

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**DISSERTAÇÃO**

**Aplicação de Absorvedor de Oxigênio em Alface Minimamente Processada em uma  
Agroindústria**

**Mahyra da Paixão e Silva**

**2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**APLICAÇÃO DE ABSORVEDOR DE OXIGÊNIO EM ALFACE MINIMAMENTE**  
**PROCESSADA EM UMA AGROINDÚSTRIA**

**MAHYRA DA PAIXÃO E SILVA**

*Sob a Orientação da Professora*

**Dr<sup>a</sup> Nathália Ramos de Melo**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos.

Seropédica, RJ  
Abril, 2019

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586a Silva, Mahyra da Paixão e, 1987-  
Aplicação de absorvedor de oxigênio em alface  
minimamente processada em uma agroindústria / Mahyra  
da Paixão e Silva. - Volta Redonda , 2019.  
61 f.: il.

Orientadora: Nathália Ramos de Melo.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Ciência  
e Tecnologia de Alimentos, 2019.

1. Processamento mínimo . 2. Sistema ativo de  
embalagem. 3. Validade comercial . I. Melo, Nathália  
Ramos de, 1975-, orient. II Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos III. Título.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

MAHYRA DA PAIXÃO E SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos**, no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de Concentração em Ciência de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11 / 04 / 19



Nathália Ramos de Melo, Dr<sup>a</sup>. UFF/UFRJ

(Orientador)



Cristiane Hess de Azevedo Meleiro, Dr<sup>a</sup>. UFRRJ



Kamila de Oliveira do Nascimento, Dr<sup>a</sup>. UNIFOA

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me capacitar e iluminar meus caminhos me dando forças para continuar sempre em frente.

À minha querida mãe, Maria Helena, por seu amor incondicional, palavras de apoio, seu positivismo e valores de vida.

Aos meus irmãos, Thayana e Raoni, pela ajuda e incentivo.

Ao meu noivo, Carlos Geovane, que mesmo de longe participou dos momentos bons, difíceis e decisivos no período do mestrado.

À agroindústria de minimamente processados, por fornecer matéria-prima necessária para a execução deste trabalho.

À Mitsubishi Corporation do Brasil SA, por fornecer os sachês absorvedores de oxigênio também necessários para a execução deste trabalho.

Às amigas de laboratório e orientadora, pelos ensinamentos ao longo da execução deste projeto.

## RESUMO

SILVA, Mahyra da Paixão e. Aplicação de Absorvedor de Oxigênio em Alface Minimamente Processada em uma Agroindústria. 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Ao longo dos anos observou-se uma grande mudança na rotina das famílias, com isso os vegetais minimamente processados vieram como resposta a essa nova tendência e têm tido uma aceitação cada vez maior pelos consumidores, principalmente nos grandes centros urbanos, restaurantes, hotéis etc. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a aplicação de sistema de embalagem ativa utilizando a tecnologia de absorvedores de oxigênio aplicados na conservação de alface minimamente processada. Foi realizado no LAETec/UFF, em parceria com uma empresa de processamento mínimo de vegetais da região de Volta Redonda/RJ. A alface e as embalagens de PEBD foram fornecidas pela agroindústria, sendo as mesmas utilizadas na empresa. Utilizou-se duas variedades da hortaliça (cv. crespa e cv. americana) processadas e embaladas na empresa, sendo estas fatiadas ou “rasgadas à mão”. Os sachês absorvedores de oxigênio foram inseridos no LAETec e o produto armazenado a 7°C por 7 dias. As análises realizadas foram, perda de massa, pH, análise de atributos, quantificação de oxigênio no *headspace*, controle microbiológico (*Salmonella* spp., *E. coli* e microrganismos psicrotróficos) além de ser determinada a TPO<sub>2</sub> e TPVA das embalagens. A alface fatiada com sachê (variedade americana) e fatiada (variedade crespa) mostraram uma queda constante na concentração de O<sub>2</sub> no *headspace* ao longo dos dias, apresentando um consumo de O<sub>2</sub> mais moderado e menor degradação. As alfaces, fatiada na variedade crespa e “rasgada à mão” na variedade americana, ambas com inserção de sachê, apresentaram as menores taxas de perda de massa quando comparadas às embalagens sem sachê absorvedor. Todos os tipos de corte (com exceção do tratamento fatiado, variedade americana) apresentaram pH constante e próximo ao aceitável para vegetais. Na análise microbiológica, foi detectada ausência de *Salmonella* e para alguns tratamentos presença de *E. coli*, além de contagens significativas de microrganismos psicrotróficos para todos os tratamentos, advertindo para uma melhora na implantação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) no estabelecimento, que poderiam até apresentar melhores resultados para o uso da tecnologia de Sistema Ativo de Embalagem. Na análise visual, os tratamentos com sachê absorvedor apresentaram os melhores resultados na manutenção da cor do vegetal. Concluiu-se que a tecnologia, da forma como foi aplicada, foi eficaz na melhora da preservação das características sensoriais até o terceiro dia de armazenamento, além de oferecer baixo custo de implantação e facilidade de uso pelos manipuladores.

**Palavras-chave:** Embalagem Ativa, *Lactuca sativa* L., Processamento mínimo, Validade comercial.

## ABSTRACT

SILVA, Mahyra da Paixão e. Application of Oxygen Absorbent in Minimally Processed Lettuce in an Agroindustry. 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Over the years there has been a major change in the routine of households, with this minimally processed vegetables have come in response to this new trend and have been increasingly accepted by consumers, especially in large urban centers, restaurants and hotels. The objective of the present work was to evaluate the application of active packaging system using the technology of oxygen absorbers applied in the conservation of minimally processed lettuce. It was carried out in LAETec / UFF, in partnership with a company of minimum processing of vegetables of the region of Volta Redonda / RJ. The lettuce and the LDPE packages were supplied by the agroindustry, being the same used in the company. Two varieties of vegetables (crisp and American) were processed and packaged in the company, these being sliced or "hand-ripped". The oxygen-absorbing sachets were inserted into the LAETec and the product stored at 7 ° C for 7 days. The analyses were mass loss, pH, attribute analysis, oxygen quantification in the headspace, microbiological control (*Salmonella* spp, *E. coli* and psychrotrophic microorganisms) in addition to being determined the TPO2 and TPVA of the packages. Sliced lettuce (American variety) and sliced (curly variety) showed a steady drop in O<sub>2</sub> concentration in the headspace over the course of days, exhibiting a more moderate O<sub>2</sub> consumption and lower degradation. The lettuces, sliced in the curly variety and "hand - ripped" in the American variety, both with sachet insertion, presented the lowest rates of mass loss when compared to the packages without absorbent sachet. All cutting types (with the exception of slice treatment, American variety) presented constant and near pH acceptable for vegetables.

In the microbiological analysis, there was an absence of *Salmonella* and for some treatments the presence of *E. coli*, in addition to significant counts of psychrotrophic microorganisms for all treatments, was observed for an improvement in the implantation of Good Manufacturing Practices (GMP) in the establishment, which could until it presents better results for the use of Active Packaging System technology. In the visual analysis, the treatments with saccharin saccharide presented the best results in the maintenance of the vegetable color. It was concluded that the technology, as it was applied, was effective in improving the preservation of the sensorial characteristics until the third day of storage, in addition to offering low deployment cost and ease of use by handlers.

**Keywords:** Active Packaging, *Lactuca sativa* L., Minimally Processed, Commercial shelf life

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ação da enzima PAL na folha de alface.....	7
<b>Figura 2.</b> Variedades de alface mais consumidas no Brasil.....	13
<b>Figura 3.</b> Histórico dos últimos 5 anos de vendas dos CEASAS.....	15
<b>Figura 4.</b> Série histórica de exportações e importações de hortaliças.....	15
<b>Figura 5.</b> Fluxograma com as etapas do Processamento Mínimo.....	17
<b>Figura 6.</b> Concentração de oxigênio (%) no interior da embalagem de alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada, “rasgada à mão”, fatiada com sachê e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias.....	23
<b>Figura 7.</b> Concentração de oxigênio (%) no interior da embalagem de alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada, “rasgada à mão”, fatiada com sachê e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias.....	24
<b>Figura 8.</b> Comportamento da Perda de Massa da alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada, “rasgada à mão”, fatiada com sachê e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.....	25
<b>Figura 9.</b> Comportamento da Perda de Massa da alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada, “rasgada à mão”, fatiada com sachê e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.....	26
<b>Figura 10.</b> pH da alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada, fatiada com sachê, “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.....	26
<b>Figura 11.</b> pH da alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada, fatiada com sachê, “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.....	27
<b>Figura 12.</b> Alface americana minimamente processada embalada em PEBD com e sem sachê absorvedor de oxigênio nos tratamentos fatiada e “rasgada à mão” ao longo de 7 dias de armazenamento a 7°C.....	29
<b>Figura 13.</b> Alface americana minimamente processada embalada em PEBD com e sem sachê absorvedor de oxigênio nos tratamentos fatiada e “rasgada à mão” ao longo de 7 dias de armazenamento a 7°C.....	30
<b>Figura 14.</b> Comportamento X presença de microrganismos psicrotróficos em alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada, fatiada com sachê, “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.....	33
<b>Figura 15.</b> Comportamento X presença de microrganismos psicrotróficos em alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada, fatiada com sachê, “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.....	34

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1.</b> Descrição das etapas do processamento de hortaliças minimamente processadas.....	3
<b>Quadro 2.</b> Alterações Químicas em Alimentos.....	8
<b>Quadro 3.</b> Fatores Intrínsecos e Extrínsecos que atuam no alimento.....	9
<b>Quadro 4.</b> Principais métodos de conservação de vegetais.....	10
<b>Quadro 5.</b> Classificação quanto aos atributos observados durante o armazenamento a 7°C da alface minimamente processada em diferentes cortes e sistemas de embalagem nas variedades americana e crespa.....	31
<b>Quadro 4.</b> Principais Métodos de Conservação de Vegetais.....	15
<b>Tabela 1.</b> Área, produtividade e produção de hortaliças.....	14
<b>Tabela 2.</b> Volume de hortaliças que passaram pelas CEASAS em 2016, perda média, quantidade comercializada, preço médio e valor total movimentado.....	14
<b>Tabela 3.</b> Coliformes Termotolerantes (45°C) nas variedades da alface americana e crespa minimamente processadas.....	32
<b>Tabela 4.</b> Contagem de microrganismos psicrotróficos nas amostras de alface minimamente processada na variedade americana.....	33
<b>Tabela 5.</b> Contagem de microrganismos psicrotróficos nas amostras de alface minimamente processada na variedade crespa.....	34

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. PROCESSAMENTO MÍNIMO.....	3
3.2. ALFACE: PÓS COLHEITA.....	4
3.2.1. ALTERAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS.....	5
3.2.2. ALTERAÇÕES FÍSICAS.....	7
3.2.3. ALTERAÇÕES QUÍMICAS.....	8
3.2.4. ALTERAÇÕES MICROBIOLÓGICAS.....	9
3.3. MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS.....	10
3.3.1. EMBALAGENS NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS.....	11
3.3.1.1. ABSORVEDORES DE OXIGÊNIO.....	12
3.4. CULTURA DA ALFACE.....	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1. MATERIAIS.....	16
4.2. MÉTODOS.....	16
4.2.1. PROCESSAMENTO DO VEGETAL.....	16
4.2.2. ACONDICIONAMENTO DA ALFACE.....	19
4.2.3. AVALIAÇÃO DO PRODUTO.....	19
4.2.3.1. QUANTIFICAÇÃO DE O <sub>2</sub> NO HEADSPACE DA EMBALAGEM.....	19
4.2.3.2. PERDA DE MASSA.....	19
4.2.3.3. pH.....	20
4.2.3.4. ANÁLISE DE ATRIBUTOS.....	20
4.2.3.5. PADRÃO MICROBIOLÓGICO.....	20
4.2.4. AVALIAÇÃO DA EMBALAGEM.....	21
4.2.4.1. TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (TPVA).....	21
4.2.4.2. TAXA DE PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO (TP <sub>O<sub>2</sub></sub> ).....	21
4.2.5. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1. QUANTIFICAÇÃO DE OXIGÊNIO NO HEADSPACE DA EMBALAGEM....	22
5.2. PERDA DE MASSA.....	24
5.3. pH.....	26
5.4. ANÁLISE DE ATRIBUTOS.....	27
5.5. PADRÃO MICROBIOLÓGICO.....	32
5.5.1. SALMONELLA.....	32
5.5.2. MICROORGANISMOS TERMOTOLERANTES (45°C).....	32
5.5.3. MICRORGANISMOS PSICROTÓFICOS.....	33
5.6. TAXAS DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (TPVA) E AO OXIGÊNIO (TPO <sub>2</sub> ).....	34
6. CONCLUSÃO.....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## 1.INTRODUÇÃO

Com o passar dos tempos, as alterações ocorridas na estrutura familiar e nas rotinas de consumo, principalmente na busca por produtos saudáveis, com baixos níveis de gorduras, açúcares entre outros, têm levado as empresas a procurarem soluções alternativas para o processamento de alimentos (ALVARENGA et al., 2011).

Os produtos minimamente processados vieram como resposta a uma nova tendência de consumo e têm tido uma aceitação cada vez maior nos mercados mundiais por atenderem adequadamente aos requisitos contemporâneos de saudabilidade, praticidade e segurança (SANTOS E OLIVEIRA, 2012; CENCI et al., 2006).

A embalagem é um item indispensável nas etapas de processamento e distribuição de alimentos, assegurando-os da incidência de fatores como estresses físicos, contaminação por microrganismos, insetos e até mesmo equilibrando a permeação de gases e vapor de água (SALTVEIT, 1997).

Existe no mercado uma variedade de embalagens que são utilizadas no acondicionamento de vegetais minimamente processados, podendo ser na forma de bandejas plásticas ou de isopor (poliestireno expandido) e sacos plásticos com composições distintas, sendo o policloreto de vinila (PVC), polipropileno (PP) e polietileno (PE) os mais empregados (KADER, 2002).

A embalagem tradicional forneceu a base para o desenvolvimento inicial de sistemas de preservação de alimentos. Por exemplo, a secagem, a refrigeração, o congelamento, a cura e a conservação obtida através da utilização de açúcar ou sal, são vários métodos tradicionais utilizados para preservar os mesmos. No entanto, os sistemas tradicionais de embalagem têm dado lugar a novos sistemas, ditos Sistemas Ativos (que são aqueles que interagem com o alimento), tendendo a estender a validade comercial dos produtos preservando assim sua qualidade por mais tempo. Estes sistemas podem ser utilizados em uma variedade de produtos, como vegetais, frutas, carnes, peixes, produtos de panificação e laticínios (ROBERTSON, 2010; YAM, TAKHISTOV e MILTZ, 2005).

Para a obtenção de um vegetal minimamente processado, o produto *in natura* passa por várias etapas de processamento, dentre elas, seleção, sanitização, corte, centrifugação entre outros. O excesso no manuseio contribui para uma rápida deterioração do produto acelerando seu metabolismo e ocasionando mudanças fisiológicas além de aumentar a possibilidade de contaminação microbiana (VANETTI, 2004).

O conhecimento dos aspectos fisiológicos, químicos, bioquímicos e das operações envolvidas no processamento mínimo de vegetais evidencia a redução da validade comercial, principalmente as folhosas, que tem alta perecibilidade quando comparadas aos demais vegetais (MATTIUZ et al., 2009).

Atualmente, a alface é a folhosa mais consumida no Brasil e a terceira hortaliça em maior volume de produção, perdendo apenas para a melancia e o tomate, segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM). Do ponto de vista nutricional, esta hortaliça é rica em vitaminas e sais minerais, além de possuir atributos como sabor agradável e refrescante, efeito calmante, laxativo e diurético (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2018; BACHELLI, 2010).

Apesar de sua principal forma de comercialização ser *in natura*, tem aumentado a procura por formas mais convenientes de consumo, como por exemplo o processamento mínimo (MORETTI e MATTOS, 2005).

Por outro lado, sua baixa resistência mecânica ao manuseio e transporte leva à perda de água, deteriorando rapidamente o produto pós-colhido. Devido a sua importância na alimentação, se fazem necessários estudos que busquem opções em tecnologias, objetivando a redução das perdas e conservação de suas características sensoriais (CAVASINI, 2017).

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), a disseminação de informações relativas à perda e desperdício de alimentos contribui para a conscientização das pessoas no combate à fome mundial (COSTA, GUILHOTO e BURNQUIST, 2015).

Como exemplo de tecnologias que visam a diminuição das perdas, pode-se citar a embalagem ativa, que é definida como um tipo de embalagem que pode alterar o alimento embalado de forma desejável bem como o ambiente que o cerca, prolongando sua validade comercial podendo alterar suas propriedades sensoriais, presando por manter a segurança do alimento e a qualidade do mesmo. Dentro das embalagens ativas podemos citar os sistemas absorvedores de oxigênio, absorvedores e controladores de umidade, absorvedores de etileno, materiais com propriedades antimicrobianas, entre outros (BRAGA, 2008).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de Sistema de embalagem ativa utilizando da tecnologia de absorvedores de oxigênio aplicados na conservação de folhosas minimamente processadas, sendo essa a alface, produzida em uma agroindústria de vegetais minimamente processados.

A tecnologia do sachê absorvedor apresenta baixo custo de implantação quando comparada a outros tipos de embalagens ativas, além de fácil aplicação, que pode ser executada pelos mesmos colaboradores que atuam em outras etapas do processamento.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a validade comercial da alface minimamente processada embalada em sistema ativo quanto aos parâmetros produto e embalagem.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar a estabilidade da alface minimamente processada quanto ao tipo de tratamento submetido (fatiada ou “rasgada à mão”).
- Aplicar a tecnologia dos absorvedores de oxigênio à alface minimamente processada, visando estender sua validade comercial.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Processamento Mínimo

No Brasil, a tecnologia que aborda os vegetais minimamente processados foi inserida na década de 90, e tem evoluído muito pelo aumento dos estabelecimentos de comida rápida (*fast foods*), bem como a nível doméstico (ALVARENGA et al., 2011).

De acordo com a *International Fresh-Cut Producers Association* (IFPA, 2016): Produtos minimamente processados são frutas ou hortaliças modificadas fisicamente, mas que mantém o seu estado fresco. Portanto, o produto minimamente processado é qualquer fruta ou hortaliça, ou combinação destas que tenha sido fisiologicamente alterado, mas permanece no estado fresco.

Estes vegetais apresentam alta atividade de água com pH variando entre 5 e 6, logo são classificados como alimentos de baixa acidez favorecendo assim o crescimento microbiano. Por sofrerem um estresse no processamento, são suscetíveis a alta deterioração fisiológica e microbiológica se comparados a um vegetal intacto (NUNES, 2015).

O controle da perda de massa é um fator importante, e quando se fala em minimamente processados a manutenção do estado fresco é primordial. Essa perda compromete a aparência do produto e além de tirar seu frescor pode resultar em murchamento e enrugamento caso o produto minimamente processado não seja armazenado em condições adequadas de temperatura, umidade relativa e embalagem (RUSSO et al, 2012; VILLAS BOAS et al, 2012).

O Quadro 1 apresenta de forma sucinta a descrição das etapas gerais do processamento mínimo.

**Quadro 1.** Descrição das etapas do processamento de hortaliças minimamente processadas.

ETAPAS	DESCRIÇÃO
RECEPÇÃO	Vegetais são submetidos a uma pré-seleção para inspeção de qualidade (GOMES et al., 2005; EMBRAPA, 2005).
SELEÇÃO E PRÉ-PREPARO	Recepcionados, os vegetais são selecionados e os que apresentam defeitos/ características de deterioração são descartados visando garantir a qualidade e padronização do produto final (GOMES et al., 2005).
LAVAGEM	Os vegetais são lavados, utilizando-se contentores de plástico ou tanques de aço inoxidável, que permitam a imersão completa em água, para remoção de sujidades aderidas ao produto (GOMES et al., 2005).
SANITIZAÇÃO	A etapa de sanitização é de suma importância para a qualidade microbiológica de produtos minimamente processados, com o objetivo de redução significativa da presença de patógenos nesses produtos (FREITAS-SILVA, SOUZA e OLIVEIRA, 2013).
CORTE	Apesar de causar injúrias e danos aos tecidos, esta etapa é necessária no preparo de produtos frescos para consumo direto. Os tecidos fatiados apresentam maior taxa de respiração e maiores alterações fisiológicas, bioquímicas e

	microbiológicas (SASAKI, 2005; PORTE e MAIA, 2001).
ENXÁGUE	As hortaliças são enxaguadas de 2 a 3 vezes para retirada dos possíveis resíduos das enzimas que são exudadas pelas células no momento da ruptura do tecido (GOMES et al., 2005).
CENTRIFUGAÇÃO	Esta operação visa retirar o excesso de água presente nos vegetais, decorrente das etapas de sanitização e enxágue, bem como os resíduos de exsudados celulares remanescentes do corte, que são um excelente meio para o crescimento de microrganismos deterioradores ou patogênicos (SILVA et al., 2011).
EMBALAGEM	Os sistemas de embalagens a serem adotados variam dependendo da fisiologia do vegetal, do mercado, da tecnologia de processamento adotada e da expectativa de vida útil do produto pronto (CENCI, 2011).
EMBALAGEM DE TRANSPORTE	Visando facilitar o manuseio mecânico, os produtos embalados são colocados em caixas plásticas antes de serem armazenadas em câmaras frias e devem ser limpas e sanitizadas sempre que retornarem à agroindústria (GOMES et al., 2005; SILVA et al., 2011).
ARMAZENAMENTO REFRIGERADO	O produto deve ser armazenado sob refrigeração à temperatura de 5°C a 8°C. O uso da temperatura adequada é um dos fatores mais importantes na manutenção da qualidade e a segurança deste produto (GOMES et al., 2005).
DISTRIBUIÇÃO	O produto refrigerado deve ser distribuído para comercialização o mais rápido possível, em caixas isotérmicas e/ou veículos refrigerados (GOMES et al., 2005).

### 3.2. Alface: Pós-Colheita

Nas últimas décadas, a oferta doméstica no Brasil de frutas e legumes foi garantida por um progresso na adoção de técnicas modernas e a implementação de canais de distribuição mais eficientes. No entanto, o país ainda enfrenta perdas pós-colheita consideravelmente elevadas para frutas e vegetais, onde do volume total desperdiçado, 10% ocorre na colheita, 50% no manuseio e transporte, 30% nas centrais de abastecimento e 10% entre supermercados e consumidores (HENZ, 2017; FAO, 2017).

Dentre os principais fatores que contribuem para o desperdício de alimentos estão a infraestrutura inadequada, a deficiência na transferência de tecnologia pós-colheita para todos os segmentos, a indisponibilidade de equipamentos e tecnologia para pequenos agricultores e, especialmente, um sistema de comercialização mais eficiente e justo (LANA, 2013; CENCI, 2000).

Normalmente as perdas são atribuídas a causas bióticas (doenças patogênicas), abióticas (desordens ou distúrbios fisiológicos ou doenças não patogênicas) e principalmente causas físicas (injúrias mecânicas), sendo classificadas em: qualitativas (mudanças de textura, sabor, odor (*flavor*), alterações nos níveis nutricionais e deteriorações por causas diversas) e quantitativas (danos mecânicos, ocasionados frequentemente em operações de pré-colheita, colheita e de manuseio, tais como classificação, embalagem e transporte. Normalmente são porta de entradas para

invasões e crescimento de patógenos, perda de peso, sabor, firmeza e mudança de coloração) (MARTINS e FARIAS, 2002).

Para controle das perdas pós-colheita, garantindo a qualidade do produto e conservando seus aspectos fisiológicos e seu sabor, várias tecnologias podem ser utilizadas, as quais devem ser iniciadas no campo, se estendendo para as etapas seguintes. A colheita e o beneficiamento são as fases críticas de ocorrência de injúrias no campo de produção, e o repasse, no mercado atacadista (AMORIM, 2007).

De acordo com Neves Filho et al. (2007) perder é deixar de ganhar, o que justifica a importância de um bom embasamento e difusão de técnicas adequadas de manuseio, processamento, resfriamento, armazenamento e distribuição dos produtos, constituindo-se numa parte da logística de produção. Segundo os autores, a redução das perdas propiciaria benefícios significativos a todos os envolvidos, incluindo o consumidor, que paga pelos erros ou acertos da cadeia.

### **3.2.1. Alterações físico-químicas**

Após a colheita de qualquer parte do vegetal, a respiração torna-se o principal processo fisiológico, uma vez que não existe mais a dependência de absorção de água, minerais, nutrientes e atividade fotossintetizante para garantir a sua sobrevivência. A energia química liberada pela respiração é captada para dar continuidade aos processos de síntese necessários à sua sobrevivência (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O oxigênio pode afetar a respiração do vegetal devido ao seu papel como substrato, e depois de colhidos, esses vegetais utilizam esse gás para degradar os fotoassimilados, visando a obtenção de energia química (ATP) que acaba por resultar nos produtos finais  $H_2O$  e o  $CO_2$ . O consumo do oxigênio ajuda a dar continuidade à respiração no momento em que o vegetal precisa utilizar suas próprias reservas, porém esse consumo deve ser controlado e reduzido a uma concentração mínima (para evitar a fermentação) possível a fim de prolongar sua conservação (TAIZ e ZEIGER, 2012; PES e HILGERT, 2015).

A respiração está relacionada diretamente à conservação da alface, neste processo além da absorção de  $O_2$  e eliminação de  $CO_2$  também se observa a síntese de etileno (proporcional a concentração de  $O_2$ ), que contribui para a senescência da hortaliça e produção de aldeídos voláteis que utilizam rapidamente suas reservas alterando cor e firmeza (MAISTRO, 2001).

O valor nutricional e a vida útil dos alimentos são diminuídos pelo alto índice de oxigênio, uma vez que este gás reage com os alimentos sensíveis acelerando a deterioração e degradando vitaminas, podendo causar a rancidez em óleos, nozes, produtos gordurosos, estimulando o crescimento microbiano além de acelerar a atividade respiratória dos vegetais que resulta na utilização de suas reservas metabólicas, sendo assim, produtos como as hortaliças, que possuem baixa reserva metabólica chegam mais rapidamente à senescência diminuindo sua validade comercial. (MOHAN, RAVISHANKAR e SRINIVASAGOPAL, 2008; CHITARRA & CHITARRA, 2005).

As lesões ocasionadas no processamento mínimo elevam a taxa respiratória e a síntese de etileno, promovendo alterações na cor, sabor, aroma e textura. Logo, é importante a refrigeração durante o armazenamento desse produto, já que a respiração é diminuída de 2 a 3 vezes com o decréscimo de  $10^\circ C$  de temperatura, retardando sua maturação e senescência (MATTOS, 2005).

O armazenamento de frutas e hortaliças é diretamente afetado pela combinação de fatores como temperatura, transpiração e concentração dos gases CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e etileno. O aumento da temperatura eleva exponencialmente a taxa de respiração além de reduzir de forma também exponencial a vida útil dos vegetais.

Quando o armazenamento é realizado com atmosfera modificada utilizando concentrações reduzidas de O<sub>2</sub> e elevadas de CO<sub>2</sub>, este reduz a taxa de respiratória podendo aumentar a vida útil pós-colheita (CALBO, MORETTI, HENZ, 2017).

A taxa de respiração em hortaliças é variável e mais acentuada nos vegetais colhidos imaturos. Como existe uma grande diversidade de produtos rotulados como hortaliças, a classificação desses quanto a taxa respiratória se torna inviável, por isso a intensidade respiratória se torna necessária para o conhecimento da perecibilidade, ou seja, rapidez com que ocorrem as transformações na composição dos tecidos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A síntese acentuada de etileno é outro evento a ser observado em hortaliças submetidas ao processamento mínimo, e essa elevação na produção de etileno ocorre em função dos estresses sofridos pelo tecido vegetal. O etileno, quando se acumula no interior do produto ou nos tecidos vegetais danificados promove o aumento da respiração e estimula processos metabólicos resultando na diminuição da vida útil (HONÓRIO e MORETTI, 2002).

Dessa forma, as células continuam a produção de enzimas e de outras substâncias de estrutura molecular elaborada, como parte essencial do processo de manutenção de suas funções vitais. De acordo com a intensidade das reações bioquímicas, os tecidos podem atingir rapidamente a senescência, tornando-se mais suscetíveis à perda de umidade, desenvolvimento de microrganismos, diminuição das reservas energéticas e vida útil em consequência da perda de substratos além da perda de massa em virtude da pequena reserva de carbono existente nessa hortaliça. Sendo assim, o controle da respiração é a condição essencial para a manutenção da qualidade e para o prolongamento da vida útil dos produtos vegetais perecíveis (SILVA, 2012).

Quando se fala em fatores endógenos que estimulam a atividade respiratória antecipando assim o amadurecimento dos tecidos, o etileno é citado com alta relevância. Muitos desses tecidos, sejam reprodutivos ou vegetativos, elevam sua atividade respiratória devido à ação desse gás, evidenciando assim seu interesse no pós-colheita, uma vez que o acúmulo pode alterar a taxa respiratória até mesmo em produtos que o sintetizem em pequenas concentrações (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Por induzir o aumento da atividade das clorofilases, enzimas que degradam a clorofila, o etileno afeta negativamente a coloração verde dos tecidos vegetais, sendo esta coloração substituída por compostos verde oliva, marrons ou até pigmentos amarelos (carotenóides) (SILVA, 2012).

Uma elevada taxa respiratória leva a um aumento da síntese de etileno, que em níveis de 2,5% de oxigênio, cai abaixo da metade, e nessa concentração retarda o amadurecimento do órgão vegetal (KENDRA, 2010).

A evolução do etileno é de extrema relevância em hortaliças que foram submetidas ao processamento mínimo. Um estresse causado pela elevação da taxa respiratória promove um aumento na produção de etileno que ao se acumular no interior da hortaliça ou mesmo no ambiente em que ela se encontra estimula processos metabólicos diminuindo assim a validade comercial do produto (MATTOS et al., 2008). Mudanças na coloração natural de hortaliças, durante a colheita, pós-colheita, processamento e armazenamento conduzem a uma diminuição na qualidade. A manutenção desse atributo de qualidade é um grande desafio na elaboração desses produtos. O escurecimento enzimático é um fenômeno amplamente difundido que

resulta em significativas mudanças na cor e sabor, gerando então perdas nutricionais (COSTA, 2010).

Esse escurecimento se dá pela presença da enzima polifenoloxidase (PPO), que catalisa a oxidação de compostos fenólicos, sintetizando pigmentos escuros em cortes ou superfícies danificadas de frutas e hortaliças. Não é observado em células intactas já que os compostos fenólicos localizados nos vacúolos celulares ficam separados dessa enzima armazenada nos plastos. Uma vez que o tecido é danificado por corte ou injúrias, a PPO entra em contato com seu substrato formando pigmentos escuros devido a exposição ao oxigênio (SOUZA e LEÃO, 2012).

As atividades das PPOs geralmente não são bem vistas em frutas e hortaliças devido a coloração parda que produzem. Na busca pela inibição do escurecimento enzimático, métodos que tem como base a eliminação de um ou mais de seus componentes essenciais, como o oxigênio, a enzima, o cobre ou o ferro do centro catalítico da PPO, respectivamente, ou o substrato, bem como as condições extrínsecas de armazenamento vêm sendo estudados (SILVA, ROSA e VILAS BOAS, 2009).

A alface, por não ter quantidade significativa de polifenóis (substrato para as PPO's), apresenta um escurecimento enzimático mais lento, sendo necessária então a síntese de novos polifenóis para dar sequência à reação (GUASSI, 2012).

Já a fenilalanina amônia liase (PAL) é uma enzima amplamente observada em alface minimamente processada, pois ela é induzida pelo corte e já foi observado o aumento na concentração de compostos fenólicos neste produto. O grau dessa injúria influencia diretamente na atividade dessa enzima, que tem ação observada tanto na região da nervura central da folha como a 2,5 cm de distância desta (Figura 1) (SOUZA, 2005; SIMÕES, 2004).



**Figura 1.** Ação da enzima PAL na folha de alface

Fonte: Próprio autor (2017)

### 3.2.2. Alterações físicas

Como um dos maiores entraves na cadeia produtiva de vegetais podemos destacar as perdas pós-colheita, ligadas diretamente a fatores como injúrias mecânicas que resultam em alterações físicas, responsáveis pelas consideráveis distâncias entre os preços de compra e venda dos produtos hortícolas (GUERRA et al., 2017).

Uma injúria mecânica pode ser classificada como injúria por impacto, compressão ou corte, ocasionando danos irreparáveis aos produtos e redução da vida útil provocando assim uma conseqüente desvalorização comercial. Por serem cumulativas ao longo da cadeia produtiva, é necessário que elas sejam atenciosamente coordenadas e associadas visando minimizar perdas na qualidade do produto final (KASAT et al., 2007; BERLINGIERI et al, 2005).

Essas injúrias são causadas por transporte impróprio, falta da cadeia do frio, a não aplicação das técnicas de manuseio pré e pós-colheita, o excesso de contato pelo consumidor final nos produtos e acúmulo de produtos nas gôndolas como pontos agravantes nas perdas de hortaliças (SOARES, 2009).

No que diz respeito à segurança do alimento, esta classe de alterações é a de menor significância, pois está diretamente relacionada às alterações sensoriais e principalmente à textura no comprometimento da aceitação dos alimentos. Na estocagem, a principal alteração é a absorção ou perda de umidade que também acarretam mudanças na textura, aumentando a atividade de água do alimento e levando a uma maior quantidade de água disponível aos microrganismos, gerando assim alterações microbiológicas que comprometem a segurança do alimento (AZEREDO, 2012).

### 3.2.3. Alterações químicas

Dentre as alterações químicas que ocorrem nos alimentos (Quadro 2), podemos citar a degradação de sabor, cor e textura, deterioração de propriedades de compostos, como perda da capacidade de retenção de água por aquecimento de proteínas assim como perda de valor nutricional.

**Quadro 2.** Alterações químicas em alimentos

ALTERAÇÕES QUÍMICAS	DESCRIÇÃO
Alterações enzimáticas	Muitas das enzimas presentes em organismos vegetais ou animais podem ser inativadas quando submetidas ao processamento, porém algumas ainda assim continuam ativas e geram conseqüências como escurecimento devido à oxidação de compostos fenólicos em tecidos vegetais e reação química que resulta no amolecimento de tecidos vegetais durante o amadurecimento.
Degradação dos pigmentos	A cor diz muito sobre a vida útil do alimento já que está diretamente ligada à aceitação do produto pelo consumidor.
Degradação de vitaminas	Ultimamente o consumidor se preocupa muito com o valor nutricional dos alimentos a serem ingeridos, logo pesquisadores e indústrias têm se atentado ao efeito do processamento e estocagem na perda desses nutrientes.

Fonte: Azeredo (2012)

### 3.2.4. Alterações microbiológicas

Segundo Azeredo (2012), os alimentos sofrem alterações devido à contaminação por microrganismos que podem ser oriundos do solo, água, ar, utensílios ou do trato intestinal do ser humano e de animais, e de acordo com sua interação com os alimentos, os microrganismos são classificados em três categorias: deterioradores (sua atividade metabólica gera alterações químicas que comprometem a qualidade do produto final, geralmente do ponto de vista sensorial), patogênicos (o consumo de alimentos contaminados por microrganismos desta categoria pode resultar em infecções ou intoxicações no indivíduo) e fermentadores (desempenham reações químicas peculiares causando alterações nas características sensoriais dos alimentos).

Fatores como a validade comercial e estabilidade microbiológica podem ser mensuradas a partir do conhecimento dos fatores intrínsecos (Quadro 3), que atuam no alimento. Já os fatores extrínsecos (Quadro 3), são aqueles relativos ao ambiente em que o alimento se encontra e podem atuar de forma positiva ou negativa sobre os microrganismos. É conveniente que estes fatores sejam estudados em conjunto pois têm uma forte interação entre si.

**Quadro 3.** Fatores intrínsecos e extrínsecos que atuam no alimento.

<b>FATORES INTRÍNSECOS</b>	<b>ATIVIDADE DE ÁGUA (Aw)</b>	A quantidade de água disponível em um alimento, bem como sua condição é um dos fatores de maior relevância quando se fala em crescimento de um microrganismo.
	<b>pH</b>	Limita qual tipo de microrganismo irá crescer naquele meio. Pescado, leite, alface (pH>4,5) Tomate, ameixa, berinjela (4,0<pH<4,5) Refrigerantes, azeitonas, maçãs (pH<4,0)
	<b>COMPOSIÇÃO QUÍMICA</b>	Os microrganismos possuem preferências por fatores de crescimento assim como por componentes específicos que estão presentes nos alimentos.
	<b>ANTIMICROBIANOS NATURAIS</b>	Algumas substâncias presentes naturalmente em alimentos garantem a estabilidade ao ataque microbiano.
<b>FATORES EXTRÍNSECOS</b>	<b>TEMPERATURA</b>	A temperatura é responsável por aproximadamente 70% de uma boa conservação. Existe uma temperatura específica para cada espécie de fruta e/ou hortaliça, e sua utilização sem oscilações garantem uma conservação eficiente
	<b>UMIDADE RELATIVA</b>	Se o alimento é armazenado em um ambiente com umidade relativa maior que sua atividade de água ele tende a absorver água.

<b>COMPOSIÇÃO GASOSA DO AMBIENTE</b>	O gás presente no ambiente determinará quais microrganismos irão se desenvolver.
--------------------------------------	--

Fonte: Cantiliano (2017), Carvalho (2010), Valsechi (2006).

### 3.3. Métodos de Conservação de Alimentos

Os métodos de conservação visam estender a vida útil dos alimentos aumentando consequentemente sua validade comercial. Suas técnicas, ao mesmo tempo em que mantém os nutrientes e características sensoriais evitam alterações enzimáticas, químicas e microbianas. A seguir estão listadas algumas das principais causas e consequências da conservação de um alimento (VASCONCELOS, 2010).

**Causas:**

- i) Perecibilidade dos alimentos;
- ii) Sazonalidade das produções;
- iii) Distribuições geográficas das produções e dos centros de consumo.

**Consequências:**

- i) Manutenção da qualidade;
- ii) Transporte e comunicação;
- iii) Treinamento de mão de obra.

A escolha do método ideal de conservação (Quadro 4) vai variar de acordo com parâmetros como pH, atividade de água (Aw), teor de vitaminas e pigmentos fotossensíveis, condições favoráveis ao crescimento de microrganismos, custo do processo, período necessário de conservação, além das condições de estocagem e distribuição (AZEREDO, 2012).

O Quadro 4 lista os principais métodos de conservação de vegetais e hortaliças.

**Quadro 4.** Principais métodos de conservação de vegetais

	<b>MÉTODO DE CONSERVAÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>CALOR</b>	<b>BRANQUEAMENTO</b>	Pré-tratamento comumente aplicado após a colheita, seleção e lavagem de hortaliças, objetivando a inativação de enzimas, fixação da cor, eliminação do oxigênio dos tecidos e diminuição da carga microbiana. Neste método, pode-se mergulhar o produto em água com temperatura já determinada ou utilizar vapor fluente/superaquecido e em seguida, resfriar o vegetal evitando a contaminação por microrganismos termófilos e comprometimento de sua textura.
<b>FRIO</b>	<b>REFRIGERAÇÃO</b>	O produto tem sua temperatura reduzida para valores entre -1 e 8°C, desse modo é possível reduzir a velocidade das transformações microbiológicas e bioquímicas prolongando então sua vida útil.

	CONGELAMENTO	O congelamento permite a conservação do valor nutritivo, cor, textura e sabor do vegetal. Neste método parte da água do produto sofre mudança em seu estado físico formando cristais de gelo, que reduz a atividade de água e eleva sua validade comercial. O ponto de congelamento de hortaliças frescas é um pouco inferior a 0°C, pois o suco celular é uma solução com diferentes solutos reduzindo assim o ponto de congelamento.
--	--------------	--

Fonte: Souza et al (2013), Moraes (2006).

Além da deterioração microbiana, é de grande relevância citar a deterioração que ocorre pela respiração dos vegetais, uma vez que eles continuam suas atividades respiratórias após a colheita, sendo assim, o controle dos gases como oxigênio, gás carbônico e etileno é imprescindível quando se almeja prolongar essa conservação (MAISTRO, 2001).

### 3.3.1. Embalagens na conservação de alimentos

A embalagem tem a função de proteger os alimentos quanto a danos mecânicos, alterações químicas e microbiológicas, contaminação química, presença de oxigênio, vapor de água e luz ultravioleta. Ela ainda mantém os benefícios adquiridos no processamento de alimentos, permitindo que os mesmos sejam transportados em segurança para longas distâncias, aumentando assim sua validade comercial (PRASAD e KOCHHAR, 2014).

As embalagens ativas são aquelas que têm funções extras quando comparadas às embalagens passivas, que apenas isolam o produto do meio externo. Além de poder corrigir falhas existentes em embalagens passivas, elas podem mudar as condições do produto embalado podendo estender sua validade comercial, além da segurança, qualidade e características sensoriais do produto (FERREIRA, 2012; SOARES et al, 2009).

Dentro de embalagens ativas, existe a classificação entre sistemas absorvedores (atuam removendo compostos que poderiam acelerar a perda do produto estendendo sua validade comercial) e emissores (permitem a migração de componentes desejáveis para o produto podendo alterá-lo de forma desejável no sabor, aroma e ainda estender sua validade comercial) (BRAGA e PERES, 2010).

Ao optar pelo uso de sistemas absorvedores em alimentos perecíveis, é necessário atentar para alguns detalhes (SARANTÓPOULOS e COFCEWICZ, 2016):

- i) estes sistemas devem atender à legislação vigente;
- ii) não podem oferecer riscos ao consumidor como por exemplo ingestão acidental ou liberação da substância ativa para o alimento;
- iii) no caso do uso de absorvedores do tipo sachê, estes devem ter a dimensão reduzida em relação ao tamanho da embalagem/produto;
- iv) a concentração da substância ativa deve estar em concordância com a massa, volume e prazo de validade do alimento;
- v) a taxa de absorção deve ser ajustada de acordo com a permeabilidade da substância ativa através da embalagem;
- vi) caso a funcionalidade do ativo for dependente da umidade, a atividade de água do alimento deve ser considerada na especificação;
- vii) a velocidade de ação deve ser compatível com a perecibilidade do alimento;

viii) os absorvedores devem ser estáveis aos fatores extrínsecos, como possíveis variações de umidade e temperatura durante o armazenamento e comercialização.

### **3.3.1.1. Absorvedores de oxigênio**

Um produto bem difundido nos dias de hoje e que pode ser exemplificado como uma embalagem ativa é o absorvedor de oxigênio. Sua eficiência é atribuída ao retardo da deterioração em alimentos, impedindo assim o crescimento microbiano e sendo ao mesmo tempo uma excelente opção na conservação de vegetais sensíveis ao oxigênio, uma vez que a exposição a uma baixa concentração desse gás diminui a taxa respiratória do vegetal prolongando sua vida pós-colheita (ADAY e CANER, 2013).

Comumente, a tecnologia dos absorvedores tem por base a oxidação ou combinação de um dos seguintes componentes: pó de ferro, ácido ascórbico, polímero fotossensível, enzimas, dentre outros. E estes podem se apresentar em forma de sachês absorvedores (tem contato direto com alimento e fica solto dentro da embalagem), etiqueta adesiva (garante um melhor posicionamento reduzindo o risco de uso incorreto pelo consumidor) e incorporação direta na fabricação do material polimérico (SARANTÓPOULOS e COFCEWICZ, 2016; CRUZ, SOARES e ANDRADE, 2005).

A sensibilidade de vários alimentos ao oxigênio associada ao aumento do desenvolvimento microbiano causada por este gás, vem incentivando a criação de embalagens que reduzam a concentração do mesmo no interior destas.

Os absorvedores de oxigênio vêm sendo utilizados em alimentos devido a sua eficiência pois deixam uma faixa residual de oxigênio de apenas 0,01% na embalagem, em outras embalagens ativas esta concentração é de 2% a 3% (BRAGA e PERES, 2010).

Esse baixo nível de oxigênio garantido por esses absorvedores pode ser mantido por longos períodos dependendo da permeabilidade ao oxigênio do material de embalagem (SEN et al 2012).

Como vantagens do uso da tecnologia de absorvedores de oxigênio pode-se destacar (PRASAD e KOCHHAR, 2014):

- Redução/eliminação do uso de conservadores e antioxidantes nos alimentos, incorporando o valor agregado de "fresco" ou "natural";
- Alternativa econômica e eficiente ao uso de atmosfera modificada e embalagens a vácuo;
- Impedem o crescimento de microrganismos aeróbicos;
- Retardam o metabolismo dos alimentos.

A utilização destes sistemas absorvedores, sejam isolados ou combinados com outros sistemas de embalagem tradicionais e utilização de atmosferas modificadas visam prolongar a validade comercial de um alimento (PRASAD e KOCHHAR, 2014).

Porém como desvantagens dos sachês absorvedores, se destacam a necessidade da utilização de embalagens adicionais onde se acrescenta o sachê e a não utilização em bebidas e alimentos que apresentem níveis significativos de água que possam estar em contato, já que uma vez umedecidos estes sachês perdem sua atividade (DAY, 2008).

### 3.4. Cultura da Alface

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a hortaliça folhosa mais consumida a nível mundial, seja pelo grau tecnológico da cultura (pode ser desenvolvida em estufa, hidroponia ou de forma orgânica) ou pela diversidade de variedades que possibilita sua presença em diversas regiões com climas diferentes (SHARMA et al., 2014; CARVALHO e COSTA, 2009).

Seu cultivo no país é realizado comumente pela agricultura familiar, aproximando-se a um total de 35.000 hectares (com produção mais expressiva no estado de São Paulo, que além da maior concentração de produtores destina mais da metade de sua produção ao mercado interno), e sua predominante forma de comercialização *in natura*, é feita em engradados de madeira (caixa K) ou caixas plásticas. Porém, são necessárias formas de comercialização que além de facilitar o manuseio, possam garantir a qualidade da hortaliça. (DIAMANTE, 2013; GALATI, 2013).

Nos últimos anos tem crescido também, de forma significativa, o mercado de alface para processamento, com o objetivo de atender principalmente às redes de *fast-food*, assim como restaurantes de grande porte, industriais e hospitalares, entre outros (Associação Brasileira de Horticultura, 2017).

A alface predominante no Brasil é da variedade crespa liderando com 70% do mercado, a variedade americana detém 15%, a lisa 10%, enquanto outras (vermelha, mimosa, etc.) correspondem a 5% do mercado (Figura 2) (SOUSA, 2017).



**Figura 2.** Variedades de alface mais consumidas no Brasil

Fonte: Sousa (2017)

As hortaliças como a alface se enquadram em um grupo de alimentos considerados altamente perecíveis devido a sua baixa resistência mecânica, ao aumento do metabolismo respiratório após a colheita e a grande quantidade de água presente na sua composição, por esse motivo é tão importante o cultivo próximo aos centros consumidores, garantindo assim o rápido escoamento da produção (CAVASINI, 2017; DIAMANTE, 2013; OLIVEIRA, 2012).

Segundo Galati (2013), hortaliças folhosas, como a alface, devido a sua elevada taxa de respiração, sofrem rápida desidratação no pós-colheita com sintomas iniciais de murchamento e enrugamento, implicando diretamente na perda de sua qualidade. O retardo no resfriamento dos vegetais após a colheita pode reduzir sua qualidade e validade comercial, sendo assim, o armazenamento a 5 °C e 90% de umidade relativa podem reduzir significativamente a perda da clorofila, dando condições favoráveis a comercialização (SILVA et al., 2007).

Apesar de ser uma cadeia com baixo custo unitário de produtos, foram necessárias alterações devido à alta perecibilidade desta hortaliça, que das variedades conhecidas é a que se degrada mais rapidamente, tendo início de sua deterioração justamente após a colheita, fazendo-se extremamente necessária uma eficiente

coordenação dos processos que integram esta cadeia, visando atingir os objetivos estratégicos e competitivos dentro deste ambiente mercadológico (CARVALHO, 2008).

A Tabela 1 mostra a área e produtividade consideradas para a estimativa da produção de hortaliças no Brasil em 2016.

**Tabela 1.** Área, produtividade e produção de hortaliças.

<b>ÁREA, PRODUTIVIDADE E PRODUÇÃO</b>			
<b>Cultura</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Produtividade (t/ha)</b>	<b>Produção (ton)</b>
Abóbora Cabotiá	42.538	16,0	680.613
Abobrinha	20.904	18,0	376.268
Alface	91.172	18,6	1.701.872
Alho	11.334	11,3	133.217
Batata	134.243	34,6	3.934.288
Beterraba	10.938	20,0	218.765
Cebola	42.458	35,4	1.578.554
Cenoura	22.254	48,3	752.196
Coentro	73.938	15,0	1.109.063
Couve-flor	11.079	29,7	329.047
Pimentão	11.188	49,6	554.904
Tomate mesa	18.814	81,9	1.538.070
Tomate indústria	46.448	81,8	3.803.167
<b>TOTAL</b>	<b>537.308</b>		<b>16.710.024</b>

Fonte: Neves (2017)

A Tabela 2 mostra o volume de hortaliças, o total comercializado e os preços médios praticados pelas CEASAS em 2016.

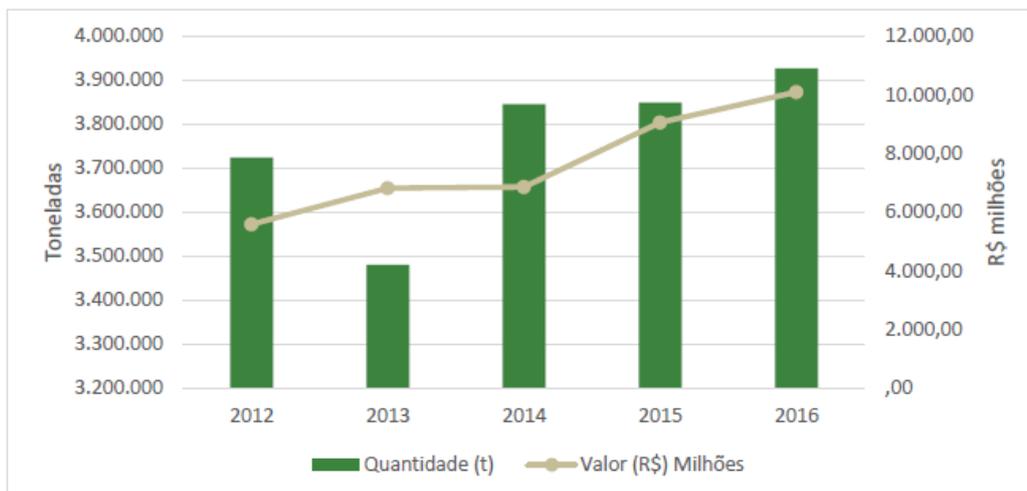
**Tabela 2.** Volume de hortaliças que passaram pelas CEASAS em 2016, perda média, quantidade comercializada, preço médio e valor total movimentado.

<b>MOVIMENTAÇÃO FINANCEIRA NOS CEASAS</b>						
<b>Cultura</b>	<b>Produção destinada aos CEASAS</b>	<b>Qtd. de entrada nos CEASAS (ton)</b>	<b>Perdas consideradas nos CEASAS</b>	<b>Qtd. comercializada (ton)</b>	<b>R\$ /kg</b>	<b>Valor total movimentado (mi U\$)</b>
Abóbora Cabotiá	13%	87.081,97	30%	60.957,38	1,90	33,3
Abobrinha	38%	144.034,80		100.824,36	1,77	51,14
Alface	6%	105.207,15		73.645,01	2,38	50,32
Alho	62%	82.724,46		57.907,12	16,91	281,14
Batata	30%	1.177.269,33		824.088,53	2,47	584,45
Beterraba	62%	135.189,18		94.632,43	1,79	48,51
Cebola	33%	524.466,58		367.126,61	2,16	227,39
Cenoura	50%	375.356,11		262.749,27	2,04	153,83
Coentro	1%	8.354,46		5.848,12	5,87	9,86
Couve-flor	25%	83.163,52		58.214,47	2,59	43,37
Pimentão	30%	164.313,30		115.019,00	3,53	116,57
Tomate	68%	1.039.944,90		727.961,43	2,34	488,24

<b>TOTAL</b>						<b>2.088,12</b>
--------------	--	--	--	--	--	-----------------

Fonte: Neves (2017)

A Figura 3 mostra a evolução das vendas de alface em volume e valores no período de 2012 a 2016.



**Figura 3.** Histórico (2012 a 2016) de vendas de alface dos CEASAS.

Fonte: Neves (2017)

Nota-se que as vendas dos CEASAS aumentaram cerca de 5% em volume, porém, em valor, esse percentual foi de 80%, ou seja, os preços pagos pelas hortaliças aumentaram em proporções muito maiores, indicando a tendência de que os produtos hortícolas têm se valorizado no mercado consumidor.

Quando se fala em exportações, as hortaliças, seja *in natura*, minimamente processadas ou processadas em 2016, movimentaram cerca de US\$ 23 milhões, sendo que as importações representaram pouco mais de US\$ 800 milhões, ou seja, apesar do volume importado não ser tão representativo no total consumido, o Brasil ainda é um país importador de hortaliças. A figura 4 mostra a evolução das exportações e importações de hortaliças ao longo dos últimos 10 anos.



**Figura 4.** Série histórica de exportações e importações de hortaliças

Fonte: Neves (2017)

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no Laboratório Agroindustrial de Embalagens e Tecnologia da Universidade Federal Fluminense (LAETec / EEIMVR – Volta Redonda/RJ) e em uma empresa de processamento mínimo de vegetais da região de Volta Redonda/RJ.

### **4.1. Materiais**

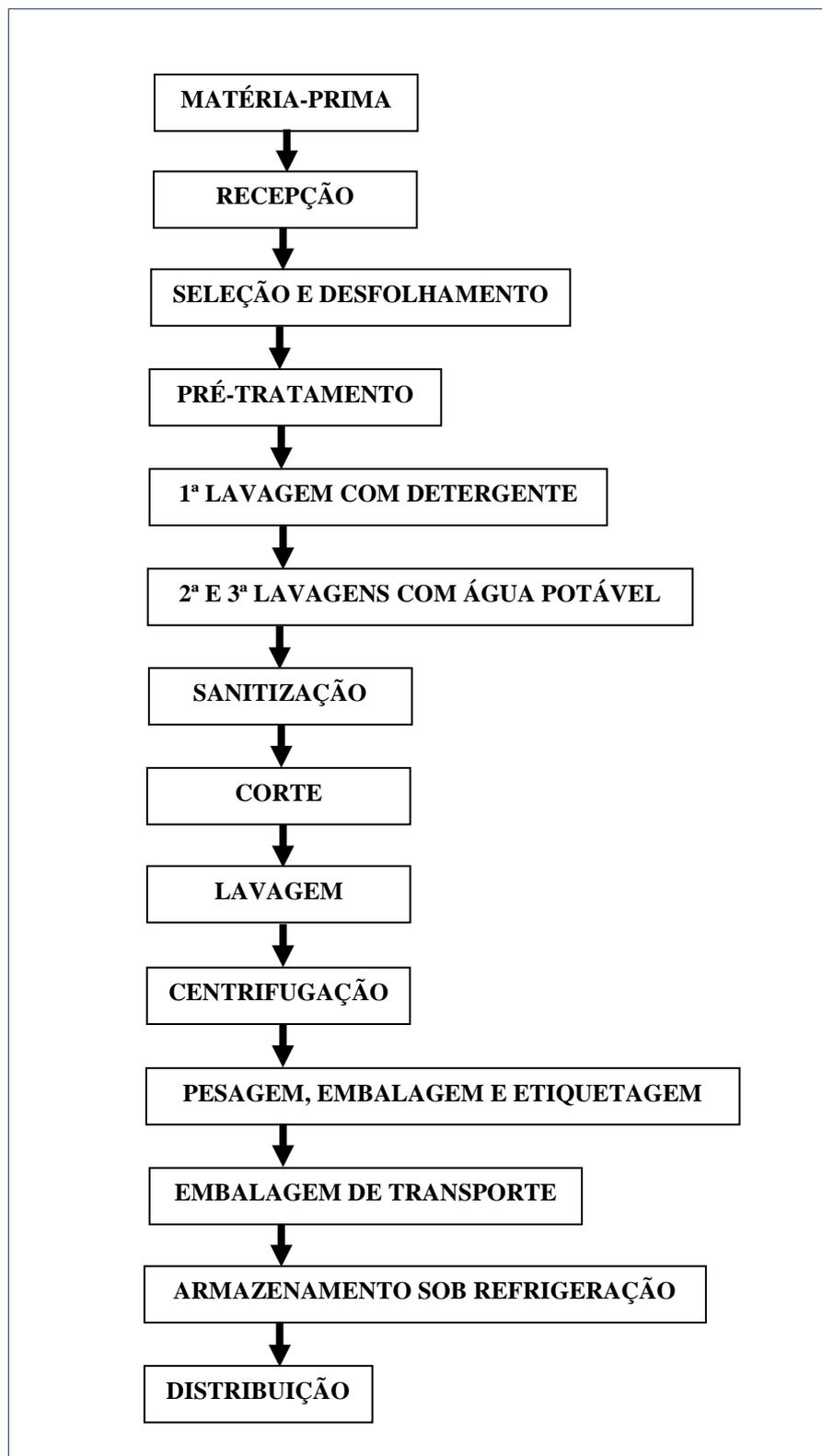
A alface e embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) foram fornecidas pela Empresa de Minimante Processados Parceira (Agroindústria), sendo as utilizadas na mesma. Foram utilizadas duas variedades da hortalíça (crespa e americana).

Os sachês absorvedores de oxigênio (tipo *Ageless*®) constituídos principalmente por um pó de ferro já contido no material plástico do mesmo possuíam dimensão de 4cmx4cm e foram doados pela empresa Mitsubishi Corporation do Brasil SA. Este modelo de sachê absorve O<sub>2</sub> em ambientes vedados e após a absorção, o gás predominante é o N<sub>2</sub>, possui ação rápida para alimentos de alto/médio teor de água e é utilizado para produtos refrigerados, perecíveis e com alta umidade.

### **4.2. Métodos**

#### **4.2.1. Processamento do vegetal**

O processamento da matéria-prima ocorreu na empresa, sendo realizado de acordo com as etapas descritas no fluxograma apresentado na Figura 5, seguindo imediatamente em caixas térmicas para o LAETec onde foi reembalado para acondicionamento do Sistema Ativo.



**Figura 5.** Fluxograma com as etapas do Processamento Mínimo.

Fonte: Adaptado da empresa colaboradora.

**MATÉRIA-PRIMA/RECEPÇÃO:** a matéria-prima é solicitada de acordo com a demanda de cada produto. É entregue na unidade em caixas de madeira ou sacos e passa por conferência (seleção) de funcionários que analisam a integridade das embalagens, número de caixas, qualidade do produto, e peso das mesmas.

**SELEÇÃO:** os vegetais são dispostos em uma mesa de inox, analisados cuidadosamente e os que apresentam algum dano são descartados.

**PRÉ-TRATAMENTO:** objetiva retirar a parte do vegetal que fica em contato direto com a terra, resultando assim as folhas soltas. Depois estas seguem para a lavagem com detergente.

**PRIMEIRA LAVAGEM COM DETERGENTE:** as folhas já selecionadas passam por processo de lavagem em tanque com detergente *Cleanveg* a base de dietanolamina de ácido graxo de coco, neutralizante e acidificante ficando nesse tanque sob agitação por cerca de 3 (três) minutos.

**SEGUNDA E TERCEIRA LAVAGEM COM ÁGUA POTÁVEL:** nesta etapa as folhas são lavadas duas vezes em água pura para retirada dos resíduos do detergente.

**SANITIZAÇÃO:** na área de processamento são imersas diretamente em tanques com água e sanitizante. Elas ficam em contato com o sanitizante *Cloroveg*, de princípio ativo Ácido Dicloroisocianúrico, sendo 9% p/p de cloro ativo por cerca de 7 (sete) minutos.

**CORTE:** o vegetal é transferido para as máquinas de corte onde são fatiados de acordo com a solicitação do cliente (mecanicamente ou rasgada à mão). Há também solicitação de folhas inteiras, nesse caso após a sanitização e lavagem para remoção de resíduos do sanitizante as folhas seguem para a centrifugação.

**LAVAGEM (ENXÁGUE):** O produto é lavado para retirada dos resíduos do sanitizante.

**CENTRIFUGAÇÃO:** é realizada a retirada de toda a água possível para que o produto possa ser embalado.

**PESAGEM, EMBALAGEM E ETIQUETAGEM:** as etapas de pesagem e embalagem são feitas manualmente, depois é devidamente etiquetada. O fechamento das embalagens na empresa é feito por uma termoseladora, podendo ser controlado por vácuo ou não.

**EMBALAGEM DE TRANSPORTE:** as embalagens devidamente fechadas são dispostas em caixas plásticas, que posteriormente são separadas e organizadas por cliente.

**ARMAZENAMENTO SOB REFRIGERAÇÃO:** as caixas plásticas são colocadas sobre *palets* em câmara fria interna a 5°C até o momento da expedição.

**DISTRIBUIÇÃO:** toda a logística é feita em caminhão refrigerado, mantendo assim a qualidade do produto final.

#### **4.2.2. Acondicionamento da alface**

A alface foi reacondicionada em porções de 200 gramas em sacos de polietileno de baixa densidade de espessura 0,10mm (a mesma utilizada na empresa) e dimensões 15x30cm (esta dimensão foi determinada através do tamanho do sachê obtido e seu respectivo volume de absorção, depois de cálculos realizados concluiu-se que este tamanho de embalagem apresentava um volume correspondente à faixa de absorção do sachê. Foram quatro os tratamentos dispostos (alface fatiada mecanicamente e embalada sem o sachê absorvedor, alface fatiada mecanicamente e embalada com o sachê absorvedor, alface rasgada à mão e embalada sem o sachê absorvedor e alface rasgada à mão e embalada com o sachê absorvedor).

As embalagens contendo a hortaliça foram armazenadas em condições controladas com temperatura de  $7\pm 2^{\circ}\text{C}$  por 7 dias.

#### **4.2.3. Avaliação do produto**

O produto foi avaliado quanto à concentração de oxigênio interna da embalagem, perda de massa, presença de microrganismos, pH e aspecto visual (análise de atributos) nos tempos 0, 1, 2, 3 e 4 durante sete dias de armazenamento.

Nas análises de perda de massa e concentração interna de oxigênio as amostras foram conservativas e em triplicata, tendo as mesmas três unidades utilizadas do primeiro ao sétimo dia. Para as análises de pH, visual e microbiológica, foram utilizadas duas unidades para a homogeneização das amostras, tendo as leituras também realizadas em triplicata. Já na análise atributos, as amostras foram classificadas de 0 a 5, onde mais próximo de zero o produto estava ótimo para conservação e mais próximo de cinco o mesmo já estava perdido.

##### **4.2.3.1. Quantificação de oxigênio no *headspace* da embalagem**

A concentração de oxigênio no interior da embalagem, antes e depois do armazenamento foi quantificada pelo aparelho *Oxibaby*® (Sunnyvale/*OXYBABY M+iO<sup>2</sup>*), nos tempos descritos anteriormente. Seu funcionamento consiste na penetração de uma agulha na embalagem, atravessando um silicone previamente colado para a vedação imediata após a remoção da agulha e então o equipamento analisa a concentração interna do gás.

##### **4.2.3.2. Perda de massa**

Foi analisada comparando a massa fresca inicial e a final, obtendo assim o total de massa perdida em porcentagem ao longo do período de 7 dias de armazenamento (equação 1). Foi utilizada uma balança semi-analítica (*BEL ENGINEERING*®).

$$PM = (m_i - m_f) / m_i \times 100 \quad (1)$$

Em que:  
PM (%) = perda de massa  
 $m_i$  = massa inicial  
 $m_f$  = massa final

#### 4.2.3.3. pH

Foram abertos dois pacotes e a alface homogeneizada. Desta homogeneização, foram preparadas três soluções distintas para cada tratamento conforme a Metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). A alface foi triturada com 50ml de água destilada com o auxílio de um *mix* (Philips Walita®). As soluções foram levadas ao pHmetro (BEL Engineering modelo W3B®) para leitura.

#### 4.2.3.4. Análise de atributos

Foi adotada uma escala de pontuação para verificação visual quanto aos atributos coloração, limosidade e murchamento (perda de água). Quanto maior a pontuação maior a deterioração observada, logo “0” seria ótimo para conservação e “5” produto perdido.

#### 4.2.3.5. Padrão microbiológico

As amostras utilizadas foram: Americana (Folha Inteira), Americana Fatiada e Americana “Rasgada à Mão”, Crespa (Folha Inteira), Crespa Fatiada e Crespa “Rasgada à Mão”. As análises foram realizadas no laboratório de Microbiologia do DTA (Departamento de Tecnologia de Alimentos) da UFRRJ de acordo com o teste da APHA (*American Public Health Association*). E então analisadas, quanto ao limite permitido de acordo com a RDC 12/2001 da ANVISA (BRASIL, 2001):

- Presença/ausência de Coliformes Termotolerantes (45°C) com limite de 10<sup>2</sup> NMP/g;

- Ausência de *Salmonella* spp. em 25g.

Alíquotas de 25 g das amostras de alface foram adicionadas a 225 ml de caldo lactosado, com incubação a 35°C. Após 24 horas de incubação, alíquotas de 0,1ml e 1 ml foram transferidas para 10 ml dos caldos de enriquecimento *Rappaport Vassiliadis* e Selenito-Cistina, respectivamente, e foram incubados por mais 24 horas em banho-maria a 35°C. Após o período de incubação dos mesmos, foram feitas estrias, com o auxílio de alça de platina para placas contendo ágar *Hektoen* e Agar Verde Brilhante Vermelho de Fenol - Lactose - Sacarose (BLPS), cujas placas foram incubadas a 35°C por 24 a 48h. Após a incubação, foi avaliado o possível crescimento de colônias típicas.

Para a avaliação dos coliformes totais e termotolerantes utilizou-se a técnica do número mais provável (NMP) também conhecido como método de tubos múltiplos. Na primeira etapa, foram retirados assepticamente 25 g de alface e preparadas três diluições sucessivas (0,1; 0,01 e 0,001) e para cada diluição foram utilizados três tubos contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato de Sódio com tubos de *Durhan* invertidos, os quais foram posteriormente incubados de 35 a 37°C por 24 horas. Os tubos que apresentaram formação de gás no Caldo LST, tiveram alíquotas semeadas em tubos com Caldo Verde Brilhante 2% (VB) e caldo EC, contendo tubos de *Durhan* invertidos e incubados a 35

°C em estufa não-ventilada para totais e 45°C em banho-maria para termotolerantes durante 24 horas. Após a incubação, foi avaliado o possível crescimento de coliformes totais e termotolerantes pela a formação de gás no interior dos tubos *Durhan*. Os resultados foram analisados em tabela do Número Mais Provável (NMP).

E para acompanhamento laboratorial, durante o armazenamento foi realizada a Contagem Total de Psicrotóficos. As embalagens foram abertas com auxílio de uma tesoura previamente esterilizada por flambagem. Após o recorte, 25 g da hortaliça foram coletados e transferidos para embalagens plásticas de polietileno estéreis para homogeneização, em 225mL de água peptonada 0,1%. A mistura foi levada ao *Stomacher* (LS *Logen Scientific*/LS 1901N) por 60 segundos. Foram realizadas diluições seriadas e posterior plaqueamento em meio PCA (*Plate Count Agar*). As placas foram incubadas a 7°C por 10 dias. A análise foi realizada em triplicata.

#### 4.2.4. Avaliação da embalagem

##### 4.2.4.1. Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)

A Taxa de Permeabilidade ao Vapor de Água (TPVA) foi determinada pelo método gravimétrico, seguindo a ASTM E 96/ E 96M (ASTM, 2005) com algumas alterações. Foram utilizadas cápsulas circulares com diâmetro de 10,5cm que continham 30g de Cloreto de Cálcio Anidro (CaCl<sub>2</sub>) dessecante, o filme PEBD foi selado na cápsula com a utilização de parafina. As cápsulas foram colocadas em um dessecador com solução saturada de Cloreto de Sódio (NaCl) na base objetivando uma umidade relativa de 75%, a temperatura do sistema foi de 25°C. Foi avaliado o ganho de massa relativo à absorção de umidade através do filme então construído um gráfico de ganho de massa por tempo, que gerou dados suficientes para que através de regressão linear (utilizando a porção estável da curva) fosse encontrado o coeficiente angular e assim a TPVA(g/m<sup>2</sup>/dia) segundo a equação 3.

$$TPVA = \frac{G}{t.A} \quad (3)$$

Em que:

TPVA = Taxa de Permeabilidade ao Vapor de Água (g./m<sup>2</sup>dia)

G/t = Coeficiente angular da reta (g/dia)

A = Área de Permeação da amostra (m<sup>2</sup>)

##### 4.2.4.2. Taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO<sub>2</sub>)

Foi utilizado método gravimétrico para determinação da TPO<sub>2</sub>. Para esta análise foram utilizados 6 pacotes de PEBD de dimensão média de 17,2 x 13,4 cm. Foram adicionados septos no exterior da embalagem permitindo assim a penetração de agulhas sem que houvesse vazamento após a remoção das mesmas. O oxigênio interno da embalagem foi removido utilizando o gás argônio. Em sequência foram feitas medições de hora em hora da concentração de O<sub>2</sub> no interior da embalagem. Foi construído então um gráfico de concentração de O<sub>2</sub> por tempo que gerou dados suficientes para que através de regressão linear (da fase estável da permeabilidade) fosse encontrado o coeficiente angular e assim a Taxa de Permeabilidade ao Oxigênio por este filme. A

umidade relativa foi de 48% (ambiente de trabalho) e temperatura média de 25°C. Foram realizadas duas repetições em triplicata e a TPO<sub>2</sub> do filme foi determinada segundo a equação 2.

$$TPO_2 = \frac{G}{t.A} \quad (2)$$

Em que:

TPO<sub>2</sub> = Taxa de Permeabilidade ao Oxigênio (cm<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>dia)

G/t = Coeficiente angular da reta (cm<sup>3</sup>/dia)

A = Área de Permeação da amostra (m<sup>2</sup>)

#### 4.2.5. Avaliação estatística

Os tratamentos foram dispostos segundo um delineamento inteiramente casualizado. Foi realizada a análise de variância ao nível de significância de 5%, na qual posteriormente ajustou-se à análise de regressão linear ou ao teste de Tukey a 5%. Foi utilizado o software Sisvar®.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

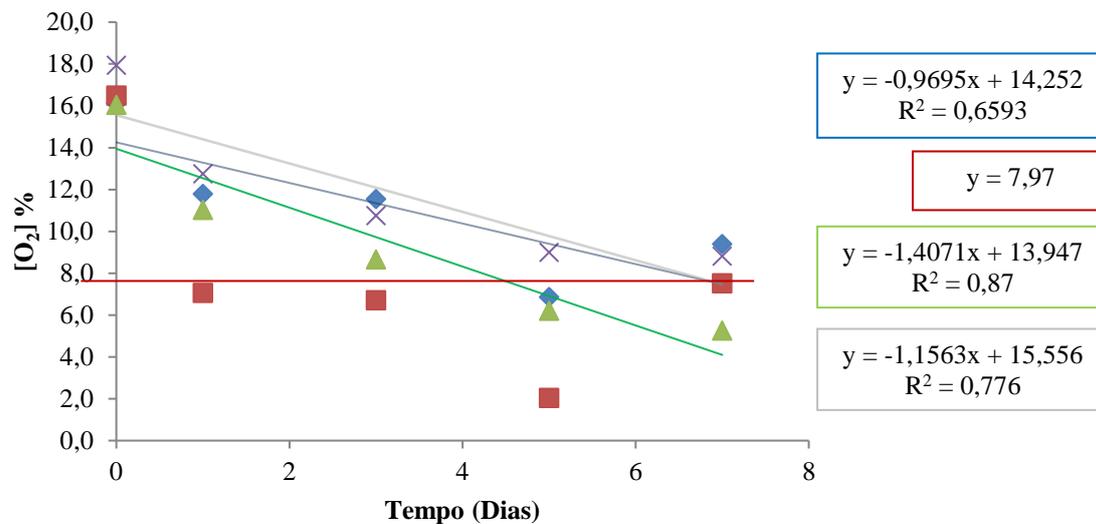
### 5.1. Quantificação de Oxigênio no *Headspace* da Embalagem

A concentração de oxigênio no interior das embalagens com alface americana se mostrou constante ao longo dos dias no tratamento fatiada com sachê. Os tratamentos fatiada e rasgada à mão com sachê apresentaram um comportamento diferente, onde a queda na concentração do gás foi observada do primeiro ao quinto dia, já entre o quinto e o sétimo dia houve um aumento na concentração medida (figura 6). Este fato pode ser explicado pela retirada do oxigênio presente na embalagem pela hortaliça e sachê absorvedor, e, uma vez que o sachê ficou saturado, ou seja, sua capacidade de absorção se esgotou, a troca gasosa com o meio externo ficou facilitada, elevando assim a concentração de oxigênio interna devido à permeabilidade do polímero utilizado (PEBD) ao oxigênio.

Mattos (2005), trabalhou com alface crespa em folhas inteiras e PEBD à temperatura de 10°C, e observou que, ao final do período experimental de 14 dias as concentrações de oxigênio eram 5 vezes menores que as concentrações iniciais, neste projeto com alface das variedades americana e crespa, durante um período experimental de 7 dias a 7°C as concentrações finais foram em média duas vezes menores que as iniciais, mostrando a eficiência do sachê.

O tratamento “rasgada à mão” teve o maior coeficiente angular (que em módulo nos mostra que quanto maior seu valor, mais rápido ocorre a queda na concentração de oxigênio), sendo assim responsável pelo maior consumo deste gás.

O fato do tratamento fatiada com sachê ter apresentado uma redução da concentração de oxigênio constante, diferentemente dos outros tratamentos pode ser explicado pela saturação que se deu no sachê em absorver o oxigênio no interior da embalagem, a partir daí, devido à baixa barreira oferecida pelo polímero se iniciou a entrada do gás externo, proporcionando então uma concentração mais equilibrada ao longo dos dias.

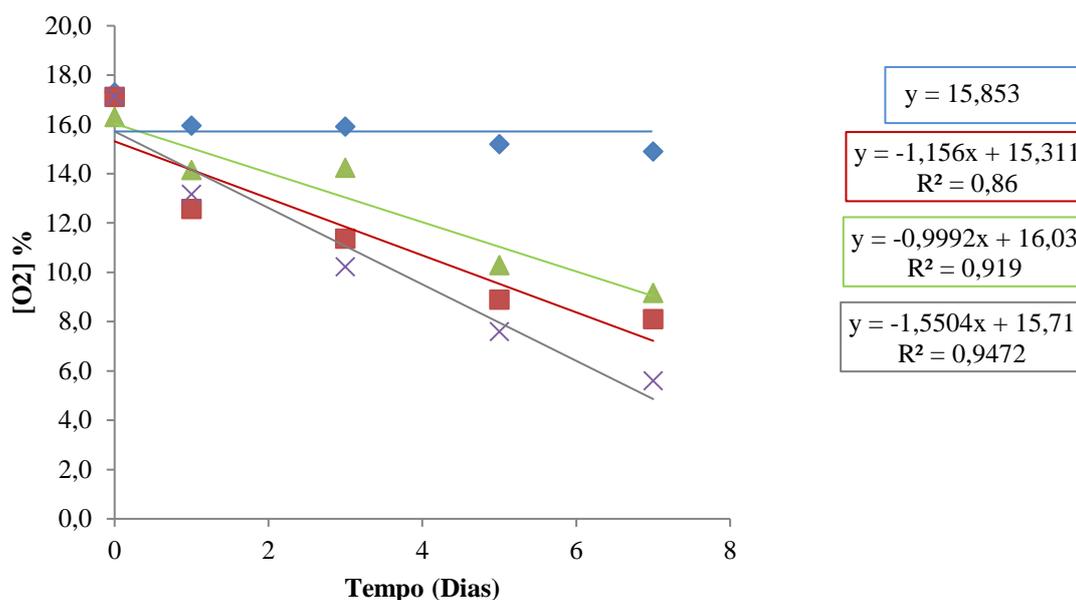


**Figura 6.** Concentração de oxigênio (%) no interior da embalagem de alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (×) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

Já na alface minimamente processada de variedade crespa (Figura 7), o tratamento fatiada sem sachê se manteve constante quanto à concentração de oxigênio ao longo dos sete dias de armazenamento, os demais tratamentos fatiada com sachê, “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê apresentaram queda na concentração do gás ao longo dos dias, sendo o tratamento rasgado à mão com maior coeficiente angular, tendo então o maior consumo de oxigênio.

Em ambas as variedades, o tratamento “rasgada à mão” apresentou maior consumo de O<sub>2</sub> ao longo do tempo, mostrando que o dano causado pelo processamento acelerou seu metabolismo, conseqüentemente sua taxa respiratória e o consumo do gás no interior da embalagem.

Em ambas as variedades da hortaliça não foi observada diferença significativa entre os tratamentos.

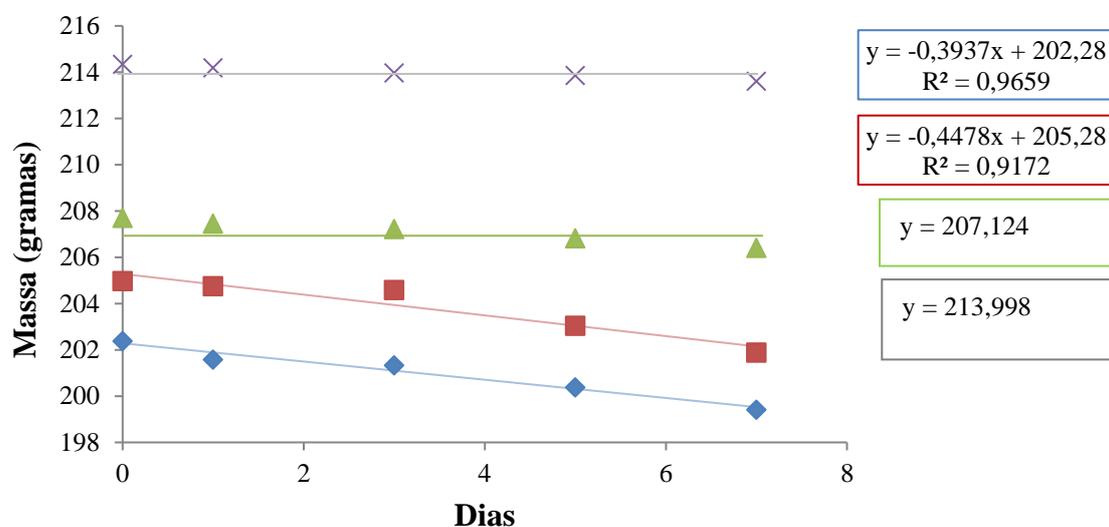


**Figura 7.** Concentração de oxigênio (%) no interior da embalagem de alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (×) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

## 5.2. Perda de Massa

Ao longo dos sete dias de armazenamento, na variedade americana foi observada perda de massa nos tratamentos fatiada e fatiada com sachê, com percentuais de 1,46% e 1,52%, respectivamente, já os tratamentos “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê se mantiveram constantes ao longo dos dias (Figura 8), com percentuais de 0,78% e 0,64%, respectivamente. O tratamento fatiada com sachê apresentou maior coeficiente angular, tendo assim a maior perda de massa.

O processo de senescência das folhosas acontece principalmente devido ao *déficit* hídrico proveniente da perda de água (WILLS et al., 1981), ocasionado pela colheita que interrompe o fornecimento de água para o vegetal, logo a perda de água seguinte por transpiração acarretará nas perdas quantitativas e qualitativas dos produtos, como foi observado no tratamento fatiada da variedade americana, uma vez que essa variedade da hortaliça tem maior teor de água quando comparada à variedade crespa também utilizada neste trabalho, sendo assim, seu murchamento foi mais acentuado.

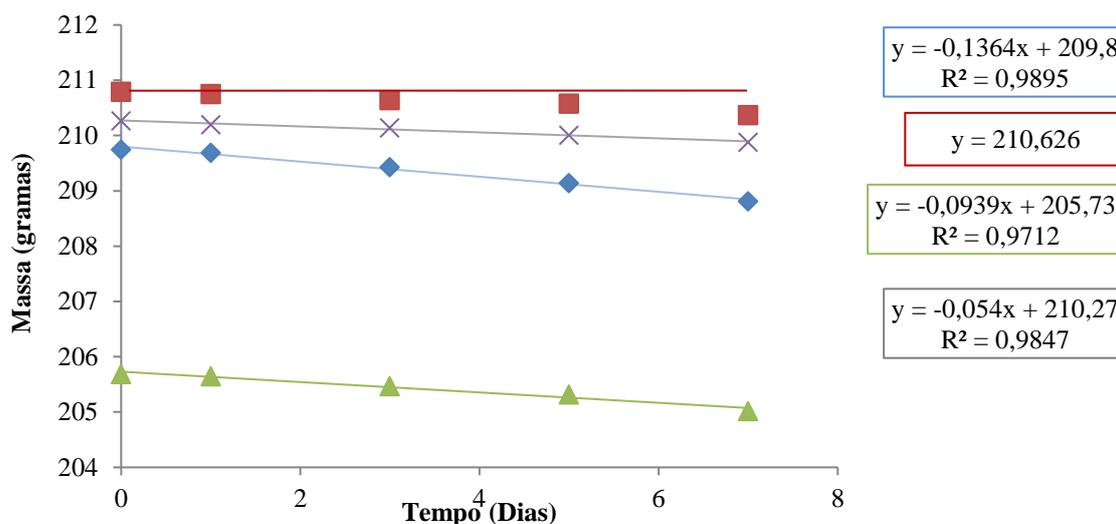


**Figura 8.** Comportamento da Perda de Massa da alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (×) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

Na variedade crespa (Figura 9), o tratamento fatiada com sachê manteve uma perda de massa constante ao longo dos dias, com percentual de 0,2%, já os tratamentos fatiada, “rasgada à mão” e “rasgada à mão” com sachê apresentaram percentuais de 0,45%, 0,33% e 0,18% respectivamente, com perda de massa significativa ao longo dos sete dias de armazenamento. O tratamento fatiada apresentou maior coeficiente angular, tendo então a maior perda de massa.

Em ambas as variedades da hortaliça não houve diferença significativa entre os tratamentos.

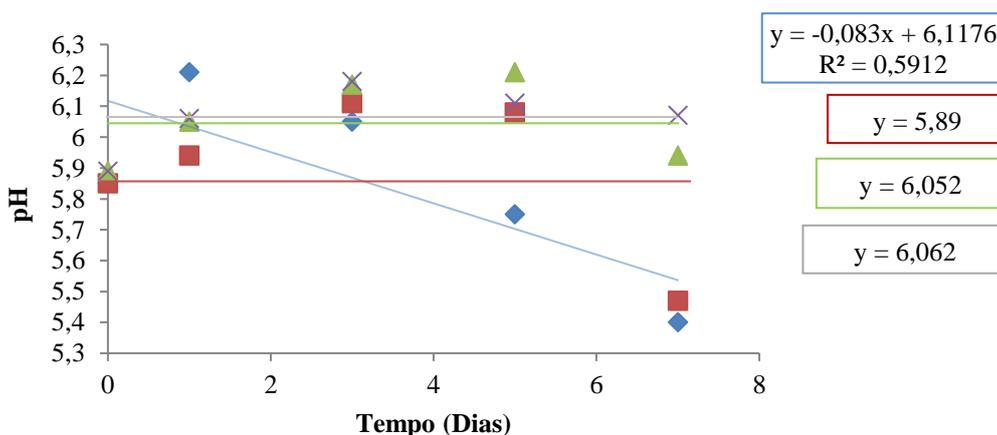
A reduzida perda de massa em ambas as variedades utilizadas neste trabalho pode estar relacionada à diminuição da concentração de oxigênio observada ao longo dos sete dias de armazenamento, sendo menor a disponibilidade de oxigênio mais lento tende a ser o metabolismo do vegetal e conseqüentemente menor também é a perda de massa. É importante ressaltar que esta concentração não atinja valores muito baixos, o que caracterizaria o ponto de extinção levando o vegetal ao processo de fermentação.



**Figura 9.** Comportamento da Perda de Massa da alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (×) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

### 5.3. pH

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o pH pode indicar a deterioração do vegetal, uma vez que traduz a acidificação com a senescência. Os dados obtidos na variedade americana (Figura 12) mostraram uma diferença significativa no tratamento fatiada e uniformidade nos valores medidos entre os demais tratamentos ao longo dos sete dias.

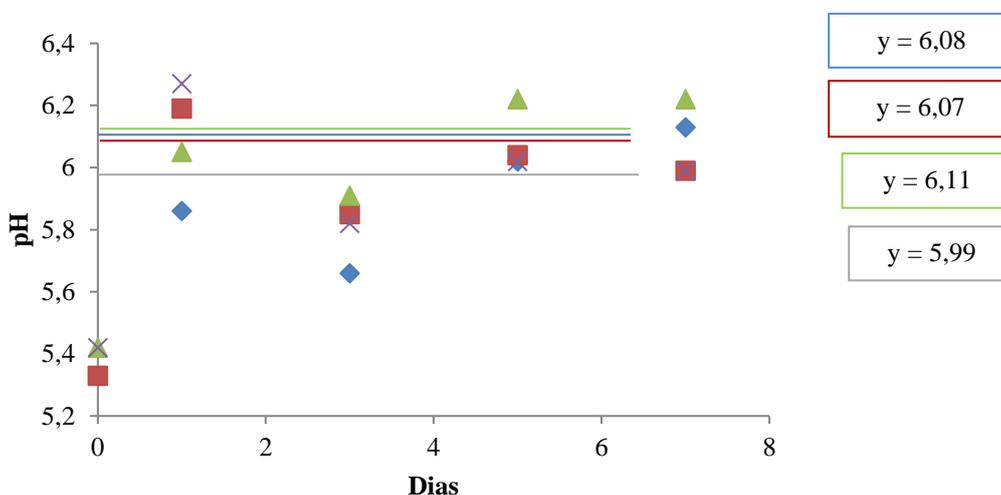


**Figura 10.** pH da alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (×) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

O pH da variedade crespa (Figura 13) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e nem ao longo do tempo. Cabe destacar que, apesar de se tratar da mesma hortaliça deve-se avaliar cada cultivar de maneira particular levando em conta o longo período de armazenamento.

Os vegetais minimamente processados possuem, em geral, pH variável entre 5,8-6,0, e a diminuição desse aspecto físico-químico pode acarretar desordens fisiológicas e degradação das membranas (AHVENAINEN, 1996). A variedade americana no tratamento fatiada teve um valor mínimo de pH de 5,4, essa diminuição no pH pode ter ocasionado desordens fisiológicas como escurecimento e limosidade, que puderam ser observadas nas imagens da análise visual (Figura 16). No tratamento “rasgada à mão”, da mesma variedade, o valor mínimo de pH observado foi de 5,87 e suas desordens fisiológicas foram bem menos acentuadas.

Na alface crespa, o tratamento “rasgada à mão” também apresentou valor mínimo de pH de 5,4, valor este que pode ter colaborado para as desordens fisiológicas observadas e que podem ser vistas nas imagens da análise visual (Figura 17).



**Figura 11.** pH da alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (×) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

#### 5.4. Análise de Atributos

As figuras 14 e 15 apresentam o produto no decorrer dos 7 dias de armazenamento a 7°C, sendo a alface americana e crespa, respectivamente.

Quanto às amostras controle (alfaces embaladas sem sachê) na variedade americana, o tratamento “fatiada” (pontuações 3, 4 e 5 nos tempos 2, 3 e 4, respectivamente, Quadro 5) apresentou maior degradação ao longo do tempo que as amostras do tratamento “rasgada à mão” (pontuação 1 nos tempos 3 e 4, respectivamente). O número de incisões feitas no vegetal, além, do contato da hortaliça com o oxigênio, aceleram seu metabolismo elevando sua taxa respiratória e precipitando sua degradação, além de resultar em uma maior perda de água e consequente murchamento, que pôde ser mostrado pelo baixo valor do pH (Figura 12) e alta perda de massa (quando comparada ao mesmo tratamento na variedade crespa) neste tratamento.

Já na variedade crespa, também para amostras sem sachê absorvedor a maior deterioração ocorreu no tratamento “rasgada à mão”, que teve segunda maior perda de massa observada e pH constante ao longo do período de armazenamento.

Quanto às amostras com aplicação do sachê absorvedor de oxigênio, não houve diferença expressiva entre os tratamentos e variedades ao longo do tempo, em ambos os casos foi observada uma conservação significativa da coloração verde (pontuação 1 nos tempos 3 e 4 do tratamento fatiada e pontuação 1 no tempo 4 do tratamento rasgada à mão na variedade americana e pontuação 1 no tempo 4 em ambos os tratamentos, fatiada e rasgada à mão na variedade crespa) apresentada no tempo 0 (primeiro dia) com leves sinais da enzima PAL (fenilalanina amônia liase) na nervura centra da folha, local característico de atuação da mesma, promovendo leves colorações escuras.

A conservação das propriedades sensoriais nas amostras com sachê absorvedor (em ambas as variedades), foi eficiente até o terceiro dia de armazenamento. Após tal período foi observado o surgimento de odor desagradável e incidência de limosidade (pontuação 1 nos tempos 3 e 4 do tratamento fatiada e pontuação 1 no tempo 4 do tratamento rasgada à mão na variedade americana e pontuação 0 para todos os tempos no tratamento fatiada e pontuação 1 no tempo 4 no tratamento rasgada à mão na variedade crespa), levando a inviabilidade da possível aceitação do produto pelo consumidor.

Quanto ao atributo murchamento, foram observadas as maiores pontuações para o tratamento fatiada na variedade americana (3, 5 e 5 para os tempos 2, 3 e 4 respectivamente) e “rasgada à mão” na variedade crespa (3, 3 e 5 para os tempos 2, 3 e 4 respectivamente).

		ALFACE VARIEDADE AMERICANA				
		Tempo 0 (0 dias)	Tempo 1 (1 dia)	Tempo 2 (3 dias)	Tempo 3 (5 dias)	Tempo 4 (7 dias)
Fatiada	Sem sachê					
	Com sachê					
Rasgada à mão	Sem sachê					
	Com sachê					

**Figura 12.** Alface americana minimamente processada embalada em PEBD com e sem sachê absorvedor de oxigênio nos tratamentos fatiada e “rasgada à mão” ao longo de 7 dias de armazenamento a 7°C.

Fonte: Próprio autor.

		ALFACE VARIEDADE CRESPA				
		Tempo 0 (0 dias)	Tempo 1 (1 dia)	Tempo 2 (3 dias)	Tempo 3 (5 dias)	Tempo 4 (7 dias)
Fatiada	Sem sachê					
	Com sachê					
Rasgada à mão	Sem sachê					
	Com sachê					

**Figura 13.** Alface crespa minimamente processada embalada em PEBD com e sem sachê absorvedor de oxigênio nos tratamentos fatiada e “rasgada à mão” ao longo de 7 dias de armazenamento a 7°C.

**Fonte:** Próprio autor.

**Quadro 5.** Classificação quanto aos atributos observados durante o armazenamento a 7°C da alface minimamente processada em diferentes cortes e sistemas de embalagem nas variedades americana e crespa. \*sendo “0” para melhor conservação e “5” para produto deteriorado

Atributo*/Tratamento		COLORAÇÃO					LIMOSIDADE					MURCHAMENTO				
		0d	1d	3d	5d	7d	0d	1d	3d	5d	7d	0d	1d	3d	5d	7d
<b>VARIEDADE AMERICANA</b>	<b>Fatiada</b>	0	0	3	4	5	0	0	0	4	5	0	0	3	5	5
	<b>Fatiada com sachê</b>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
	<b>"Rasgada à mão"</b>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	<b>"Rasgada à mão" com sachê</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<b>VARIEDADE CRESPA</b>	<b>Fatiada</b>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
	<b>Fatiada com sachê</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>"Rasgada à mão"</b>	0	0	3	4	5	0	0	4	4	5	0	0	3	3	5
	<b>"Rasgada à mão" com sachê</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1

Fonte: Próprio autor

## 5.5. Padrão Microbiológico

### 5.5.1. Salmonella

Não foi detectada a presença de Salmonella em nenhum dos tratamentos, estando assim, em conformidade com o limite exigido pela ANVISA, sendo ausência em 25g (RDC nº12/2001).

### 5.5.2. Microrganismos termotolerantes (45°C)

Com exceção da variedade crespa sendo a folha inteira e a fatiada, todos os outros tratamentos apresentaram contaminações por Microrganismos Termotolerantes acima do limite aceitável estabelecido por BRASIL (2001), com contagens superiores a 1100 NMP/g. (Tabela 3).

Estes resultados indicam uma possível contaminação prévia da alface americana em folha inteira, uma vez que em ambos os tratamentos desta variedade foi observada uma contagem elevada de microrganismos. E pode se inferir à contaminação da variedade crespa “rasgada à mão” devido ao maior contato físico com os manipuladores, mostrando um indicativo de falhas na higiene dos processos de fabricação e/ou contaminação pós processo.

**Tabela 3.** Microrganismos Termotolerantes (45°C) nas variedades da alface americana e crespa minimamente processadas.

Tratamento	Contagem NMP/g
Americana Fatiada	$> 1,1 \times 10^3$
Crespa Folha Inteira*	$9,3 \times 10^1$
Crespa “Rasgada à Mão”	$> 1,1 \times 10^3$
Americana Folha Inteira	$> 1,1 \times 10^3$
Crespa Fatiada*	$2,4 \times 10^2$
Americana “Rasgada à Mão”	$> 1,1 \times 10^3$

\*amostras que se encontram dentro do limite permitido  $10^2$  (ANVISA, 2001).

Cabe destacar que a falta das Boas Práticas de Fabricação (BPF) pode levar a contaminação ou até mesmo a não descontaminação do produto, caso este já apresente uma contaminação prévia de sua matéria prima.

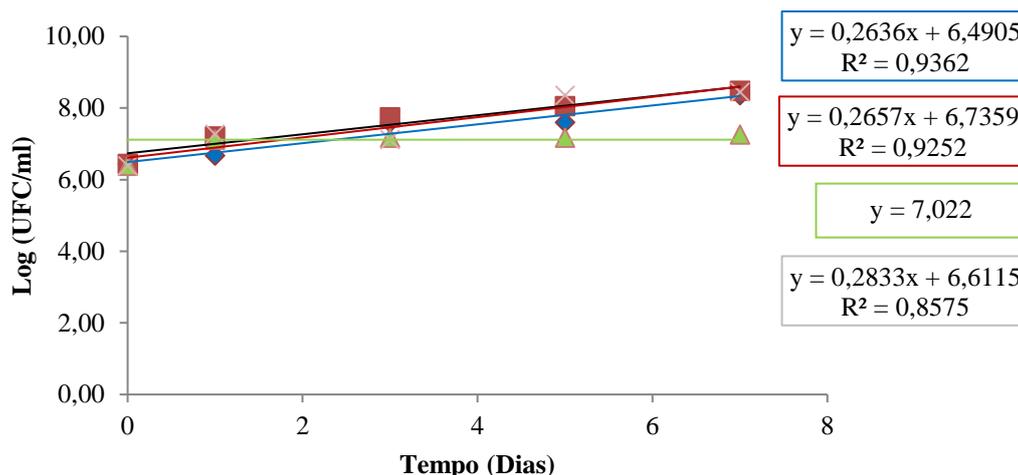
As BPF consistem em um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos e pelos manipuladores de alimentos, a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos alimentos com os regulamentos técnicos (BRASIL, 2019). Seu uso também contribui para redução de custos, evitando a devolução de produtos e elevando o rendimento e expansão de mercado.

No Brasil, a Resolução Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997, determina os requisitos a respeito das condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para indústrias alimentícias. Em complementação a esta portaria vem a RDC 275, de 21 de outubro de 2002, que introduz o controle contínuo de BPF e os Procedimentos Operacionais Padronizados (POP`s).

### 5.5.3. Microrganismos psicrotróficos

Na variedade americana houve diferença significativa no crescimento microbiano ao longo do tempo (Figura 10) e também entre os tratamentos (Tabela 4).

O tratamento “rasgada à mão” manteve estável a contaminação microbiana ao longo dos sete dias de armazenamento, enquanto, os demais tratamentos apresentaram crescimento significativo e entre eles o mais expressivo, apresentando maior coeficiente angular, foi o “rasgada à mão” com sachê.



**Figura 14.** Comportamento X presença de microrganismos psicrotróficos em alface americana minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (x) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

**Tabela 4.** Contagem de microrganismos psicrotróficos na alface minimamente processada da variedade americana.

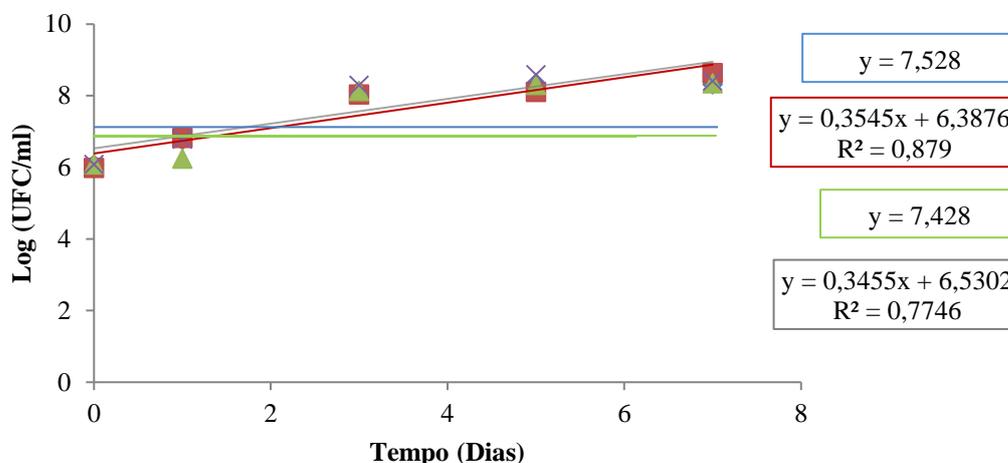
Tratamento/Tempo	0 dias (log UFC)	1 dia (log UFC)	3 dias (log UFC)	5 dias (log UFC)	7 dias (log UFC)
Fatiada	6,44 <sup>a</sup>	6,67 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	7,6 <sup>c</sup>	8,36 <sup>b</sup>
Fatiada c/ sachê	6,44 <sup>a</sup>	7,21 <sup>a</sup>	7,74 <sup>a</sup>	8,06 <sup>b</sup>	8,48 <sup>a</sup>
Rasgada à mão	6,39 <sup>a</sup>	7,12 <sup>a</sup>	7,17 <sup>a</sup>	7,17 <sup>c</sup>	7,26 <sup>c</sup>
Rasgada à mão c/ sachê	6,39 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	7,12 <sup>a</sup>	8,36 <sup>a</sup>	8,45 <sup>ab</sup>

\*Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A variedade crespa apresentou diferença significativa ao longo do tempo. Os tratamentos fatiada e “rasgada à mão” mantiveram crescimento constante de microrganismos ao longo dos sete dias enquanto os tratamentos fatiada com sachê e “rasgada à mão” com sachê apresentaram crescimento significativo sendo o fatiada com sachê o mais acentuado, com maior coeficiente angular (Figura 11). Entre os tratamentos não foi observada diferença significativa (Tabela 5).

No Brasil não existe uma legislação que dita um padrão para a contagem de microrganismos psicrotróficos em hortaliças minimamente processadas, sendo assim, foi seguido como parâmetro, o limite sugerido por Vitti et al (2004). Segundo estes autores, tem sido preconizado que contagens microbianas acima de 6 log (UFC/ml)

caracterizam alimentos com perda de valor nutricional, alterações sensoriais e riscos de contaminação ao consumidor, e segundo esta referência, todos os tratamentos apresentaram contagens superiores ao limite estabelecido.



**Figura 15.** Comportamento X presença de microrganismos psicotróficos em alface crespa minimamente processada nos tratamentos fatiada (◆), fatiada com sachê (■), “rasgada à mão” (▲) e “rasgada à mão” com sachê (x) ao longo de sete dias de armazenamento a 7°C.

**Tabela 5.** Contagem de microrganismos psicotróficos nas amostras de alface minimamente processada na variedade crespa.

Tratamento/Tempo	0 dias (log UFC)	1 dia (log UFC)	3 dias (log UFC)	5 dias (log UFC)	7 dias (log UFC)
Fatiada	6,08 <sup>a</sup>	6,77 <sup>a</sup>	8,13 <sup>a</sup>	8,34 <sup>a</sup>	8,32 <sup>a</sup>
Fatiada c/ sachê	5,99 <sup>a</sup>	6,83 <sup>a</sup>	8,04 <sup>a</sup>	8,11 <sup>a</sup>	8,64 <sup>a</sup>
Rasgada à mão	6,09 <sup>a</sup>	6,25 <sup>a</sup>	8,14 <sup>a</sup>	8,31 <sup>a</sup>	8,35 <sup>a</sup>
Rasgada à mão c/ sachê	6,09 <sup>a</sup>	6,79 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	8,59 <sup>a</sup>	8,41 <sup>a</sup>

\*Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Sabe-se que em um ambiente refrigerado, uma contagem elevada de microrganismos psicotróficos pode indicar falhas nas operações de limpeza e sanitização empregadas durante o processamento, podendo tornar o alimento inadequado para o consumo humano e ainda a redução de sua vida de prateleira (Vitti et al, 2004). Logo, ressalta-se mais uma vez, a importância das Boas Práticas de Fabricação no ambiente de processamento.

## 5.6. Taxas de Permeabilidade ao Vapor de Água (TPVA) e ao Oxigênio (TPO<sub>2</sub>)

A determinação da taxa de permeabilidade é de grande importância no desenvolvimento e adequação das embalagens, principalmente no que diz respeito à proteção, uma vez que ela influencia a vida útil dos alimentos.

A Taxa de Permeabilidade ao Vapor de Água para o polímero utilizado pela empresa e neste trabalho (PEBD com espessura de 0,10mm – 100µm) foi de 0,00022686 g/m<sup>2</sup>/dia, já Mattos (2005) encontrou uma TPVA de 16,4 g/m<sup>2</sup>/dia para o

mesmo polímero, em acondicionamento de alface minimamente processada. Apesar de ambos os trabalhos utilizarem o mesmo polímero, suas espessuras tinham valores distintos justificando uma discrepância tão significativa das taxas encontradas.

Já a Taxa de Permeabilidade ao Oxigênio, encontrada nas embalagens de PEBD utilizadas para o armazenamento de alface minimamente processada foi de 1623,6 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia.

Mattos (2005), em um trabalho que analisou alface minimamente processada fatiada e armazenada em embalagens de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e Polipropileno (PP), encontrou valores de 4127 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia e 2400 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia para TPO<sub>2</sub> do PEBD e PP, respectivamente, concluindo assim que o PEBD apresenta uma menor barreira (devido à sua maior taxa) à troca deste gás e, portanto, não seria o mais indicado para o armazenamento de vegetais, dentre as embalagens analisadas. A TPO<sub>2</sub> encontrada neste trabalho (1623,6 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>dia) foi ainda menor que do PP encontrado por Mattos, oferecendo uma barreira ainda maior, permitindo assim, uma menor troca gasosa com o meio externo criando uma atmosfera passiva mais eficiente no interior da embalagem podendo levar a uma taxa menor de respiração do vegetal, reduzindo seu metabolismo podendo estender sua validade comercial.

Neves et al (2009), a partir dos valores da concentração de oxigênio ao longo dos dias de experimento com manga minimamente processada embalada em PEBD (de espessuras de 20µm, 0,60µm, 0,80µm), mostrou ineficiência técnica como barreira física ao oxigênio, uma vez que essas concentrações se mantiveram próximas ao valor encontrado no ar atmosférico. O autor não apresentou valores de TPO<sub>2</sub>. Estima-se que, como suas espessuras são menores que a do PEBD utilizado neste trabalho, o polímero utilizado por Neves apresente também uma TPO<sub>2</sub> maior, sendo uma menor barreira à troca de O<sub>2</sub> que ao facilitar a entrada do gás externo, manteve inalterado o metabolismo do vegetal, não retardando sua deterioração, fato que pode ter ação contrária com o aumento da espessura do polímero a ser utilizado.

## 6. CONCLUSÃO

A aplicação da Tecnologia de Sistema Ativo de Embalagem foi eficaz na melhora da preservação das características sensoriais da alface minimamente processada até o terceiro dia de armazenamento a 7°C. As alfaces tiveram sua coloração preservada neste período tendo uma apresentação visual aceitável diferente da folhosa embalada no Sistema Passivo.

Quanto à concentração de oxigênio no *headspace*, a alface fatiada (variedade americana) embalada no sistema ativo (com sachê) e a fatiada (variedade crespa) embalada no sistema convencional apresentaram uma redução constante ao longo dos dias, o que pode ser atribuído a um consumo de O<sub>2</sub> moderado podendo ter relação a um metabolismo menos acelerado, não evidenciando assim uma acentuada degradação. Nas embalagens contendo as alfaces “rasgadas a mão” foi observada uma maior redução da concentração de Oxigênio podendo ser atribuído a um metabolismo mais acelerado. Porém, estatisticamente não foi observado diferença entre os tratamentos.

Com exceção do tratamento fatiado da variedade americana, que teve uma queda no pH durante o armazenamento, todos os demais apresentaram pH constante e próximo ao aceitável para vegetais

As alfaces com inserção de sachê na embalagem (fatiada na variedade crespa e “rasgada à mão” na variedade americana) apresentaram as menores taxas de perda de

massa ao longo dos sete dias de armazenamento, quando comparadas às embalagens sem sachê absorvedor.

Microbiologicamente o produto apresentou ausência de Salmonella, porém excedeu o valor permitido de Coliformes Termotolerantes (45°C) com exceção dos tratamentos Crespa Folha Inteira e Crespa Fatiada, bem como uma elevada carga de microrganismos psicrotróficos em todos os tratamentos. Esta alta contagem microbiana pode indicar falhas no processamento, advertindo para uma melhora na implantação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) no estabelecimento.

Mediante os resultados alcançados sugere-se uma melhora nas BPF e acredita-se que, com isso, a implantação do Sistema Ativo de Embalagem com a inserção do sachê absorvedor de oxigênio apresentaria melhores resultados, uma vez que esta se mostrou eficiente nos três primeiros dias de armazenamento e ainda apresenta baixo custo e facilidade no uso.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAY, M. S., CANER, C. The shelf life extension of fresh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package. *LWT – Food Science and Technology*, v. 52, p. 102 – 109, 2013.

AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Science Technology*, Oxford, v. 7, n. 6, p. 179-187, 1996.

ALVARENGA, A. L. B. et al. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. 144 p.

AMORIM, L. Causas de danos em produtos, da colheita à fruteira. *Visão Agrícola*, n.7, p.38-40, 2007.

Associação Brasileira de Horticultura. Disponível em <<http://www.abhorticultura.com.br>>. Acesso em 30 de agosto de 2017.).

AZEREDO, H. M. C. de. Fundamentos de estabilidade de alimentos. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 326 p.

BRAGA, L. R., PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. *Boletim CEPPA*, v. 28, n. 1, p. 69-84, 2010.

BRAGA, L. R. Desenvolvimento e caracterização de sachê absorvedor de oxigênio para uso em embalagens alimentícias. Dissertação (Mestrado) - Campinas, SP: [s.n.], 2008.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº216, de 15 de setembro de 2004. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/alimentos/empresas/boas-praticas-de-fabricacao>>. Acesso em 28 de janeiro de 2019.

BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº275, de 21 de outubro de 2002. Disponível em:

<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_275\\_2002\\_COMP.pdf/fce9dac0-ae57-4de2-8cf9-e286a383f254](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_275_2002_COMP.pdf/fce9dac0-ae57-4de2-8cf9-e286a383f254)>. Acesso em 29 de janeiro de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Padrões Microbiológicos Sanitários para Alimentos. Resolução - RDC nº12, de 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC\\_12\\_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b)>. Acesso em 28 de outubro de 2018.

BERLINGIERI, M. F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida 'tahiti' armazenada sob condição ambiente. *Revista Brasileira Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 369-372, 2005.

CALBO, A.G.; MORETTI, C.L.; HENZ, G.P. Respiração de frutas e hortaliças. Comunicado técnico 46. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 10 p. Disponível em: <[http://bbeletronica.cnph.embrapa.br/2007/cot/cot\\_46.pdf](http://bbeletronica.cnph.embrapa.br/2007/cot/cot_46.pdf)>. Acesso em: 01 setembro 2017.

CANTILIANO, R. F. F. A importância do resfriamento na conservação das frutas e hortaliças. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br>. Acesso em: 10 setembro 2017.

CARVALHO, I. T. de. *Microbiologia Básica*. Recife: EDUFRPE, 2010. 108 p.

CAVASINI, R. Caracterização topográfica da epiderme de hortaliças folhosas e mistura gasosa de ozônio na qualidade de alface. Campinas, SP: 2017. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

CENCI, S. A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagens. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011. 144 p.

CENCI, S. A. et al. Boas Práticas de Processamento Mínimo de Vegetais. In: Felon do Nascimento Neto, 2006, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 59-63.

CENCI, S.A. Perdas pós-colheita de Frutos e Hortaliças. EMBRAPA/CTAA, Rio de Janeiro 2000.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: Ed. da UFLA, 2005. 783p.

COSTA, A. I. G. et al. Determination of pesticides in lettuce using solid-liquid extraction with low temperature partitioning. *Food Chemistry*, v. 181, p. 64-71, 2015.

COSTA, C. C., GUILHOTO, J. J. M., BURNQUIST, H. L. Impactos Socioeconômicos de Reduções nas Perdas Pós-colheita de Produtos Agrícolas no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural* vol. 53 n. 3 Brasília, 2015.

COSTA, A.C.; Estudo da conservação do pêssego (*Prunus persica* L.) minimamente processado. Tese (Doutorado), Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, p.77, 2010.

CRUZ, R. S., SOARES, N. F. F., ANDRADE, N. J. Absorvedores de oxigênio na conservação de alimentos: uma revisão. *Revista Ceres*, v. 52, n. 300, p. 191-206, 2005.

DAY, B. Active Packaging of Food. In *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*; John Wiley & Sons: Chichester, p. 1-18, 2008.

DIAMANTE, M. S. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 133-140, 2013.

EMBRAPA. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: Hortaliças minimamente processadas/ Embrapa Hortaliças, serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FREITAS-SILVA O., SOUZA, A.M., OLIVEIRA, E.M.M. Potencial da ozonização no controle de fitopatógenos em pós-colheita. *Revista Anual de Patologia de Plantas*. v. 21, p. 96-130, 2013.

FARIAS, M. G., CARVALHO, C. W. P., TAKEITI, C. Y., ASCHERI, L. R. O efeito da permeabilidade ao vapor de água, atividade de água, molhabilidade e solubilidade em água em filmes de amido e polpa de acerola. *Embrapa Agroindústria Tropical*, Fortaleza, 2012.

FERREIRA, M. P. F. Embalagens ativas para alimentos: caracterização e propriedades. 2012. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

GALATI, V. C. Armazenamento refrigerado e processamento mínimo de alface americana cultivada em hidroponia com diferentes doses de silício. 2013. 61 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

GORNI, C. et al. Microbiome profiling in fresh cut products. *Trends in Food Science & Technology*. v. 46, n. 2. 2015.

GOMES, C. A. O. et al. Hortaliças Minimamente Processadas. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11876/2/00076170.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

GUASSI, S. A. D. Pós-colheita e potencial antioxidante de alfaces “Piraroxa” e “Vanda”. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – SP.

GUERRA, A. M. N. M. et al. Avaliação das principais causas de perdas pós-colheita de hortaliças comercializadas em Santarém, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 12, n. 1, p. 34-40, 2017.

HENZ, G. P. Postharvest losses of perishables in Brazil: what do we know so far? *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 1, 2017.

HEREDIA ZÁRATE, N. A. et al. Produção Agroeconômica de três variedades de alface: cultivo com e sem amontoa. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 646-653, 2010.

HONÓRIO, S. L., MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Brasília, 2002, v. 1, p. 60-94.

IAL, Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p, 2008.

IFPA. International fresh-cut produce association. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

KADER, A. A. (Ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3 ed. University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. 535p.

KASAT, G. F. INJÚRIAS MECÂNICAS E SEUS EFEITOS EM PÊSSEGOS ‘AURORA-1. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 29, n. 2, p. 318-322, 2007.

KENDRA, K.V. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. LWT - Food Science and Technology. v. 43. p. 381-392, 2010.

LANA, M. M. Desafios da pós-colheita de hortaliças no Brasil. Horticultura Brasileira, v. 31, n. 4, 2013.

LEITÃO, M. F. (2004). Perigos em Produtos Agrícolas Frescos. In: Elementos e apoio para as boas práticas agrícolas e o sistema APPCC. Brasília: Convênio: CNI/ SENAI/ SEBRAE/ EMBRAPA.

MAISTRO, L. C. Alface minimamente processada: uma revisão. Revista de Nutrição, Campinas, v. 14, n. 3, p. 219-224, 2001.

MARTINS, C. R., FARIAS, R. M. Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola – revisão. Revista da FZVA, Uruguaiana, v. 9, n. 1, p. 20-32. 2002.

MATTIUZ, B. et al. Efeito da temperatura no armazenamento de uvas apirênicas minimamente processadas. Revista Brasil Fruticultura, v. 31, n. 1, p. 44-52, 2009.

MATTOS, L. M. et al. Atividade respiratória e evolução de etileno em alface crespa minimamente processada armazenada sob duas temperaturas. Ciência e agrotecnologia, v. 32, n. 6, p. 1985-1990, 2008.

MATTOS, L. M. Alface crespa minimamente processada: embalagem sob diferentes sistemas de atmosfera modificada e armazenamento refrigerado. 2005. 136 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

MOHAN, C., RAVISHANKAR, C. N. and SRINIVASAGOPALI, T. K. Effect of O<sub>2</sub> scavenger on the shelf-life of catfish (*Pangasius sutchi*) steaks during chilled storage. Journal Science Food Agriculture, n. 88, p. 442–448, 2008.

MORAES, I. V. M. Pós-colheita e conservação de hortaliças. Dossiê Técnico. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. 2006.

MORETTI, C. L., MATTOS, L. M. Processamento mínimo de alface crespa. Comunicado Técnico. Brasília. 2005.

NEVES, M. F., Mapeamento e Quantificação da cadeia produtiva das hortaliças. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. 79 p. Brasília. 2017.

NEVES, L. C., SILVA, V. X., FERRAZ, L. R., PRILL, M. A. S., ROBERTO, S. R. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 856-864, 2009.

NEVES FILHO, L. de C.; Silveira Júnior, V.; Cortez, L.A.B. Sem refrigeração correta, perdas atingem níveis indesejáveis. Visão Agrícola, n.7, p.44-49, 2007.

OLIVEIRA, M. S. Caracterização de famílias F3 de alface americana quanto à resistência o míldio e aos nematóides das galhas e aspectos comerciais. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

PORTE A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. Boletim CEPPA, v. 19, n. 1, p. 105-118, 2001.

PRASAD, P., KOCHHAR, A. Active Packaging in Food Industry: A Review. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, v. 8, p. 01-07, 2014.

SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.), Phytochemistry of fruit and vegetables. London: Oxford University Press, p. 205-220, 1997.

SEN, C., MISHRA, H. N., SRIVASTAV, P. P. Modified atmosphere packaging and active packaging of banana (*Musa spp.*): A review on control of ripening and extension of shelf life. J. Stored Products Postharvest, v. 39, p. 122-132, 2012.

SILVA, E. O. et al. Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 71p. 2011.

SILVA, M. V. da., ROSA, C. I. L. F., VILAS BOAS, E. V. B. Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. Boletim CEPPA, v. 27, n. 1, 2009.

SIMOES, A. N. Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas. 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

SOARES, N. F. F. et al. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. Revista Ceres, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009.

SOUZA, M. C. et al. Emprego do frio na conservação de alimentos. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1027, 2013.

NUNES, T. C. F. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de salada de repolho com cenoura minimamente processada após o tratamento por radiação gama destinado a pacientes imunocomprometidos ou com dietas especiais. 2015. 66 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) – Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo.

PES, L. Z., HILGERT, M. Fisiologia vegetal. Arenhardt. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 81 p. 2015.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. Acesso em < <https://www.portaldoagronegocio.com.br> > Em 03 de dezembro de 2018.

PRASAD, P., Anita KOCHHAR, A. Active Packaging in Food Industry: A Review. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, v. 8, p. 01-07, 2014.

ROBERTSON, G. L. Food Packaging and Shelf Life: a Practical Guide. CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL, 2010.

RUSSO, V. M., et al. Qualidade de abóbora minimamente processada armazenada em atmosfera modificada ativa. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1071-1084, 2012.

- SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.), *Phytochemistry of fruit and vegetables*. London: Oxford University Press, p. 205-220, 1997.
- SANTOS, J. S., OLIVEIRA, M. B. P. P. Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. *Brazilian Journal Food Technology*, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2012.
- SARANTÓPOULOS, C., COFCEWICZ, L. S. Embalagens ativas para produtos perecíveis. *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens*, v. 28, n. 3, 2016.
- SASAKI, F. F. Processamento mínimo de abóbora (*Cucurbita moschata Duch.*): alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia de Bioquímica de Plantas), Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, D. A. Respostas fisiológicas de salada mista minimamente processada constituída por alface roxa (*lactuca sativa* L. var. pira roxa), acelga (*Beta vulgaris* L.) e alface americana (*L. sativa* L. var. "tainá"). 2012. 70 f. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina-SC.
- SILVA, J. M. da. et al. Métodos de determinação de clorofila em alface e cebolinha minimamente processadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, México, v. 8, n. 2, p. 53-59, 2007.
- SHARMA, S., SHEEHY, T.; KOLONEL, L. Sources of vegetables, fruits and vitamins A, C and E among five ethnic groups: results from a multiethnic cohort study. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 68, n. 3, p. 384–391, 2014.
- SOARES, A. G. Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. Fórum Agronegócios da UNICAMP – Qualidade e Segurança de Alimentos. Mesa Redonda – Qual o Tamanho do Desperdício. 2009
- SOUSA, V. S. Desempenho de cultivares de alface do grupo solta crespa para cultivo no verão em Jataí-GO. 2017. 16 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Jataí- GO.
- SOUZA, A. F., LEÃO, M. F. Análises dos métodos mais eficientes na inibição do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, v. 8, n. 15, p. 2012.
- SOUZA, E. C. de. Qualidade de alface americana minimamente processada CV. Raider: efeito do hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico. 2005. 83 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 820 p. 2012.
- TUDELA, J. A. et al. Growing season climates affect quality of fresh-cut lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, v. 123, p. 60-68, 2017.
- VALSECHI, O. A. *Microbiologia dos Alimentos*. Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Agrárias. 2006.
- VANETTI, M.C.D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: III Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Resumos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p. 30-32, 2004.

VASCONCELOS, M. A. S., FILHO, A. B. M. Conservação de alimentos. Recife: EDUFRPE. 130 p. 2010.

VILLAS BOAS, B. M. et al. Conservação de pimentão verde minimamente processado acondicionado em diferentes embalagens plásticas. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 34-39, 2012.

VITTI, M.C.D., KLUGE, R. A., GALLO, C. R., SCHIAVINATO, M. A., MORETTI, C.L., JACOMINO, A.P. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de beterraba minimamente processada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 10, p. 1027-1032, 2004.

WILLS, R. H. H., LEE, T. H., GRAHAM, D., McGLASSON, W. B., HALL, E. G. Postharvest. Westport. AVI. 163 p. 1981.

YAM, K. L., TAKHISTOV, P. T., MILTZ, J. Intelligent packaging: concepts and applications. Journal Food Science, v. 70: R1–R10, 2005.

YEH, J. T. et al. Investigation of the oxygen depletion properties of novel oxygen-scavenging plastics. Journal of Applied Polymer Science, v. 110, p. 1420-1434, 2008.