundo Azevedo et al. (2003) e Silva et al. (2010), existem três categorias de classificação de embalagem quanto à sua permeabilidade, propiciadas em função da troca de umidade, as quais são:

- i) Permeáveis: o teor de umidade varia conforme as variações da umidade do ar, devido ao fato de serem higroscópicas (papel, juta, algodão e plástico trançado);
- ii) Semipermeáveis: existe alguma resistência a trocas, mas nada que impeça completamente a passagem da umidade (sacos plásticos finos ou de polietilenos, de 0,075 a 0,125mm de espessura e sacos de papel multifoliado laminados com polietileno);
- iii) Impermeáveis: não ocorre nenhuma troca de umidade entre as sementes com a umidade externa do ambiente (sacos de plástico, com mais de 0,125 mm de espessura selados ao calor, pacotes de alumínio e latas de alumínio, quando bem vedados).

Em estudo de Oliveira et al. (2011), ao avaliarem o armazenamento do milho em dois ambientes de armazenagem e três tipos de embalagens, foi constatado que a melhor embalagem é a garrafa PET, independentemente do ambiente, pois proporcionou um ambiente hermético, por se constituir como uma embalagem impermeável.

Já Sperotto et al. (2015), avaliaram a qualidade físico-química dos grãos de café, armazenados em dois tipos de embalagens, silo-bag (embalagem impermeável) e sacaria convencional (sacos de juta, embalagem classificada como permeável), durante 5 meses,

sem controle de temperatura e umidade. Foi observado que o silo-bag não agregou proteção ao café armazenado, sendo a sacaria de juta a que ofereceu melhor proteção contra o reumedecimento dos grãos.

Bezerra et al. (2015) estudaram a qualidade dos grãos de crambe, em dois diferentes tipos de embalagens, minibolsas impermeáveis (embalagem hermética) e sacaria de rafia (embalagem semipermeável), mantidos em três ambientes, a saber, sala climatizada com umidade (aproximadamente 80%) e temperatura (25%) controladas; estufa agrícola, sem controle de ambiente; e sala não climatizada, sem controle de ambiente. Ao final, foi constatado que houve um efeito positivo da embalagem hermética para a qualidade dos grãos armazenados ao teor de água e condutividade elétrica; porém, para as análises no óleo bruto, constataram que a melhor eficiência da manutenção da matéria-prima ocorreu na embalagem de bolsa hermética.

Por apresentar maior resistência, transparência e baixa permeabilidade ao vapor de água, o plástico é um dos componentes mais usados em embalagens. Quimicamente, ele não apresenta odor e não transmite sabor significativo aos alimentos (SILVA et al., 2013).

### **3.3 Ozonização**

O descobrimento do ozônio ocorreu em 1839, enquanto o químico suíço Schonbein estudava a decomposição eletrolítica da água. Anos mais tarde, chegou-se à conclusão de que o ozônio era a forma alotrópica do oxigênio, de maneira que sua ação sanitizante só foi reconhecida em 1866 (JORGE et al., 2006; SILVA et al., 2011; FERREIRA et al., 2014).

No entanto, seu uso como agente conservante foi empregado apenas em 1909, na estocagem de carnes em câmeras de resfriamentos. Porém, devido ao seu alto custo de obtenção na época, sua ação não atingiu grandes proporções na indústria alimentícia. Somente em 1982, foi reconhecido como substância segura e, assim, seu uso foi permitido como desinfetante em água engarrafada; mais tarde, foi estendido também para outros alimentos. Em 1997, essa propriedade desinfetante foi reconhecida pela Food and Drug Administration (FDA) dos EUA e considerada uma substância segura para ser usada como desinfetante na indústria de alimentos (ALEXANDRE et al., 2011; COELHO et al., 2015; KELLS et al., 2001).

Com odor característico e pungente, o ozônio é incolor, quando em baixas concentrações, e de coloração azulada, quando em altas concentrações (HELENO, 2013). Comparado a outros agentes sanitizantes, o ozônio destaca-se pelo seu elevado potencial de oxidação (2,07 mV), perdendo apenas para o flúor (3,06 mV) (SILVA et al., 2011; PANDISELVAM et al., 2019).

A aplicabilidade do ozônio na indústria alimentícia tem aumentado, pois trata-se de uma técnica não térmica e biologicamente adequada, uma vez que oxigênio é o produto da

sua degradação, não gerando, assim, resíduos fixos quando aplicado sobre outros produtos. Dessa forma, ele pode ser usado no armazenamento de grãos, conservação de frutas e legumes, descontaminação superficial de alimentos e materiais perecíveis, bem como na desinfecção de equipamentos de indústria, água e materiais de embalagem. É um agente de grande eficácia, pois oxida facilmente matéria orgânica, vírus, protozoários, bactérias, fungos e esporos, além de eliminar resíduos químicos, micotoxinas e pesticidas (MACEDO, 2004; HASSENBERG et al., 2008; TIWARI et al., 2010; REGO, 2017; RIBEIRO et al., 2017). A função antimicrobiana da ozonização é melhor evidenciada no item 3.3.1 a seguir.

Segundo Alexandre et al. (2018), a utilização do gás ozônio para a degradação de micotoxinas, presente em grãos de trigo, se mostrou eficiente. Os autores utilizaram uma concentração de 62 mg.L<sup>-1</sup> por 240 minutos e observaram uma redução de aproximadamente 32% para Desoxinivalenol e 61% para Zearalenona. Essa diferença na degradação das duas micotoxinas pode ser explicada pela estrutura molecular de cada uma.

Também, foi demonstrado, por Wang et al. (2016), que o tratamento com gás ozônio, a uma concentração de 100 mg.L<sup>-1</sup> durante 60 minutos, diminuiu os níveis de Desoxinivalenol nos grãos de trigo, sem influenciar negativamente a qualidade física e bioquímica do produto.

Kamber et al. (2016) estudaram a redução das aflotoxinas B1 em pimentões vermelhos contaminados artificialmente, utilizando uma concentração de ozônio de 80 mg.L<sup>-1</sup> por 40 min, de maneira que foi observada uma redução de 74% da contaminação das aflotoxinas depois do tratamento.

O ozônio também é eficiente na remoção de inseticidas dos grãos. Um exemplo é um estudo feito por Ávila et al. (2017), no qual foi testada a remoção de bifentrina e deltametrina, ambos inseticidas. O referido trabalho concluiu que, quanto maior a exposição do produto ao ozônio, menor a contaminação remanescente dos inseticidas. A bifentrina quando exposta a 10 horas ao gás ozônio teve uma porcentagem de remoção de 91,90%, enquanto a deltametrina, em 5 horas de exposição, obteve uma redução de 92,74%.

Contudo, outra característica do ozônio está no seu poder de modificar algumas propriedades funcionais dos alimentos. No caso do amido, por exemplo, sua influência para a alteração estrutural desse composto pode aumentar o prazo de validade do produto, melhorar sua textura e aumentar sua viscosidade (PANDISELVAM et al., 2019).

Segundo Gozé et al. (2017), a ozonização causou uma redução significativa à solubilidade em gel das prolaminas de trigo, podendo ser resultado da formação de novas ligações intermoleculares, formação de outros tipos de estruturas intermoleculares com ligações cruzadas covalentes e mudanças significativas à estrutura secundária. Ao afetar as propriedades moleculares das prolaminas dos grãos de trigo, o gás ozônio provoca alterações às propriedades reológicas das farinhas e massas obtidas desses grãos.

Dependendo da concentração do O<sub>3</sub> utilizada, sua ação sanitizante pode ter efeito negativo sobre os alimentos, promovendo perda de nutrientes ou alteração da qualidade

sensorial dos alimentos (alterando sabor), uma vez que concentrações elevadas podem causar danos oxidativos, o que resulta em produção de odor desagradável e alteração na coloração do produto alimentício. Outro efeito negativo, no seu uso em excesso, é a introdução de grupos carbonila e carboxila no amido, criação de ligações dissulfeto nas proteínas, diminuir o conteúdo de polifenóis e inativar enzimas endógenas (GIORDANO et al., 2012; SAVI et al., 2014; COELHO et al., 2015; ZHU, 2018).

Quanto às formas de obtenção do ozônio, na forma direta, ocorre a divisão espontânea de uma molécula de oxigênio diatômico; assim, o oxigênio livre dessa quebra pode reagir com outras moléculas e formar o ozônio, necessitando, então, de uma grande quantidade de energia (NAITO, TAKANARA, 2006). Já para as formas indiretas, podem ser empregados métodos por radiação UV, fotoquímicos, térmicos e eletrolíticos. Geralmente, o método de maior aplicação é o método de corona, no qual dois eletrodos, um de alta tensão e um de baixa, são separados por uma constante dielétrica de cerâmica e proporcionam um intervalo de descarga estreita, como mostrado na Figura 2. O ar ou oxigênio puro que entra em contato com esse espaço de separação entre os eletrodos é ionizado para, então, ser convertido em  $O_3$  (MAHAPATRA et al., 2005; SILVA et al., 2011).

Segundo Almeida et al. (2004), dentre todos os processos que formam o gás ozônio, o que utiliza a descarga eletroquímica, conhecido como efeito corona, é o mais utilizado comercialmente, devido à maior quantidade de ozônio gerado e baixo custo. Os ozonizadores utilizados podem variar de tamanho e potencial com diferentes intensidades, além de serem portáteis ou instalados em fábricas (CHRIST et al., 2016).

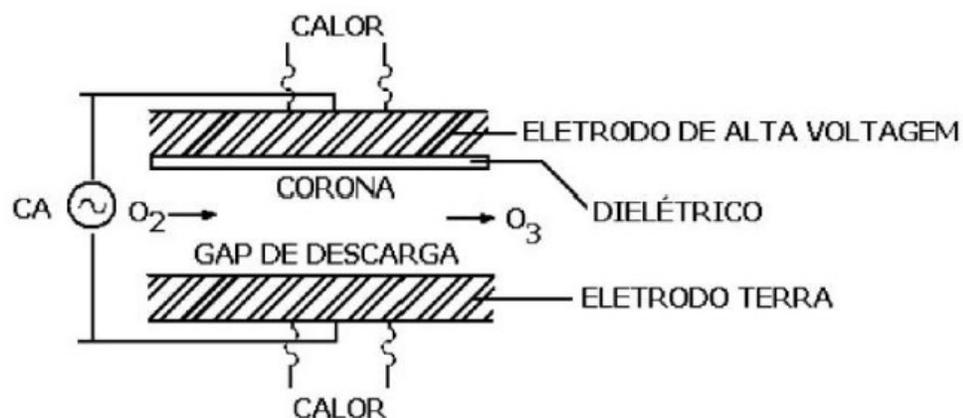


Figura 2 Gerador de ozônio pelo método corona (Fonte: SILVA et al., 2011).

### 3.3.1 Ação microbiológica do ozônio

De modo geral, a ação biológica do ozônio efetiva-se de duas formas: direta, quando age diretamente sobre as células-alvo; e indireta, por meio de radicais livres, que resultam

dos processos de peroxidação de ácidos graxos poli-insaturados, peptídeos e proteínas, sendo essa ação antimicrobiana decorrente da oxidação de lipídios, glicoproteínas e aminoácidos. Ademais, o ozônio pode danificar proteínas, ocasionar colapso da atividade enzimática, reagir com células presentes no citoplasma, alterar bases púricas e pirimídicas do DNA de algumas bactérias e vírus, ocasionando a destruição do RNA e modificando as cadeiras polipeptídicas (TIWARI et al., 2010; EI-DESOUKY et al., 2012; KELLS et al., 2001; KIM et al., 2003; KOMANAPALLI e LAU, 1998).

Tanto na forma gasosa quanto em solução aquosa, a ozonização atua reduzindo a microflora natural, sendo eficaz contra pragas que acometem os grãos armazenados, auxiliando a sua desinfecção e descontaminação dos cereais. Estudos já identificaram que esse processo afeta esporos, bactérias coliformes, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Serratia*, *Aspergillus* e *Penicillium* (KHADRE et al., 2001; NAITO e TAKAHARA, 2006; CULLEN et al., 2010; TIWARI et al., 2010; CHRIST et al., 2017).

A eficácia da ozonização para a redução ou inativação dos microrganismos depende da concentração do gás ozônio, tempo de aplicação (exposição), temperatura da massa de grãos, teor de água, constituintes químicos da camada externa do grão, fluxo do gás e da característica do microrganismo envolvido (KIM et al., 1999; RAILA et al., 2006; SILVA et al., 2011; FREITAS-SILVA et al., 2013).

Segundo Lapolli et al. (2003), a inativação das bactérias pelo ozônio é ocasionada por uma reação de oxidação de muitos constituintes celulares. Bactérias gram-negativas possuem uma maior sensibilidade ao gás ozônio, se comparadas às bactérias gram-positivas, devido à menor quantidade de peptidoglicanos na sua parede celular (HUNT e MARIÑAS, 1999; SILVEIRA, 2004).

Liu et al. (2020) verificaram uma redução de 90% do microrganismo *Eschecheria coli* em farelos de trigo depois de ozonizados, durante 50 minutos, com uma taxa de fluxo de ar constante de 5 L.min<sup>-1</sup>.

No caso das células fúngicas, o ozônio atua por meio do rompimento da camada celular ou desintegração, ocasionando a lise, por isso, a presença de água pode acelerar sua reação com substâncias orgânicas. A oxidação de vários constituintes da membrana, como ácidos graxos insaturados, e da parede celular, como enzimas e ácidos nucleicos, provoca o vazamento do seu conteúdo, conseqüentemente, causando a morte da célula (CULLEN et al., 2009; SILVA et al., 2011)

Junior et al. 2018, em um estudo com milho, concluíram que o processo de ozonização foi eficaz ao controle de fungos durante seu armazenamento. O gás foi aplicado na concentração de 2,14 mg.L<sup>-1</sup> ao fluxo de 5,8 L.min<sup>-1</sup>, com temperatura de 25±2°C, em 50 horas de exposição ao gás, o que reduziu o índice de ocorrência de *Aspergillus* spp. (78,5%) e *Penicillium* spp. (98,0%); dessa forma, confirmou-se seu efeito fungicida.

Santos et al. (2016) estudaram a aplicação do ozônio sobre os grãos de arroz e verificaram que, na concentração de 13,10 mg.L<sup>-1</sup>, com exposição de 60 horas, houve redução de 100% da ocorrência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.

Granello (2018) analisou o efeito da ozonização combinada com secagem para determinar se houve redução de fungos nos grãos de trigo. O gás foi aplicado na concentração de 2 g O<sub>3</sub> h<sup>-1</sup> por 45 minutos de exposição e temperatura de 50°C, em que foi observada uma redução de 92,86% na contagem total de fungos. Esses resultados sugerem que, quanto maior o tempo de exposição ao ozônio e maior a temperatura do ar de secagem, o efeito fungicida aumenta.

Segundo Savi et al. (2020), o uso do ozônio no armazenamento de arroz em silos é um método antifúngico seguro. O O<sub>3</sub> apresentou a capacidade de promover a inibição do desenvolvimento dos fungos, incluindo a possível cepa de *Penicillium* sp e *Aspergillus* sp. Foi verificado que, quanto maior a concentração do gás, maior foi a redução dos fungos, de maneira que não ocorreu alteração nas qualidades físico-químicas do produto armazenado.

No entanto, Gomes et al. (2019) relataram que a descontaminação em silos de arroz com o gás ozônio não apresentou eficiência na eliminação de todas as colônias de fungos, em algumas porções no silo, uma vez que o gênero *Penicillium* sp. permaneceu resistente ao tratamento.

De acordo com experimentos de Trombete et al. (2016), demonstrou-se que o ozônio, nas concentrações de 10 a 60 mg.L<sup>-1</sup> e de 2 a 5 horas de exposição, não altera de forma negativa a qualidade dos grãos de trigo.

Em outro estudo, de Chen et al. (2014), foi analisado o efeito do tratamento com ozônio em 6,0 mg L<sup>-1</sup>, durante 30 minutos, sobre o valor nutricional de amendoim; os autores observaram que não houve diferença significativa de polifenóis, resveratrol, valor de acidez e índice de peróxido entre amostras tratadas e não tratadas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local do experimento e obtenção dos flocos grossos de aveia branca

O trabalho foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), no Laboratório de Controle de Qualidades de Produtos Agrícolas (LACON).

A aveia em flocos grossos, utilizada neste estudo, foi proveniente de uma agroindústria da região oeste do estado do Paraná. O fluxograma da Figura 3 representa o processo industrial dessa empresa em relação ao processamento da aveia; as amostras foram coletadas na etapa de ensacamento de flocos grossos (circulado em vermelho). O processamento, ao qual o produto em questão foi submetido, anteriormente à coleta, incluiu, além do descascamento, o tratamento térmico (105° por 7-8 min), a flocagem por laminação mecânica, a secagem e o peneiramento.

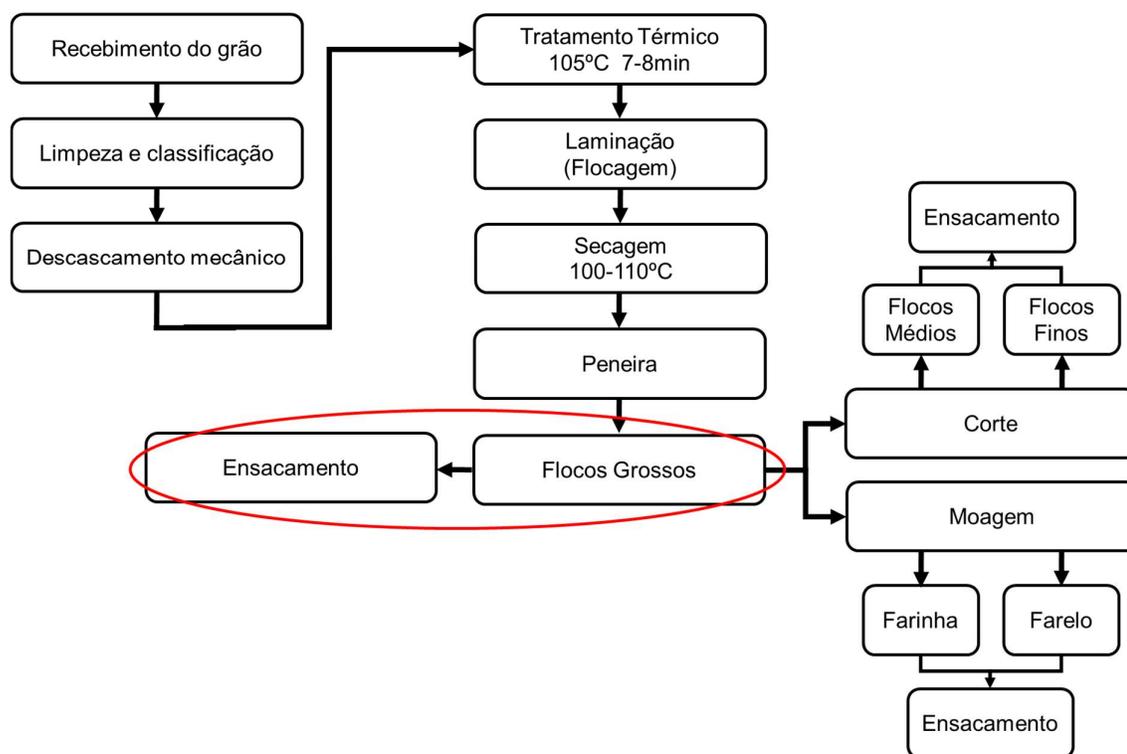


Figura 3 Fluxograma da agroindústria processadora da aveia utilizada nesse estudo.

As etapas de recebimento, limpeza e classificação, bem como o descascamento foram realizadas em outra unidade da mesma empresa. O tratamento térmico foi aplicado com o objetivo de inativação de enzimas, além de facilitar a etapa seguinte de flocagem, em que o grão passou por laminadores cilíndricos. Em seguida, após a secagem em estufa (teor de água final variando de 10 a 12%) e peneiramento, foram obtidos os flocos grossos.

## 4.2 Delineamento experimental

O estudo foi realizado em um delineamento fatorial, em que o fator 1 foi embalagem do produto e o fator 2, o tempo de ozonização entre 0 a 6 horas. Na Tabela 1, são apresentados os tratamentos conduzidos neste experimento.

Tabela 1 Distribuição dos tratamentos do experimento

Embalagem	Ozonização (ppm)	Tempo de aplicação (horas)
E1 (kraft + polietileno)	50	0 <sup>a</sup>
		1
		2
		4
		6
		E2 (polipropileno)
1		
2		
4		
6		

Notas: a – equivalente a não aplicação de ozônio.

A embalagem E1 (Figura 4a) foi composta de papel kraft multifoliado, revestido internamente com polietileno de 11 micras, sendo considerada semipermeável pela sua confecção. Já a embalagem E2 (Figura 4b), feita de saco do tipo rafia de polipropileno laminado, é caracterizada como semipermeável, devido aos poros presentes na sua composição.

A aplicação do ozônio foi realizada em minissilo de PVC vedado (Figura 4c), com uma concentração constante de 50 ppm, sobre as aveias já processadas e embaladas, nos tempos de 0 horas (equivalente a não receber ozônio), 1, 2, 4 e 6 horas. O ozonizador utilizado é da marca O3R, modelo SKID 20, com capacidade de 20 g.h<sup>-1</sup>.



Figura 4 (a) embalagem E1; (b) embalagem E2; (c) ozonizador e silo em PVC.

Para as análises laboratoriais, foram utilizadas 3 repetições de cada um dos tratamentos. Os flocos foram ozonizados aproximadamente 30 dias após serem processados e embalados. Após a ozonização, as embalagens foram armazenadas em ambiente não controlado por 7 dias para a realização das análises.

### **4.3 Análises biológicas**

#### **4.3.1 Quantificação de fungos**

Para determinar os efeitos que o ozônio produz sobre a descontaminação de fungos, as amostras de flocos de aveia branca foram analisadas de acordo com o método oficial para enumeração de fungos totais em alimentos (SILVA et al., 2017).

Foram pesados 25g de cada amostra de aveia e transferidos para um frasco de Erlenmeyer, no qual foram adicionados 225 ml de solução salina peptonada (0,1%) e, na sequência, homogeneizadas por 60 segundos, correspondendo à diluição  $10^{-1}$ . Dessa mistura, foram retiradas alíquotas para as diluições  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$ , feitas em tubos de ensaio, que continham solução salina peptonada (0,1%). Por fim, alíquotas de 0,1 mL foram transferidas para placas de petri, contendo ágar DRBC, e incubadas em B.O.D., por 5 dias, a 25°C. Após esse período, as colônias fúngicas foram contadas e os resultados expressos em UFC.g<sup>-1</sup> de flocos.

### **4.4 Análises físico – químicas**

#### **4.4.1 Determinação do teor de água**

Para a determinação do teor de água, foram utilizadas três amostras de aproximadamente 10g de flocos de aveia grosso, para cada uma das condições a serem estudadas (Embalagens E1, E2 e controle), distribuídas uniformemente e pesadas, a fim de efetivar posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar a  $105\pm 1^\circ\text{C}$ , durante 24 horas (Brasil, 2009, com adaptações). Os resultados foram expressos em porcentagem de base de massa úmida (% b.u.).

#### **4.4.2 Determinação da presença de peroxidase**

Foram pesados 5g de amostra moída bécker de vidro e adicionados 100 mL de água destilada, sendo que a mistura foi deixada em repouso por 30 minutos e filtrada em papel filtro qualitativo. 10 mL do filtrado foram transferidos para bécker e 2 mL de solução de guaiacol e de 2 a 3 gotas de solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram adicionados. A ocorrência do desenvolvimento de

coloração marrom indicou a presença de peroxidase, enquanto a reação, que permaneceu transparente, indicou que a enzima foi inativada (AOAC, 1995; SANDRIN, 2013).

#### 4.4.3 Determinação de lipídios

O perfil lipídico foi determinado pelo método de extração a quente, utilizando-se o extrator de Goldfish. Primeiro, foi pesado em balança analítica aproximadamente 5 g de amostra; em seguida, foram colocadas em reboiler, com 100 ml de éter de petróleo a 90°C por 1h e 30min. Depois, foi elevado o reboiler por 30 min, mudando a temperatura para 130°C para a recuperação do solvente e extração da fração gordurosa, bem como das demais substâncias solúveis em éter. A última etapa consistiu em retirar o reboiler do extrator e colocar em estufa a 105°C por 1 hora. Após, as amostras foram colocadas em dessecador por 15 minutos e pesadas, em seguida, além de calculadas por diferença de peso (IAL, 2008).

#### 4.4.4 Determinação da acidez

Foram pesadas 2,5g de amostra em balança analítica e transferidas para um Erlenmeyer, no qual foram adicionados 50 ml de álcool etílico 95,0%. A solução foi deixada em repouso por 24 horas, sendo agitada ocasionalmente. Posteriormente, 20 ml do sobrenadante foram transferidos para um Erlenmeyer, em que foram adicionadas 4 gotas de fenolftaleína 1% e, então, feita a titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,01N até o surgimento de uma coloração rósea e persistente. Foi realizada uma prova em branco, usando 20 ml do mesmo álcool. O cálculo da acidez total é apresentado na Equação 1 (adaptado de IAL, 1985):

$$\frac{(V-V') \cdot N \cdot f_c}{P} * \frac{V_a}{V_t} * 100 = \frac{\text{mL de acidez}}{100\text{g amostra}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: V = Volume em mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação da amostra;

V' = Volume em mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação do branco;

N = Normalidade do hidróxido de sódio utilizado (0,01N);

f<sub>c</sub> = Fator de correção de hidróxido de sódio 0,01 N;

P = Peso, em gramas, da amostra (flocos de aveia);

V<sub>a</sub> = Volume inicial, em mL, de álcool adicionado na amostra;

V<sub>t</sub> = Volume de tomada de amostra, em mL, utilizado para a titulação.

#### 4.5 Análise estatística

Os parâmetros verificados neste trabalho foram análise microbiológica, para determinar a contaminação fúngica, o teor de água, atividade da peroxidase, teor de lipídios e teor de acidez, a fim de verificar a qualidade dos flocos. Para todas as análises, foram realizados o teste de variância (ANOVA) e o Teste Tukey ao nível de significância a 5%. Ainda, para os parâmetros “Teor de água”, “Teor de lipídios” e “Teor de acidez”, foi aplicada também uma análise de regressão estatística polinomial, com objetivo de verificar o comportamento da curva de ajuste dos dados entre o “Tempo de ozonização” (considerado quantitativo) e os parâmetros em questão, sendo adotados, como referência para correlação muito forte, valores de  $R^2 \geq 0,90$  (FILHO e JUNIOR, 2009).

Todos os testes e análises estatísticas, descritas neste trabalho, foram realizados utilizando o software R 4.0.2; os gráficos foram gerados pelo software Microsoft Excel.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados, aqui, expostos são referentes às análises físico-químicas e contaminação fúngica dos flocos grossos de aveia branca ozonizados (50 ppm) nos tempos de 0, 2, 4 e 6 horas, em duas embalagens diferentes, sendo embalagem de kraft multifoliado com polietileno (E1) e embalagem de rafia de polipropileno laminado (E2).

### 5.1 Contaminação fúngica

De acordo com os resultados de contagem de colônias obtidos neste trabalho, o nível de contaminação fúngica foi baixo, com alguns valores correspondentes a zero. Na Figura 5, são apresentadas as médias encontradas para os tratamentos com diferentes tempos de ozonização. Na Embalagem E1, foi encontrada contaminação apenas no tempo de 2 h de exposição ao gás ozônio, com valor de  $1,92 \times 10^2$  UFC.g<sup>-1</sup>, sendo ausente nos demais tempos analisados. Já na Embalagem E2, no tempo 0 h, o valor encontrado foi de  $1,67 \times 10^2$  UFC.g<sup>-1</sup>; em 1 h, o valor foi  $1,75 \times 10^2$  UFC.g<sup>-1</sup>; em 6 h, foi  $8,33 \times 10^1$  UFC.g<sup>-1</sup>; e, nos demais tempos, não houve formação de colônias.

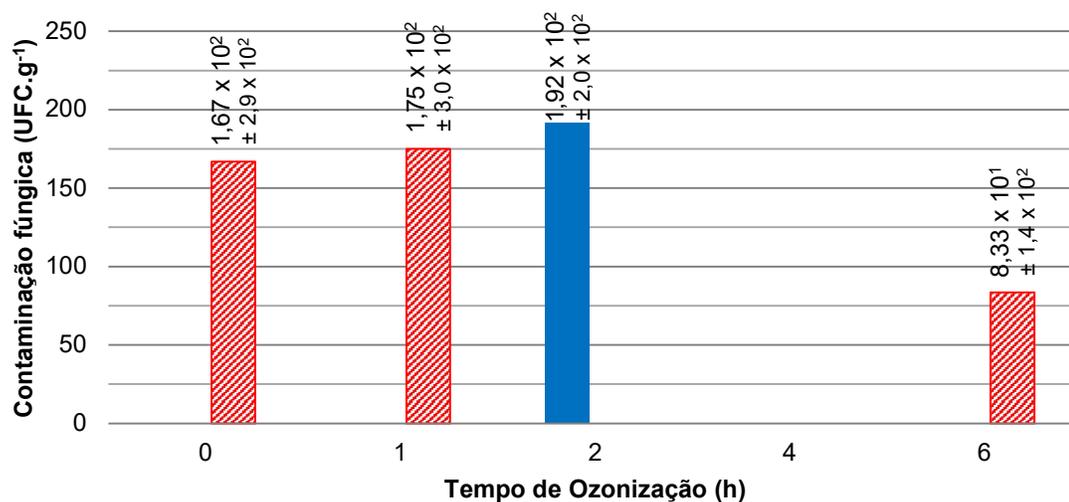


Figura 5 Médias ± desvio padrão das contagens de fungos (Legenda: ■ Embalagem E1; ▨ Embalagem E2).

Observa-se que, mesmo com os baixos valores iniciais, houve tendência de diminuição da contaminação fúngica, ao passo que se aumentou o tempo de exposição ao gás ozônio, como observado principalmente na embalagem E2. Segundo a Resolução RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001, a contaminação microbiológica máxima para farinhas e farelos é de  $5 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> (ANVISA, 2001). Portanto, os valores encontrados nesses flocos de aveia branca estão dentro das normas estabelecidas.

A baixa contaminação fúngica dos grãos de aveia pode estar relacionada com o fato de, durante seu processamento, passarem pela etapa de estabilização e tostagem, que consiste em expô-los a uma fonte de alta temperatura. Essa exposição pode contribuir para a eliminação dos fungos. Contudo, no caso da formação de esporos, a ozonização pode ter atuado eliminando parte considerável dessa contaminação remanescente. Tal redução pode ser importante durante armazenamento de longo período, uma vez que a contaminação residual pode acarretar proliferação fúngica acima do limite sanitário permitido, tornando-o alimento impróprio para o consumo.

Segundo Ketteringham *et al.* (2006), a ação microbiana do gás ozônio efetiva-se devido à sua alta atividade oxidante, que reage rapidamente com enzimas intracelulares, material nucléico e componentes do envelope celular, esporos ou capsídeos.

No estudo das sementes de linhaça marrom e dourada, Bechlin *et al.* (2019) verificaram a contaminação fúngica desses produtos. Nessa pesquisa, os autores utilizaram duas embalagens (kraft+polietileno e saco do tipo rafia de polipropileno), de maneira que os grãos de linhaça foram ozonizados por 2 horas a 10 ppm. Com relação à embalagem kraft+polietileno (equivalente a E1 desse trabalho), foi verificado que a contaminação da linhaça marrom ozonizada foi menor que o controle (não ozonizado), apresentando valor nulo. Contudo, para a linhaça dourada ozonizada, a contaminação encontrada foi maior que o controle. Situação análoga ocorreu com os flocos de aveia branca deste trabalho, uma vez que, apesar dessa embalagem (E1) não ter apresentado contaminação nos tempos de 0, 1, 4 e 6 h de ozonização, houve contaminação no tempo de 2 h. Já com relação à embalagem saco de rafia de polipropileno, houve redução da contaminação fúngica em relação ao controle (não ozonizado), tanto para a linhaça marrom quanto para a dourada, equivalente ao ocorrido na embalagem E2 deste trabalho.

Brito Júnior *et al.* (2018) estudaram os efeitos da ozonização em grãos de milho e observaram que, na concentração de  $2,14 \text{ mg L}^{-1}$ , com exposição de 50h ao gás ozônio, ocorreu redução na contagens de fungos totais, corroborando o que foi encontrado neste trabalho, visto que, apesar da baixa contaminação, de forma geral, ainda foi possível verificar redução da contaminação fúngica nos maiores tempos de exposição.

## **5.2 Teor de água**

Sabendo da importância do teor de água no grão e que pode estar diretamente relacionado com outros parâmetros químicos e microbiológicos, como a proliferação de fungos, manter teores adequados é fundamental para impedir, além da degradação biológica, a proliferação de microrganismos patogênicos, que podem ser prejudiciais para o produto armazenado (TAIZ & ZEIGER, 2017). Sendo assim, avaliou-se o efeito da ozonização sobre os teores de água presentes na aveia branca.

Na Tabela 2, é apresentada a análise de variância do teor de água presente nos flocos de aveia branca estudados, levando-se em consideração como fatores os dois tipos de embalagens e os diferentes tempos de exposição ao gás ozônio.

Tabela 2 Análise de variância (ANOVA) para o teor de água dos flocos de aveia branca ozonizados

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Embalagem	1	0,348	5	53,973	>0,000 *
Tempo	4	0,253	4	9,835	>0,000 *
Embalagem x Tempo	4	0,018	2	0,711	0,594
Total	29	0,747	1		

Notas: CV= 0,7%; \* significativa a 5%.

Os valores de p-valor obtidos permitem verificar que não existiu interação estatística entre os fatores Embalagem e Tempo, porém, houve significância para os dois, individualmente, o que representa que existe diferença estatística entre as médias. Dessa forma, procedeu-se o Teste Tukey a 5% de significância na Tabela 3.

Tabela 3 Médias do teor de água (% b.u.) dos flocos de aveia branca ozonizados e Teste Tukey a 5% de significância

Tempo Embal.	0h	1h	2h	4h	6h	Média <sup>1</sup>
E1	11,40±0,06	11,46±0,01	11,34±0,08	11,17±0,09	11,24±0,14	<b>11,32±0,13<sup>B</sup></b>
E2	11,58±0,12	11,62±0,05	11,61±0,04	11,45±0,05	11,42±0,08	<b>11,54±0,11<sup>A</sup></b>
<b>Média <sup>2</sup></b>	<b>11,49±0,13<sup>a</sup></b>	<b>11,54±0,10<sup>a</sup></b>	<b>11,47±0,16<sup>a</sup></b>	<b>11,31±0,17<sup>b</sup></b>	<b>11,33±0,14<sup>b</sup></b>	

Legenda: Tempo (tempo de ozonização a 50 ppm); Embal. (Embalagem) – E1 (Embalagem kraft+polietileno); E2 (Embalagem polipropileno);

Notas: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística nas médias em cada linha; Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística nas médias em cada coluna; 1 – Média geral do teor de água para cada embalagem; 2 – Média geral do teor de água para cada tempo de ozonização.

Em relação às embalagens, observa-se que, na média geral do teor de água, a embalagem E1 apresentou menor valor, se comparada à embalagem E2, sendo os teores de água de 11,32% e 11,54%, respectivamente. Essa diferença pode ser justificada pelo material de composição de cada uma, já que o polipropileno laminado da embalagem E2 apresenta um índice de permeabilidade maior que a embalagem E1, o que resulta em maiores trocas gasosas com o ambiente, além de elevar, assim, o teor de água inicial do produto.

Em relação aos tempos de ozonização, observa-se que, na média geral, houve uma diminuição significativa dos teores de água, quanto maior o tempo do processo. O maior valor médio ocorreu no tempo de 1 h (11,54%) e os menores em 4 h (11,31%) e 6 h (11,33%). A tendência de redução do teor de umidade dos flocos pode ser justificada pelo fato do oxigênio usado na produção do ozônio ser puro, ou seja, isento de umidade.

Entretanto, tanto a diferença no teor médio de água das duas embalagens quanto a redução média dessa umidade, ocorrida na ozonização, ambos com cerca de apenas 0,20%,

não podem ser considerados expressivos para essa variável, isto é, não representam uma alteração prejudicial a esse produto.

Além disso, os teores de água verificados em todos os tratamentos se mantiveram dentro do padrão ideal indicado para comercialização, em que, segundo a portaria n° 191 de 14 de abril de 1974 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a porcentagem de umidade dos grãos de aveia branca deve ser de, no máximo, 14% (BRASIL, 2020) e, segundo a Resolução CNNPA n° 12, de 1978 da ANVISA, os produtos derivados da aveia não podem ter umidade acima de 15% (CEASA, 2020).

O estudo realizado por Brito Junior et al. (2018), que utilizou o gás ozônio (gerado por meio de oxigênio puro) em grãos de milho com concentração de 2,14 mg.L<sup>-1</sup> e exposições de até 50h, também verificou diminuição no teor de água dos grãos ozonizados em relação ao controle (sem ozonização), semelhantemente ao que ocorreu com o presente trabalho. Os mesmos autores destacam, ainda, a importância do controle da umidade durante a ozonização para evitar o ressecamento excessivo do grão em ozonizações prolongadas.

Na Figura 6, está apresentada a curva de ajuste das médias dos teores de água para cada embalagem ao longo do tempo de ozonização, bem como a respectiva equação obtida por meio da regressão cúbica. Apesar dessa abordagem não ter aplicabilidade prática para esse conjunto de dados, ela foi utilizada para demonstrar a influência da ozonização no teor de água dos flocos de aveia branca, bem como a sua relação com o comportamento dos teores de lipídios e acidez.

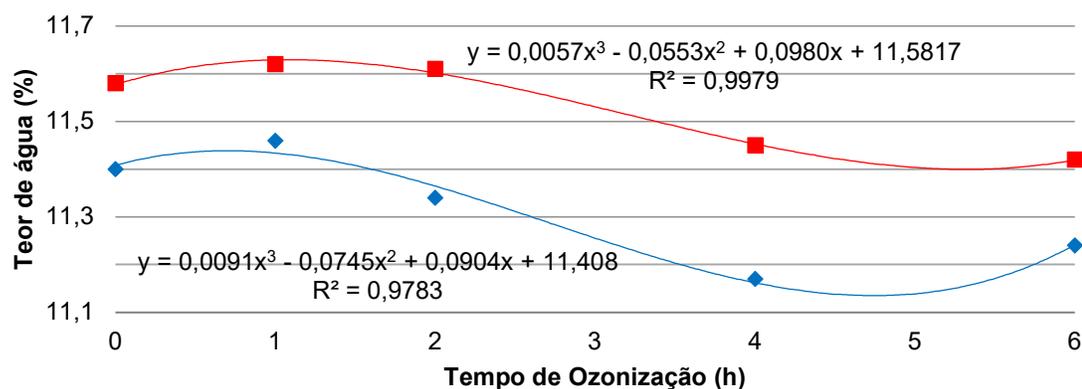


Figura 6 Teores de água dos flocos de aveia branca ozonizados e regressão polinomial de ajuste dos dados (Legenda: ♦ Embalagem E1; ■ Embalagem E2).

No estudo de Bechlin et al. (2019), ao aplicar ozonização (10 ppm por 2 h) em grãos de linhaça acondicionados nas mesmas embalagens do presente trabalho, os autores relataram que os teores de água da linhaça dourada apresentaram um pequeno aumento após a ozonização, da ordem de 0,2% para a embalagem kraft+polileno e 0,4% para a embalagem de polipropileno. De forma análoga, os tempos de 1 e 2 h de ozonização dos

flocos de aveia deste trabalho também sofreram um pequeno aumento no valor médio de teor de água, contudo, estaticamente insignificante em relação a 0 h.

Já Mishra (2019), constatou redução do teor de água em sementes de trigo tratadas com ozônio, em uma concentração de  $2,5 \text{ g.m}^{-3}$  durante 8 horas, em relação às amostras não tratadas, sendo essa diminuição, com valores de 12,54%, antes da ozonização e 10,14% depois da ozonização. Essa redução, segundo os autores, foi o resultado da oxidação causada pelo ozônio, que acabou diminuindo a umidade de superfície.

Freitas et al. (2017) relataram que a exposição ao gás ozônio na concentração de  $0,85 \text{ mg.L}^{-1}$ , com fluxo contínuo de  $1,0 \text{ L.min}^{-1}$ , em grãos de milho, causou a redução do teor de água de 11,9% para 11,3%. Entretanto, essa alteração não foi considerada significativa, segundo os autores.

### 5.3 Peroxidase, acidez e teor de lipídios

Sabendo que a aveia apresenta forte tendência à rancidez, devido à presença de enzimas lipases, faz-se necessário que ocorra sua inativação para manter os níveis de acidez do grão aceitáveis (GALLIARD, 1983; MARINI et al., 2005; OLIVEIRA, et al. 2010).

Na Tabela 4, é possível verificar que, em todos os tempos de ozonização, de ambas as embalagens E1 e E2, não foi constatada atividade da peroxidase. Como já mencionado anteriormente, a presença dessa enzima é um indicativo de presença da enzima lipase. Portanto, com a ausência da primeira, é possível inferir que ambas as atividades enzimáticas tenham sido inativadas.

Tabela 4 Atividade da peroxidase nos flocos de aveia branca ozonizados

Embal.	Tempo	0h	1h	2h	4h	6h
	E1		-	-	-	-
E2		-	-	-	-	-

Legenda: Tempo (tempo de ozonização a 50 ppm); Embal. (Embalagem) – E1 (Embalagem kraft+polietileno); E2 (Embalagem polipropileno).

Notas: A notação “+” indica presença de atividade da peroxidase; A notação “-” indica ausência de atividade da peroxidase.

Como os flocos de aveia branca analisados neste trabalho passaram previamente por um processamento, no qual uma das etapas foi o tratamento térmico a  $105^{\circ}\text{C}$  por 7-8 minutos, essa ausência sugere que a alta temperatura empregada foi eficaz para a devida inativação dessas enzimas.

Obadi et al. (2018) trataram a farinha de grãos integrais com ozônio na concentração de  $5 \text{ g.h}^{-1}$ . Posteriormente, extraindo o óleo para a análise, foi verificado que a atividade da lipase foi menor no óleo tratado com o  $\text{O}_3$  depois de 35 min de exposição. Esses autores ainda

concluíram que o aumento do tempo de ozonização para 45 minutos foi eficaz para inativar por completo a enzima lipase do óleo tratado.

Sabe-se que os lipídios são importantes para a nutrição humana pela sua composição em ácidos graxos essenciais, no entanto, quando aliados a enzimas hidrolíticas, podem ser responsáveis pela instabilidade no armazenamento dos grãos. Quando esses lipídios são aquecidos, na presença de oxigênio, sofrem oxidação devido à degradação dos ácidos graxos, assim, os radicais livres produzidos podem reagir com proteínas, vitaminas e outros constituintes, reduzindo a qualidade nutritiva do alimento, principalmente na alteração de sabor e cor (MOLIN, 2011).

Embora o ozônio apresente um bom desempenho como sanitizante, ele evidencia um alto poder oxidativo. Sendo assim, é necessária a verificação do comportamento dos lipídios sobre a ação desse gás, já que, em alguns casos, ele pode promover oxidação e degradação dos constituintes químicos, como ácidos graxos saturados, que são facilmente oxidados e podem produzir subprodutos indesejados (KHADRE et al., 2001).

Na Tabela 5, é apresentada a análise de variância com relação ao teor de lipídios. Verificou-se que não ocorreu interação significativa entre Embalagem e Tempo. Entretanto, houve significância para os fatores, individualmente, procedendo-se, então, a análise das médias gerais de cada um.

Tabela 5 Análise de variância (ANOVA) para o teor de lipídios dos flocos de aveia branca ozonizados

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Embalagem	1	14,389	4	9,205	0,006 *
Tempo	4	38,049	5	6,085	0,003 *
Embalagem x Tempo	4	7,463	3	1,194	0,346
Total	28	89,602	1		

Notas: CV= 14,72%; \* significante à 5%.

A Tabela 6 apresenta os valores das médias dos teores de lipídios e o teste Tukey a 5% de significância. Observa-se que, na embalagem E1, a média geral foi menor que a encontrada em E2, sendo os valores de teor de lipídios de 7,81% e 9,22%, respectivamente. Já na média geral dos tempos de ozonização, nota-se que ocorreu um aumento progressivo na porcentagem de lipídios. Embora, em 4h, tenha ocorrido um menor valor (7,77%), em relação ao comportamento apresentado pelos demais tempos ozonizados (cerca de 8,5%, para 1 h e 2 h, e 10,5%, para o tempo de 6 h), de forma geral, a ozonização causou um aumento do teor de lipídeos nos flocos de aveia branca.

Tabela 6 Médias do teor de lipídeos (%) dos flocos de aveia branca ozonizados e Teste Tukey a 5% de significância

Embal.	Tempo	0h	1h	2h	4h	6h	Média <sup>1</sup>
E1		5,95±1,32	7,20±0,87	7,95±0,57	7,65±0,39	10,32±1,10	<b>7,81±1,67<sup>B</sup></b>
E2		8,31±0,78	9,77±1,11	9,70±0,02	7,88±0,77	10,61±2,87	<b>9,22±1,67<sup>A</sup></b>
	Média <sup>2</sup>	<b>7,13±1,62<sup>b</sup></b>	<b>8,48±1,67<sup>ab</sup></b>	<b>8,64±1,04<sup>ab</sup></b>	<b>7,77±0,56<sup>b</sup></b>	<b>10,46±1,95<sup>a</sup></b>	

Legenda: Tempo (tempo de ozonização a 50 ppm); Embal. (Embalagem) – E1 (Embalagem kraft+polietileno); E2 (Embalagem polipropileno).

Notas: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística nas médias em cada linha; Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística nas médias em cada coluna; 1 – Média geral do teor de lipídios para cada embalagem; 2 – Média geral do teor de lipídios para cada tempo de ozonização.

Esses valores, embora diferentes nas duas embalagens, condizem com a literatura, uma vez que o teor encontrado na maioria das cultivares de aveia está entre 5% e 9% (HOSENEY, 1991). Segundo Asp et al. (1992), o teor de lipídios em aveia descascada pode variar entre 6 a 8%. Já Marini et al. (2007), encontrou em aveia com casca uma porcentagem de aproximadamente 6,90% de lipídios. Brum et al. (2009) realizaram a extração dos lipídios da aveia em flocos, utilizando diferentes metodologias, e obtiveram resultados que variam entre 6,9 e 7,7%.

Na Figura 7, está apresentada a curva de ajuste das médias dos teores de lipídios para cada embalagem, ao longo do tempo de ozonização, bem como a respectiva equação obtida por meio da regressão cúbica. Novamente, apesar dessa análise não ter grande aplicabilidade prática, contribui para evidenciar o comportamento de tendência de aumento dos teores de lipídios tanto para E1, mesmo apresentando teores em média menores, quanto para E2. Contudo, para ambas, é possível verificar que a inflexão da curva ocorre próxima do tempo 4 h, situação semelhante ao que foi verificado com o teor de água dos flocos ozonizados.

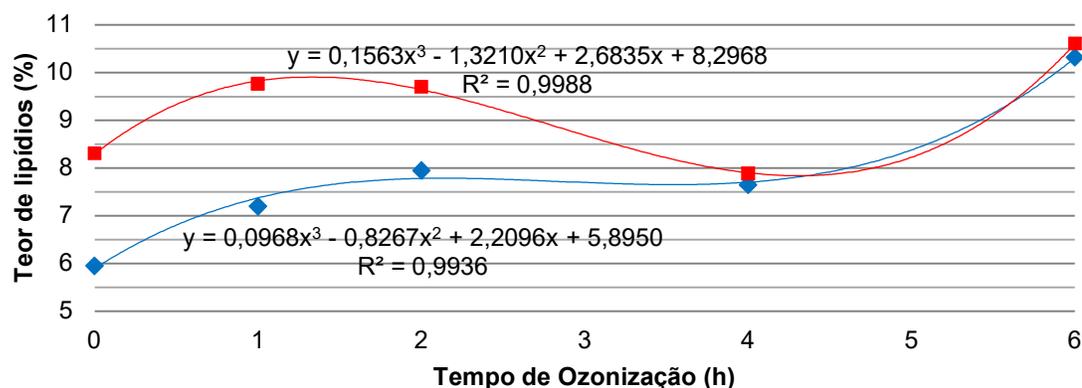


Figura 7 Teores de lipídios dos flocos de aveia branca ozonizados e regressão polinomial de ajuste dos dados (Legenda: ♦ Embalagem E1; ■ Embalagem E2).

Silva (2016), que avaliou o efeito da ozonização em grãos de milho sobre dois tratamentos, com e sem secagem por convecção, nos tempos de 0, 2, 4 e 6 horas, a uma concentração de ozônio de  $1,74 \text{ mg.L}^{-1}$  e tempo de saturação de 112 minutos, verificou um comportamento semelhante ao encontrado no presente trabalho. Segundo a autora, no tratamento com secagem, houve redução no teor de lipídios, nos tempos de 2 e 4 horas, e aumento no tempo de ozonização, de 6 h. Já no tratamento sem secagem, ocorreu aumento no teor de lipídios, no tempo de 2 h, e diminuição, nos tempos de 4 e 6 h.

Em um segundo momento, a mesma autora supracitada utilizou a ozonização em grãos de milho para a degradação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's), na concentração de  $1,74 \text{ mg.L}^{-1}$ , com tempo de saturação de 112 minutos, nos tempos de 0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas. Também, foi relatado um aumento do teor de lipídios nos tempos de 8, 12, 16 e 24 horas, quando comparado a 0h, ou seja, sem ozonização. Os resultados encontrados por Silva (2016) corroboram os encontrados do presente trabalho, em que, no tempo de maior exposição da ozonização (6h), ocorreu aumento significativo do teor de lipídios em ambas as embalagens estudadas (cerca de 4% de aumento em E1 e 2,3% em E2), quando comparado a 0h.

Outro estudo, que relata um aumento no teor de lipídios, foi realizado por Silva (2015), que investigou a porcentagem de lipídios em grãos de arroz ozonizados em diferentes tempos. Foi utilizada uma concentração de  $2,14 \text{ mg.L}^{-1}$ , nos tempos de 0h (sem ozonização), 5, 25, 48, 72 e 96h. Verificou-se um aumento gradativo, estatisticamente significativo, do teor de lipídios à medida que se aumentou o tempo de ozonização.

Trombete et al. (2017) investigaram a influência da ozonização para a composição tecnológica e química, no conteúdo mineral e nas propriedades sensoriais da farinha, farelo e frações germinativas, obtidos por meio da moagem de grão de trigo. Utilizaram-se concentrações de 10 e  $60 \text{ mg.L}^{-1}$ , no tempo de 2 e 5 horas de exposição. Com relação ao parâmetro teor de lipídios, foi verificado que a ozonização não apresentou nenhuma influência significativa.

Segundo Laureth et al. (2019), estudaram grãos de amendoim submetidos à ozonização na concentração de 50 ppm, nos tempos de 20, 30, 40 e 60 minutos. Segundo os autores, o teor de lipídios nos grãos foi influenciado negativamente pelo tempo de concentração.

A hidrólise lipídica ocorre mais rapidamente do que a de proteínas ou carboidratos; o índice de acidez é um indicador sensível de deterioração incipiente de grãos armazenados e seus produtos. Com isso, há condições de detectar perdas logo no seu princípio, possibilitando que se concretizem medidas para evitar danos maiores (OLIVEIRA et al., 2010).

A acidez total titulável pode estar relacionada com a concentração total de ácidos graxos na amostra. Sendo assim, o aumento na acidez pode ocorrer devido à quebra oxidativa

do triacilglicerídeos e liberação de ácidos graxos livres, resultado de uma possível degradação desses compostos pela ação do ozônio (TIWARI et al. 2010; DAMODARAN e PARKIN, 2019).

Na Tabela 7, foi realizada a análise de variância (ANOVA) para a verificação de interação entre os fatores Embalagem e Tempo a 5% de significância. A interação entre os dois fatores não foi significativa, mas sim para cada um individualmente, então, foi efetivada uma análise das médias separadamente.

Tabela 7 Análise de variância (ANOVA) para o teor de acidez dos flocos de aveia branca ozonizados

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p-valor
Embalagem	1	0,102	5	6,892	0,025 *
Tempo	4	0,362	4	6,115	0,009 *
Embalagem x Tempo	4	0,046	2	0,782	0,562
Total	19	0,658	1		

Notas: CV= 8,39%; \* significativo à 5%.

Na Tabela 8, são apresentadas as médias do teor de acidez dos flocos de aveia branca ozonizados e o teste de Tukey para a verificação da diferença estatística entre elas. É possível verificar que a embalagem E1 apresentou menor média (1,38%), se comparada ao valor da embalagem E2 (1,52%).

Em relação ao tempo de ozonização, é possível observar um aumento crescente da média, conforme o aumento do tempo de exposição. Ocorreu diferença estatística entre 0h e 6h, com valores de 1,25% e 1,67%, respectivamente. Embora não tenha ocorrido diferença estatística entre as médias dos tempos 1, 2 e 4h, tanto em relação a 0h quanto em relação a 6h, é possível notar um aumento gradativo desses valores.

Tabela 8 Médias do teor de acidez (%) dos flocos de aveia branca ozonizados e Teste Tukey a 5% de significância

Embal.	Tempo					Média <sup>1</sup>
	0h	1h	2h	4h	6h	
<b>E1</b>	1,21±0,14	1,37±0,07	1,42±0,00	1,38±0,11	1,51±0,00	<b>1,38±0,12<sup>B</sup></b>
<b>E2</b>	1,29±0,05	1,41±0,06	1,52±0,13	1,57±0,07	1,82±0,29	<b>1,52±0,22<sup>A</sup></b>
<b>Média <sup>2</sup></b>	<b>1,25±0,10<sup>b</sup></b>	<b>1,39±0,06<sup>ab</sup></b>	<b>1,47±0,10<sup>ab</sup></b>	<b>1,47±0,13<sup>ab</sup></b>	<b>1,67±0,24<sup>a</sup></b>	

Legenda: Tempo (tempo de ozonização a 50 ppm); Embal. (Embalagem) – E1 (Embalagem kraft+polietileno); E2 (Embalagem polipropileno).

Notas: Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística nas médias em cada linha. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística nas médias em cada coluna; 1 – Média geral do teor de acidez para cada embalagem; 2 – Média geral do teor de acidez para cada tempo de ozonização.

Na Figura 8, está apresentada a curva de ajuste das médias dos teores de acidez para cada embalagem ao longo do tempo de ozonização, bem como a respectiva equação obtida por meio da regressão polinomial de terceiro grau. Observa-se, nessa curva, comportamento semelhante às curvas verificadas no teor de água e teor de lipídios dos flocos de aveia

ozonizados. Apesar da tendência de aumento gradativo dos valores de acidez com o aumento do tempo de exposição, para ambas as embalagens, a inflexão da curva ocorre perto do tempo de 4h.

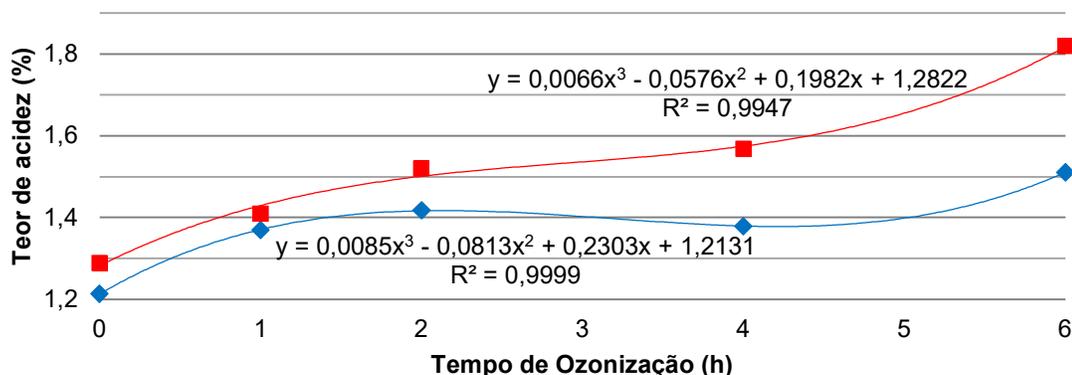


Figura 8 Teores de acidez dos flocos de aveia branca ozonizados e regressão polinomial de ajuste dos dados (Legenda: ♦ Embalagem E1; ■ Embalagem E2).

Já Sarooei et al. (2019) utilizaram a ozonização em gérmen de trigo nas concentrações de 2000, 4000 e 6000 ppm, nos tempos de 1, 2 e 4h de exposição ao gás ozônio, de maneira que traçaram a tendência de oxidação lipídica durante os tratamentos. Seus resultados indicaram que, quanto maior a concentração de ozônio e maior o tempo de exposição, maior a oxidação lipídica será. Segundo o mesmo autor, o ranço lipídico aumenta pela produção de peróxidos e ácidos graxos devido ao tratamento com ozônio em elevadas concentrações, conforme verificado com o gérmen do trigo.

Smaniotta (2006) atestou que o aumento no índice de acidez é igual ao aumento de ácidos graxos livres, correlacionando esses fatores com a velocidade e intensidade do processo de deterioração dos grãos. Outros estudos mostram que a acidificação é o resultado do aumento de ácidos graxos livres, de fosfatos ácidos e de aminoácidos produzidos pela ação da lipase, fitase e proteases.

Laureth et al. (2019) estudaram o efeito da ozonização na acidez dos grãos de amendoim, submetidos nas concentrações de gás ozônio de 10, 30 e 50 ppm, nos tempos de exposição de 30, 45 e 60 minutos. Segundos os autores, maiores valores de acidez ocorreram na concentração e tempo de exposição maiores (50 ppm e 60 minutos), indicando acidificação nesses grãos.

Em um estudo, realizado por Porto (2017), a acidez diferiu estatisticamente entre as amostras estudadas de grãos de milho. Segundo o autor, quando o ozônio foi aplicado em uma massa menor de grãos, em um tempo de exposição de 8h a uma concentração de 60  $\text{mg.L}^{-1}$ , foi observado um elevado valor na acidez total titulável, aproximadamente, 12,8  $\text{mg.100g}$ .

Segundo Obadi et al. (2018), a acidez é usada para medir a quantidade de ácidos graxos livres presentes. Ao ozonizaram farinha de trigo, em uma concentração de 5 g.L, foi verificada uma redução no valor de acidez, com valor inicial de 20 KOH mg.g, sem ozonização, diminuindo para aproximadamente 12 KOH mg.g exposto ao gás ozônio por 50 min.

Tendo em vista as análises realizadas acima, é possível verificar que o teor de lipídios e a acidez tenderam a apresentar aumento gradativo com o aumento da exposição ao ozônio, indicando uma possível ação oxidativa do gás sobre os compostos constituintes dos flocos de aveia branca, uma vez que, mesmo com a ausência da atividade das enzimas lipase e peroxidase, houve esse comportamento de aumento gradativo, sugerindo, ainda, uma possível relação entre essas duas variáveis.

A exposição ao gás ozônio pode oxidar carboidratos, aminoácidos e ácidos graxos insaturados, formando, assim, produtos ácidos. O aumento do teor de conteúdo lipídico pode acrescer a sua degradação em ácidos graxos livres com base no processo de ozonização, o que pode, portanto, aumentar o teor de acidez dos produtos estudados (PÉREZ-MARTÍNEZ et al., 2008).

Sabe-se que o gás ozônio pode alterar o perfil dos aminoácidos por meio da oxidação do grupo sulfidril e oxidação dos ácidos graxos polinsaturados de peróxidos, o que acaba por influenciar o valor nutricional do grão (TIWARI et al., 2010; GUZEL-SEYDIM et al., 2004).

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, é possível concluir que, mesmo com a baixa contaminação fúngica, ocorreu uma tendência de redução da formação de colônias ao passo que aumentou o tempo de exposição ao gás ozônio. A embalagem E1 apresentou menor contaminação, se comparada com a embalagem E2.

Com relação ao teor de água, a ozonização diminuiu esse parâmetro, conforme aumentou o tempo de exposição, nas duas embalagens estudadas, sendo, ainda, possível notar que a embalagem E1 apresentou uma média menor que na embalagem E2. No entanto, essa redução não se mostra expressiva para influenciar a qualidade dos flocos de aveia branca.

Já para o teor de lipídios e a acidez, que apresentaram comportamentos semelhantes, foi verificado que ambas as variáveis aumentaram seus valores à medida que aumentou o tempo de exposição ao gás ozônio. Também, foi possível observar que a embalagem E1 apresentou valores menores quando comparada à embalagem E2, no entanto, ambas têm um aumento gradativo.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os flocos de aveia branca, é necessária uma melhor análise do efeito da ação do processo de ozonização sobre a contaminação fúngica, uma vez que se apresentou baixa neste trabalho.

Outro parâmetro, que necessita de estudos mais detalhados, é em relação ao comportamento dos lipídios quando expostos ao gás ozônio. Pela literatura, sabe-se que o ozônio pode oxidar os lipídios em componentes menores, o que reduziria esse teor. Sendo assim, são necessárias análises mais aprofundadas acerca do perfil lipídico dos flocos de aveia e maior período de ozonização, a fim de verificar se o aumento apresentado, no presente trabalho, segue o mesmo padrão em tempos maiores de exposição.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA, **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/d>. Acesso em: 24 set. de 2020

ADAMS, J.B. Review: enzyme inactivation during heat processing of food-stuffs. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v.26, n.1, p.1-20, 1991.

AGUIAR, A.C; Efeito do tempo e temperatura de estocagem sobre a estabilidade lipídica e a composição centesimal de linhaça (*Linum usitatissimum*) moída. **XII Congresso Latino americano de Óleos e Gorduras**. Florianópolis, Brasil, 2007.

ALEXANDRE, E. M. C; BRANDÃO, T. R. S; SILVA, C. L. M. Modeling of microbial load reduction in foods due to the impact of ozone. **Procedia Food Science.**, Portugal,, v.1, n., p. 836 -841, 2011.

ALEXANDRE, A.O.S.; VELA-PAREDES, R.S.; SANTOS, A.S.; COSTA, N.S.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; CALORI-DOMINGUES, A.C.; AUGUSTO, P.E.D. Ozone treatment to reduce deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN) contamination in wheat bran and its impact on nutritional quality. **Food Additives & Contaminants: Part A**, São Paulo, v.35, n.6, p.1189-1199, Fevereiro, 2018.

ALMEIDA, E.; ASSALIN, M.G.; ROSA, M.A.; DURÂM, N. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. **Química Nova**, São Paulo v. 27, n. 5, p. 818- 824, Sept./Oct. , 2004.

ANWAR, F.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I. Assessment of oxidative deterioration of soybean oil at ambient and sunlight storage. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v.58, n.4, p.390-395, October, 2007.

AOAC, Association of official analytical chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16th ed., Supplement 1998. Washington: , 1995.

ASP, N.-G.; MATTSSON, B.; ONNING, G. Variation in dietary fibre,  $\alpha$ -glucan, starch, protein, fat and hull content of oats grown in Sweden 1987-1989. **European Journal Clinical Nutrition**, London, v.46, n.1, p.31-37,, 1992.

ÁVILA, M.B.R.; FARONI, L.R.A.; HELENO, F.F.; QUEIROZ, M.E.L.R.; COSTA, L.P. Ozone as degradation agent of pesticide residues in stored rice grains. **Journal Food Science Technology**, Viçosa, v.54, n.12, p.4092-4099, nov., 2017.

AZEVEDO, M.R. de Q.A.; GOUVEIA, J.P.G.; TROVÃO, D.M.de M.; QUEIROGA, V.de.P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p.519-524, sept./dec. , 2003.

BAILEY, J. E. Whole grain storage. *In*: CHRISTENSEN, C. M. (ed.) **Storage of cereal grains and their products**. St. Paul: AACC., 1974. p.333-360.

BECHLIN, T.R.; GRANELLA, S.J.; CHRIST, D.; COELHO, S.R.M.; VIECELLI, C.A. Evaluation of grain and oil quality of packaged and ozonized flaxseed. **Journal of Stored Products Research**, Cascavel, v.83,p.311-316, jul., 2019.

BERBERT, P. A.; SILVA, J. S.; RUFATO, S.; AFONSO, A. D. L. Indicadores da qualidade dos grãos. *In*: SILVA, J. S. (ed.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. p. 63-107.

BETCHTEL, D. B. How the structure of the wheat caryopsis should be modified to increase its end-use value. *In: Saint Paul: American Association Cereal Chemists*. 1989. p.71-83,

BEZERRA, P.H.S.; BIAGGIONI, M.A.M.; SILVA, M.A.P.; SPEROTTO, F.C.S.; BRANDÃO, F.J.B. Efeito do armazenamento na qualidade dos grãos e do óleo de crambe para produção de biodiesel. *Revista Energia na Agricultura*, v.30, n.3, p.310-318, jul./set., 2015.

BRASIL, **Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento**. [falta um título de algo aqui]. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1272528715>. Acesso em: 18 jun. 2020.

BRITO JÚNIOR, J.G.; FARONI, L.R.D'A.; CECON, P.R.; BENEVENUTO, W.C.A.N.; JÚNIOR, A.A.B.; HELENO, F.F. Efficacy of ozone in the microbiological disinfection of maize grains. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v.21, n. 0, jun. 2018.

BRUM, A.A.S.; ARRUDA, L.F.; ARCE, M.A.B.R Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. *Química nova*, São Paulo, v.32, n.4, p.849-854, 2009.

BUTT, M. S., TAHIR-NADEEM, M., KHAN, M.K.I., SHABIR, R., BUTT, M.S. Oat: unique among the cereals. *European Journal of Nutrition*, v. 47, n.2, p. 68-79, feb. 2008.

CEASA. **Especificação técnica do produto aveia**. Disponível em: <http://www.ceasape.org.br/assets/repositorio/especificacao/14952127913319-aveia.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

CHEN, R.; MA, F.; LI, P. W.; ZHANG, W.; DING, X.; ZHANG, Q.; LI, M.; WANG, Y. R.; XU B. C. Effect of ozone on aflatoxins detoxification and nutritional quality of peanuts. *Food Chemistry*, v. 146, n.1, p. 284-288, sept. 2014.

CHOI, S., JUN, H., BANG, J., CHUNG, SH., KIM, Y., KIM, B., KIM, H., BEUCHAT, L.R., RYU, J.H. Behaviour of *Aspergillus flavus* and *Fusarium graminearum* on rice as affected by degree of milling, temperature, and relative humidity during storage. *Food Microbiology*, v.46, n.2, p. 307-313, sept. 2015.

CHRIST, D.; SAVI, G. D.; SCUSSEL, V. M. Effectiveness of ozone gas in raw and processed food for fungi and mycotoxin the contamination – A review. *Journal of Chemical Biological and Physical Science*, Cascavel, v.6, n.2, p.326-348, fev. 2016.

CHRIST, D.; SAVI, G. D.; SCUSSEL, V. M. Effectiveness of ozone gas application methods against combined multi-contaminants in food. *Food and Public Health*, v.7, n.3, p. 51-58, 2017.

COELHO, C. de S.; FREITAS-SILVA, O.; CAMPOS, R. da S.; BEZERRA, V.S.; CABRAL, L.M.C. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.4, p.369-375, mar. 2015.

CULLEN, P.J.; VALDRAMIDIS, V.P.; TIWARI, B.K.; PATIL, S.; BOURKE, P.; C.P. Ozone processing for food preservation: an overview on fruit juice treatments. *Ozone: Science & Engineering*, v.32, n.3, p.166-179, jun. 2010.

CULLEN, P. J.; TIWARI, B. K.; O'DONNELL, C. P.; MUTHUKUMARAPPAN, K. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends in Food Science & Technology*, v. 20, n., 3-4, p.125-136, abr., 2009.

DAMODARAN, S., PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. Rio Grande do Sul, Artmed, 2019.

DAL MOLIN, V.T.S. **Avaliação química e sensorial do grão da Aveia em diferentes formas de processamento**. 2011. 80p. Dissertação (Mestrado – Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DELCOUR, J.; HOSENEY, R. **Principles of Cereal Science and Technology**. Minnessota: AACC International, Third Edition, 2010.

DIAS, B.F.; SANTANA, G.S.; PINTO, E.G.; OLIVEIRA, de C.F.D.; Caracterização físico-química e análise microbiológica de cookie de farinha de aveia. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 3, p. 10-14, jul./set., 2016.

DOEHLERT, D. C.; SIMSEK, S.; THAVARAJAH, D.; THAVARAJAH, P.; OHM, J. B. Detailed composition analyses of diverse oat genotype kernels grown in different environments in North Dakota. **Cereal Chemistry**, v.90, n.6, p.572-578, nov. 2013.

DORN, V. New machinery in oat milling. **Association of operative millers: Bulletin**. p. 5493-5502, Jul. 1989.

EKSTRAND, B.; GANGBY, I.; AKESSON, G.; STOLLMAN, U.; LINGNERT, H.; DAHL, S. Lipase activity and development of rancidity in oats and oat products related to heat treatment during processing. **J. Cereal Science**. v.17, n.3, p.247-254, may 1993.

EL-DESOUKY, T. A., A. M. A. SHAROBA, A. I. EL-DESOUKY, AND H. A. EL-MANSY. Effect of Ozone Gas Degradation of Aflatoxin B1 and Aspergillus Flavus Fungal. **Journal of Environmental & Analytical Toxicology**, v.02, n.02, p.1-6, jan. 2012.

FILHO, D.B.F.; JUNIOR, J.A.S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)\*. **Revista Política Hoje**, Pernambuco, v.18, n.1, p.115-146, 2009.

FERRARI FILHO, E. **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**. 2011. 109p. Dissertação (Mestrado – Horticultura), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FERREIRA, E.G.B. de S.; MATOS, V.P.; FERREIRA, R.L.C.; SALES, A.G. de F. A.; SENA, L.H. de M. Vigor das sementes de *Apeiba tiburou* Aubl. sob diferentes condições de armazenamento e embalagens. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.2, p.295-305, apr. /jun. 2010.

FERREIRA, R.; SANT'ANA, A.C.P.; REZENDE, M.L.R.; GREGHI, S.L.A.; ZANGRANDO, M.S.R.; DAMANTE, C.A. Ozonioterapia: Uma visão crítica e atual sobre sua utilização em periodontia e implantodontia - revisão de literatura. **Innovations Implant Journal: Biomaterials and Esthetics**, São Paulo, v. 9, n. 2-3, p. 35-39, maio/dez. 2014.

FONSECA, D.A.R.; SARTIRI, D.B.S.; FONTINELLI, A.M.; MENEZES, H.M.; ELSNBACH, H.; MARENGO, R.P. Caracteres de produção de aveia branca em terras baixas sob diferentes densidades populacionais. **Anais do 10º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE Universidade Federal do Pampa ú Santana do Livramento, 6 a 8 de novembro de 2018**.

FRANCISCO, A.; SÁ, R.M. Beta-glucanas: Localização, propiedades e utilização. *In*: LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA E. W.; MENEZES E. W.. **Fibra dietética en**

**Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos.** São Paulo: Varela Ltda, 2001. p. 91-101.

FREITAS-SILVA, O.; SOUZA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M. Potencial da ozonização no controle de fitopatógenos em pós-colheita. *In: Luz, W. C, da. (org.). Revisão anual de patologia de plantas.* 1 ed. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 2013. p.96-130.

FREITAS, R.S.; FARONI, L.R.D'A.; QUEIROZ, M.E.L.R.; HELENO, F.F.; PRATES, L.H.F. Degradation kinetics of pirimiphos-methyl residues in maize grains exposed to ozone gas. **Journal of Stored Products Research**, v.74, p.1-5, dec. 2017.

FLOSS, E.L. **Uso de aveia na nutrição humana: aveia faz bem ao coração.** Passo Fundo, RS: UFP, 2005.

GALLIARD, T. Rancidity in cereal products. *In: ALLEN, J.C.; HAMILTON, R.J. Rancidity in Foods.* London: Applied Science Publishers, 1983. p.109-130.

GIORDANO, B. N. E.; NONES, J.; SCUSSEL, V. M. Susceptibility of the in-shell Brazil Nut mycoflora and aflatoxin contamination to ozone gas treatment during storage. **Journal of Agricultural Science**., Florianopolis, v. 4, n.8, p. 1-10, jun. 2012.

GOMES, T.; CANEVER, S.B.; SAVI, G.D.; PIACENTINI, K.C.; CARGNIN, M.; FURTADO, B.G.; FELTRIN, A.C.; QUADRI, M.B.; ANGIOLETTO, E. Modeling and experimental of mould disinfestation of soybean silos with ozone. **Ozone: Science & Engineering**. v.42, n.2, p.183-193, may 2019.

GOZÉ, P.; RHAZI, L.; LAKHAL, L.; JACOLOT, P.; PAUSS, A.; AUSSENAC, T. Effects of ozone treatment on the molecular properties of wheat grain proteins. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 243-251, may 2017.

GRANELLA, S.J. **Propriedades hidrosféricas, cinética de secagem e avaliação fisiológica e fúngica em sementes de trigo ozonizadas durante a secagem.** 2018. 121p. Dissertação (Mestrado – Engenharia Agrícola) – Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.2, p. 355-363, 2007.

GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: Composição Química, Valor Nutricional e Processamento.** São Paulo: Varela, 2000.

GUZEL-SEYDIM, Z.; BEVER, P.I.; GREENE, A.K. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. **Food Microbiology**, v.21, n.4, p.475-479, ago. 2004.

HASSENBERG, K., FROEHLING, A., GEYER, M., SCHLUETER, O., HERPPICH, W.B. Ozonated wash water for inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on carrots and the effect on physiological behaviour of produce. **European Journal of Horticultural Science**, v. 73, n.1, p. 37-42, fev. 2008.

HELENO, F.F. **Ozonização: Uma estratégia para remoção de resíduos de agrotóxicos em alimentos.** 2013. 100p. Tese (Doutorado - Agroquímica) – Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

HOSENEY, R. C. **Principles of Cereal Science and Technology.** Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1990.

HOSENEY, R.C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza. España: Acribia, 1991.

HUI, Y. H. **Bailey's industrial oil and fat products**. New York: Wiley, 1996.

HUNT, N. K.; MARIÑAS, B. J. Inactivation of *Escherichia coli* with ozone: chemical and inactivation kinetics. **Water Research**, Kidlington, v. 33, n. 11, p. 2633-2641, ago. 1999.

IBGE, **Estatística de produção agrícola**. Outubro de 2017. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/2017/estProdAgr\\_201710.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2017/estProdAgr_201710.pdf). Acesso em: 19 mar. 2019.

IAL, Instituto Adolfo Lutz Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v1:**Métodos Químicos e Físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IMESP, 1985.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Versão eletrônica. São Paulo: IAL, 2008.

JOSÉ, S.C.B.R.; SALOMÃO, A.N.; COSTA, T.S.A.; SILVA J.T.T.T.; CURI, C.C.S. Armazenamento de sementes de girassol em temperaturas subzero: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.32. n.4, p.29-38, 2010.

JORGE, R. A.; RODRÍGUES, Y.L.; RODRÍGUEZ, A.C.; RUIZ-ARAUJO, J.A. Producción científica sobre aplicaciones terapéuticas del ozono en el Web of Science. **ACIMED**, Ciudad de La Habana, v. 14, n. 1, p.1-12, fev., 2006.

JUDD, W.; CAMPBELL, C.; KELLOGG, E.; STEVENS, P.; DONOGHUE, M. **Sistemática Vegetal Um Enfoque Filogenético**. Porto Alegre, ed. Artmed, 2009.

JUNIOR, J.G.B.; FARONI, L.R.A., CECON, P.P.; BENEVENUTO, W.C.A.N.; JUNIOR, A.A.B. Efficacy of ozone in the microbiological disinfection of maize grains. **Brazilian Journal Food Technology**, v.21, n. 0, jun. 2018.

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J.-G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **JFS: Concise Reviews in Food Science**, Washington, v. 66, n. 9, p. 1242-1252, jul. 2001.

KAMBER, U.; GULBAZ, G.; DOGAN, A. Detoxification of Aflatoxin B1 in Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) by Ozone Treatment and Its Effect on Microbiological and Sensory Quality. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.41, n.5, set. 2016.

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, n.4, p. 371-382, out. 2001.

KETTERINGHAM, L.; GAUSSERES, R.; JAMES, S.J. JAMES, C. Application of aqueous ozone for treating pre-cut green peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Engineering**, v.76, n.1, p.104-111, set. 2006.

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, Des Moines**, v. 62, n. 9, p. 1071-1087, set. 1999.

KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; KHADRE, MA. Ozone and its current and future application in the food industry. **Advances in Food and Nutrition Research**. New York: Academic Press, 2003.

KOMANAPALLI, I. R.; LAU, B. H. S. Inactivation of bacteriophage 1, Escherichia coli, and Candida albicans by ozone. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 49, n.0, p. 766-769, jun. 1998.

LAPOLLI, F. R.; SANTOS, L. F.; HÁSSEMER, M. E. N.; AISSE, M. M.; PIVELI, R. P. Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicação para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidropônica**. Vitória: PROSAB, 2003. p. 169-208

LAURETH, J.C.U.; CHRIST, D.; GANASCINI, D.; COELHO, S.R.M. Effect of ozone applications on the fungal count and lipid quality of peanut grais. **Journal of Agricultural Science**, Cascavel, v.11, n.5, abr. 2019.

LIU, C.; ZHANG, Y.; LI, H.; LI, L.; ZHENG, X. Effect of ozone treatment on processing properties of wheat bran and shelf life characteristics of noodles fortified with wheat bran. **Journal Food Science and Technology**, v.57, n.0, p.3893-3902, abr. 2020.

MACEDO, J. A. B. **Águas e Águas**. Belo horizonte: Conselho regional de Química, 2004.

MAGAN, V.; EVANS, P. Volatiles as an indicator of fungal activity and differentiation between species, and the potential use of electronic nose technology for early detection of grain spoilage. **Journal of Stored Products Research**, Manhattan, v.36, n.2, p.319-340, out. 2000.

MAHAPATRA, A.K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; JULSON, J.L. Applications of ozone bacteriocins and irradiation in food processing: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n.6, p. 447-461, ago. 2005.

MANTAI, R.D.; SILVA, J.A.G.; SAUSSEN, A.T.Z.R.; COSTAJ.S.P.; FERNANDES, B.V.; UBESSI, C.A. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.343-349, abr. 2015.

MARINI, L.J.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C., Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.8, n.3 p.260-267, jan. 2005.

MARINI, L.J.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Efeito da temperatura de secagem e relação de intermitência na inativação enzimática e viscosidade de pasta de aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.1, p.55-60, jan-mar. 2007.

MASETTO, T. E.; GORDIN, C. R. B.; QUADROS, J. B.; REZENDE, R. K. S.; SCALON, S. P. Q. Armazenamento de sementes de Crambe abyssinica Hochst. ex R.E.Fr. em diferentes embalagens e ambientes. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 5, p. 646-652, set./out., 2013.

MISHRA, G.; PALLE, A.A.; SRIVASTAVA, S.; MISHRA, H.N. Desinfestation of stores wheat grain infested with Rhyzopertha dominica by ozone treatment: process optimization and impact on grain properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, n.11, p.5008-5018, abr. 2019.

MOLIN, V.T.S.D. **Avaliação química e sensorial do grão da Aveia em diferentes formas de processamento**. 2011. 80p. Dissertação (Mestrado – Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

McMULLEN, M.S. Oats. In: KULP, K.; PONTE Jr, J. G. **Handbook of cereal science and technology**. Marcel Dekker, Inc. New York, 2000.

NAITO, S.; TAKAHARA, H. Ozone contribution in food industry in Japan. *Ozone: Science & Engineering*, v. 28, n. 6, p. 425-429, feb. 2006.

NARAYAN, R.; CHAUHAN, G. S.; VERMA, N. S. Changes in the quality of soybean during storage. Part 1 - Effect of storage on some physico-chemical properties of soybean. *Food Chemistry*, v.27, n.1, p.12-23, 1988.

OBADI, M.; ZHU, K.; PENG, W.; NOMAN, A.; MOHAMMED, K.; ZHOU, H. Characterization of oil extracted from whole grain flour treated with ozone gas. *Journal of Cereal Science*, v.79, p.527-533, dez. 2018.

OLIVEIRA, L.C.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; MAZZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J.C. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.4, p.313-319, mar./abr. 2010.

OLIVEIRA, A. C. S.; COELHO, F. C.; VIEIRA, H.D.; RUBIM, R. F.; EIRAS, P. P. Qualidade fisiológica de sementes de milho (var. Sol da manhã) armazenadas em embalagens reutilizáveis sob dois ambientes. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v. 36, n.1, p. 94-102, 2011.

PANDISELVAM, R.; MANIKANTAN, M.R.; DIVYA, V.; ASHOKKUMAR, C.; KAAVYA, R.; KOTHAKOTA, A.; RAMESH, S.V. Ozone: An Advanced Oxidation Technology for Starch Modification. *Ozone: Science & Engineering*, v.41, n.6, p.491-507, mar. 2019.

PARIZZI, F. C.; SOBRINHO, J. C. Beneficiamento de grãos. *In: SILVA, J. de S. Secagem e armazenamento de produtos agrícolas*. Viçosa: 2008. 86p.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. *Conceitos de processo e equipamentos de secagem*. Campinas: Unicamp, 2007.

PEREIRA, M.E. do V. *Avaliação de amido total e resistente de Aveia (Avena sativa L.) após diferentes processamentos e digestão in vitro*. 2018. 88p. Dissertação (Mestrado – Ciência dos Alimentos) – Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

PÉREZ-MARTÍNEZ, M.; SOPELANA, P.; DE PEÑA, M. P.; CID, C. Changes in volatile compounds and overall aroma profile during storage of coffee brews at 4 and 25°C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 56, n. 9, p. 3145-3154, abr. 2008.

PORTO, Y.D. *Ozonização em canjiquinha de milho e seu efeito nos níveis de aflatoxinas, contagem de fungos e qualidade do alimento*. 2017. 87p. Dissertação (Mestrado - Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – Rio de Janeiro, 2017.

RAILA, A.; LUGAUSKAS, A.; STEPONAVICIUS, D.; RAILIENE, M.; STEPONAVICIENE, A.; ZVICEVICIUS, E. Application of ozone for reduction of mycologic infection in wheat grain. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, v. 13, n.2, p. 287-294, out. 2006.

REGO, J. *Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja ozonizadas durante a secagem*. 2017. 74p. Tese (Doutorado – Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

RIBEIRO, P.H.; FARONI, L.R.D'A.; FINGER, F.L.; CECON, P.R.; HELENO, F.F.; SANTOS, R.R. Ozônio como agente fitossanitário na conservação pós-colheita da batata-baroa. *Revista Brazilian Journal Food Technology*, Campinas, v.20, maio 2017.

ROSSI, R. M.; NEVES, M. F. **Estratégias para o trigo no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2004.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L.C.; MARINI, L.J.; ELIAS, M.C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1715-1722, nov-dez, 2005.

SÁ, G. **Utilização da aveia na alimentação animal**. Circular Nº 87. Instituto Agrônomo do Paraná IAPAR, Londrina, 1995.

SANDRIN, R. **Caracterização físico-química de diferentes frações da aveia (*Avena sativa* L.) e atividade antioxidante de seus extratos**. 2013. 161p. Dissertação (Mestrado – Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2013.

SANTIAGO, J.P.U. **Avaliação das propriedades viscosográficas da farinha de aveia IAC7 submetidas a diferentes condições de extrusão e tratamento enzimático**. 2013. 100p. Dissertação (Mestrado – Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SANTOS, R.R.; FARONI, L.R.D.; CECON, P.R.; FERREIRA, A.P.S.; PEREIRA, O.L. Ozone as fungicide in rice grains. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.3, p.230-235, mar. 2016.

SAROOEI S.J.; ABBASI, A.; SHAGHAGHAIAN, S.; BERIZI, E. Effect of ozone as a disinfectant on microbial load and chemical quality of raw wheat germ. **Ozone: Science & Engineering**, v.41, n.6, p. 562-570, jul. 2019.

SAVI, G. D.; PIACENTINI, K.; BITTENCOURT, K. O.; SCUSSEL, V. M. Ozone treatment efficiency on *F. graminearum* & deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum aestivum* L.) quality and germination. **Journal of Stored Products Research**, v.59, p. 245-253, out. 2014.

SAVI, G.D.; GOMES, T.; CANEVER, S.B.; FELTRIN, A.C.; PIACENTINI, K.C.; SCUSSEL, R.; OLIVEIRA, D.; MACHADO-DE-ÁVILA, R.A.; CARGNIN, M.; ANGIOLETTO, E. Application of ozone on rice storage: A mathematical modeling of the ozone spread, effects in the decontamination of filamentous fungi and quality attributes. **Journal of Stored Products Research**, v.87, may 2020.

SAYDELLES, B. M.; OLIVEIRA, V. R.; VIERA, V. B.; MARQUES, C. T.; ROSA, C. S. Elaboração e análise sensorial de biscoito recheado enriquecido com fibras e com menor teor de gordura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.3, p.644-647, 2010.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 2002.

SILVA, J. D. S. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: 2008.

SILVA, F.S.; PORTO, A.G., PASCUALI, L.C.; SILVA, F.T.C. Viabilidade do armazenamento de semente em diferentes embalagens para pequenas propriedades rurais. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.8, n.1, p.45-56, nov. 2010.

SILVA, S. B.; LUVIELMO, M. M.; GEYER, M. C.; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, 2011.

SILVA, F., PARK, K.J., MAGALHÃES, P.M., MARTINS, G.N., GAMA, E. V.S. Avaliação do teor de óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC. em diferentes embalagens durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 1, p. 54-58, 2013.

SILVA, N.A.S. **Ozonização e irradiação gama ( $^{60}\text{CO}$ ) como processos alternativos no armazenamento de arroz**. 2015. 92p. Tese (Doutorado – Ciência de Tecnologia dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

SILVA, L.S. **Utilização do ozônio na descontaminação de grãos de milho**. 2016. 65p. Dissertação (Mestrado - Agroquímica) – Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2016.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; GOMES, R.A.R.; OKAZAKI, M.M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo, ed. Blucher, 2017.

SILVEIRA, I. C. T. **Cloro e ozônio aplicados a desinfecção de efluente hospitalar tratado em contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em DAPHNIA SIMILIS**. 2004. 173p. Tese (Doutorado - Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SIMIONI, D., WEBBER, F. H., GUTKOSKI, L. C., ELIAS, M. C., OLIVEIRA, L. C., AOSANI, E. Caracterização química de cariopses de aveia branca. **Alimentos e Nutrição**, Campinas, v.18, n.2, p. 191-196, jan./abr. 2007.

SIMIONI, D.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C.; DEUNER, C.C.; PAGNUSSATT, F.A.; OLIVEIRA, M. Secagem intermitente e armazenamento de aveia cultivar UPFA 20 Teixeirainha. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v.12, n.2, p.211-217, abr./jun. 2007.

SHAHIDI, F.; PEGG, R.B.; SALEEMI, Z.O. Stabilization of meat lipids with ground spices. **Journal of Food Lipids**, v.2, n.3 p. 145-153, set. 1995.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.446-453, abr. 2014.

SPEROTTO, F.C.S.; BIAGGIONI, M.A.M.; SILVA, M.A.P.; BRANDÃO, F.J.B.; SAATH, R. Qualidade dos grãos e da bebida do café armazenados em dois tipos de embalagens e dois tipos de processamento. **Revista Energia Na Agricultura**, Botucatu, v.30, n.2, p.210-216, abr./jun., 2015.

STELLATO, M. M.; CONCON, M. M.; SHIMADA, D.; SREBERNICH, S. M. Contaminação fúngica em barras de cereais comercializadas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.69, n.3, p.285-290, set. 2010.

SREBERNICH, S. M; MEIRELES, F.; LOURENÇÃO, G. Avaliação microbiológica de barras de cereais diet por meio de agente ligante colágeno hidrolisado e goma acácia. **Revista de Ciências Médicas**, Campinas, v.20, n.1-2, p.5-13, 2011.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

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, may 2010.

TONIN, G. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 2, p. 26-33, mar. 2006.

TROMBETE, F.; MINGUITA, A.; PORTO, Y.; FREITAS-SILVA, O.; FREITAS-SÁ, D.; FREITAS, S.; CARVALHO, C.; SALDANHA, T.; FRAGA, M. Chemical, Technological and Sensory Properties of Wheat Grains (*Triticum aestivum* L) as Affected by Gaseous Ozonation. **International Journal of Food Properties**, v. 19, n.12, p. 2739-2749, fev. 2016.

TROMBETE, F.M.; PORTO, Y.D.; FREITAS-SILVA, O.; PEREIRA, R.V.; DIREITO, G.M.; SALDANHA, T.; FRAGA, M.E. Efficacy of Ozone Treatment on Mycotoxins and Fungal Reduction in Artificially Contaminated Soft Wheat Grains. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 3, p. 1-10, jun.2017.

WANG, L.; SHAO, H.; LUO, X.; WANG, R.; LI, Y.; LI, Y.; LUO, Y.; CHEN, Z. Effect of Ozone Treatment on Deoxynivalenol and Wheat Quality. **Journal Pone**, v.11, n.1, p.1-13, jan. 2016.

WEBER, F.H.; GUTKOSKI, L.C.; ELIAS, M.C. Caracterização química de cariopses de aveia (*Avena sativa* L) da cultivar UPF 18. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, p.39-44, jan./abr. 2002.

YOUNGS, V. L. Protein distribution in the oat kernel. **Cereal Chemistry**, v.49, n.4, p.407-411, 1972.

YOUNGS, V. L.; PETERSON, D. M.; BROWN, C. M. Oats. In: **in Cereal Science and Technology** (Ed: Pomeranz, Y.) American Association of Cereal Chemist: St. Paul, Minn, v.5, p. 49-105, 1986.

YOUNGS, V. L.; PUSKULCU, M.; SMITH, R. R. Oat lipids. I composition and distribution of lipid components in two oat cultivars. **Cereal Chemistry**, v.54, n.4, p.803-812, 1977.

ZADERNOWSKI, R.; NOWAK-POLAKOWSKA, H.; RASHED, A. A. The influence of heat treatment on the activity of lipo and hydrophilic components of oat grain. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 33, n.3, p. 177-191,1999.

ZHU, F. Effect of ozone treatment on the quality of grain products. **Food Chemistry**, v.264, n.0, p.358-366, out. 2018.