



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS



**FILMES BIOATIVOS À BASE DE ALGINATO ADITIVADOS COM *MIX* DE FARINHAS DO RESÍDUO  
AGROINDUSTRIAL DE ABACAXI, ACEROLA E GOIABA**

LARA OLIVEIRA LINS

Recife  
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

LARA OLIVEIRA LINS

**FILMES BIOATIVOS À BASE DE ALGINATO ADITIVADOS COM *MIX* DE FARINHAS DO RESÍDUO  
AGROINDUSTRIAL DE ABACAXI, ACEROLA E GOIABA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADOR/A: Enayde de Almeida Melo

CO-ORIENTADOR/A: Andrelina Maria Pinheiro Santos

Recife  
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**FILMES BIOATIVOS À BASE DE ALGINATO ADITIVADOS COM *MIX* DE FARINHAS DO RESÍDUO  
AGROINDUSTRIAL DE ABACAXI, ACEROLA E GOIABA**

Por LARA OLIVEIRA LINS

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em \_\_/\_\_/\_\_ pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Samara Alvachian Cardoso Andrade  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Silvana Magalhães Salgado  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristiana Pedroso Yoshida  
Universidade Federal de São Paulo

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, que sempre foram e continuam sendo meu local mais seguro, minha inspiração, minha força e a quem quero dar orgulho sempre.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, aos meus pais, Rosário e Erickson, por todo o amor, apoio e por toda a estrutura que sempre me deram.

Às minhas orientadoras, professora Enayde Melo e professora Lia Pinheiro, por tornarem possível de muitas formas a realização deste trabalho.

Ao apoio imprescindível daqueles que doaram seu tempo, seu conhecimento, sua mão amiga e/ou se dedicaram de algum modo para contribuir com esta pesquisa: Anderson, Betty, Eric, Ivo, Jaqueline, Lídia, Marcony, Nathalia e Thiago.

Aos membros da banca, pela atenção, pelo tempo investido e pelas contribuições que trouxeram.

Por fim, a todos que contribuíram de alguma forma para que este projeto fosse concluído.

## RESUMO

A utilização de resíduos agroindustriais é uma tendência crescente, e uma de suas aplicabilidades é como matéria-prima na produção de embalagens biodegradáveis e ativas, gerando vantagens econômicas e ambientais. Este estudo visou avaliar a viabilidade de empregar resíduos de três frutas (abacaxi, acerola e goiaba), na forma de *mix* de farinhas (mistura ternária) e como extrato hidroetanólico (EHFR) em filmes de alginato. Para avaliar o efeito da adição do *mix* de farinhas e do EHFR foi aplicado o planejamento fatorial fracionário  $2^{4-1}$ , totalizando 12 ensaios, tendo como variáveis independentes: Concentração de alginato (1 a 2%); do *mix* farinhas (0 a 3%); de EHRF (2,0 a 10%) e de glicerol (0,2 a 0,3%); e como variáveis dependentes: teor de fenólicos totais (FT); retenção de FT e capacidade antioxidante. As melhores respostas foram dadas pelos filmes elaborados com 1% de alginato; 3 % de *mix* de farinhas; 0,2 mL de glicerol e 2 ou 10 mL de EHFR, com e sem reticulação. Experimentos para a validação destes resultados, utilizando proporção fixa de alginato (1g); de glicerol (0,2 mL) e do *mix* de farinhas (3 g), e variando a do EHFR (2,5%, 5%, 7,5% e 10%), permitiram constatar aumento no teor de FT e da capacidade antioxidante proporcional ao volume de EHFR adicionado ao filme. As características físicas, ópticas, mecânicas e de barreira destes filmes foram influenciadas pela adição do *mix* de farinhas e EHFR, com aumento significativo da espessura, solubilidade, umidade e intumescimento, e com eficácia moderada a pressão do vapor d'água; os filmes tornaram-se mais escuros, com tons marrom, e mais opaco, independente do volume de EHFR. Houve, também, alterações nas propriedades mecânicas, apresentando menor resistência a tração; maior deformação na ruptura e menor rigidez. Diante destes dados é possível constatar a viabilidade da adição do *mix* de farinhas, associada ao seu extrato hidroetanólico, na obtenção de filmes de alginato, com características físicas, ópticas, mecânicas, de barreira e com capacidade antioxidante que permitem vislumbrar a sua aplicação como embalagens para alimentos, em especial, os suscetíveis a oxidação lipídica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ação antioxidante. Biopolímeros. Embalagens ativas. Compostos fenólicos em frutas.

## ABSTRACT

The use of agro-industrial waste is a growing trend, and one of its applicability is as raw material in the production of biodegradable and active packaging, generating economic and environmental advantages. This study aimed at the use of residues of three fruits, pineapple, acerola and guava, applying them in the form of mix of flours (ternary mix) and hydroethanolic extract (EHFR) of this mix in alginate films. In order to evaluate the effect of the addition of the flour mix and the EHFR, the fractional factorial design 24-1 was applied, totaling 12 tests, having as independent variables: Alginate concentration (1 to 2%); of the flour mix (0 to 3%); EHRF (2.0 to 10%) and glycerol (0.2 to 0.3%); and as dependent variables: total phenol content (FT); retention of FT and antioxidant capacity. Films made with 1% alginate gave the best responses; 3% flour mix; 0.2 mL of glycerol and 2 or 10 mL of EHFR, with and without crosslinking. Experiments to validate these results, using fixed ratio of alginate (1g); (3 g), and varying that of EHFR (2.5%, 5%, 7.5% and 10%), which showed an increase in FT content and of the antioxidant capacity proportional to the volume of EHFR added to the film. The physical, optical, mechanical and barrier characteristics of these films were influenced by the addition of the flour and EHFR mix, with a significant increase in thickness, solubility, moisture and swelling, and with moderate efficacy of water vapor pressure; the films became darker, with brown tones, and more opaque, independent of the volume of EHFR. There were also changes in the mechanical properties, presenting lower tensile strength; higher deformation in the rupture and less rigidity. In view of these data, it is possible to verify the viability of the addition of the flour mix, associated to its hydroethanolic extract, in the production of alginate films, with good physical, optical, mechanical, barrier and antioxidant properties, allowing to see its application as food packaging.

**KEYWORDS:** Antioxidant action. Biopolymers. Active packaging. Phenolic compounds in fruits.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formação de filmes e revestimentos.....	23
Figura 2. Monômeros $\beta$ -d-manuronato (m) e $\alpha$ -l-guluronato (g).....	27
Figura 3. Distribuição de blocos de monômeros do alginato.....	27
Figura 4. Principais classes de compostos fenólicos.....	38
Figura 5. Ação do antioxidante no sequestro do radical DPPH.....	40
<b>Artigo 1</b>	
Figura 1. Fluxograma da produção do mix de farinhas de resíduos de abacaxi, de acerola e de goiaba.....	80
Figura 2. Resíduos agroindustriais de abacaxi (a), acerola (b) e goiaba (c) frescos provenientes de uma indústria processadora de polpa congelada de frutas.....	89
Figura 3. Farinhas de resíduo de frutas.....	89
Figura 4. <i>Mix</i> de farinhas com granulometria inferior a 100 mesh.....	90
Figura 5. Filmes de alginato com <i>mix</i> de farinhas de resíduos (abacaxi, goiaba e acerola) aditivados com extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas (EHRF).....	94
Figura 6. Gráfico do Pareto para efeito estimado ( $p= 0,05$ ) para resposta: (A) concentração de Fenólicos, (B) retenção de fenólicos e (C) DPPH.....	96
Figura 7. Filmes de alginato com <i>mix</i> de farinhas do resíduo de abacaxi, goiaba e acerola aditivados com diferentes proporções de extrato hidroetanólico de <i>mix</i> de farinhas (EHRF).....	98
Figura 8. Filmes de alginato com <i>mix</i> de farinhas do resíduo de abacaxi, goiaba e acerola aditivados com diferentes proporções de extrato hidroetanólico de <i>mix</i> de farinhas (EHRF) e reticulados com cloreto de cálcio.....	105



## LISTA DE EQUAÇÕES

(EQUAÇÃO 1).....	81
(EQUAÇÃO 2).....	82
(EQUAÇÃO 3).....	83
(EQUAÇÃO 4).....	85
(EQUAÇÃO 5).....	85
(EQUAÇÃO 6).....	85
(EQUAÇÃO 7).....	87
(EQUAÇÃO 8).....	87
(EQUAÇÃO 9).....	87
(EQUAÇÃO 10).....	87
(EQUAÇÃO 11).....	87
(EQUAÇÃO 12).....	88
(EQUAÇÃO 13).....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Filmes e revestimentos a base de alginato .....30

### Artigo 1

Tabela 1. Matriz do planejamento fatorial fracionário 24-1, níveis codificados e decodificados das variáveis para a obtenção de filmes de alginato com *mix* de farinha do resíduo agroindustrial (abacaxi, acerola e goiaba) aditivado com o extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas (EHRF).....82

Tabela 2. Composição química do *mix* de farinhas de resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola e goiaba.....90

Tabela 3. Características físico-químicas do *mix* de farinhas de resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola e goiaba.....91

Tabela 4. Matriz do planejamento fatorial fracionário 24-1 para obtenção filmes de alginato com *mix* de farinha de resíduo agroindustrial (abacaxi, acerola e goiaba) aditivados com o extrato hidroetanólico do *mix* de farinha (EHRF): valores codificados e decodificados para as independentes e respostas (fenólicos totais, percentual de retenção de fenólicos e potencial antioxidante).....95

Tabela 5. Filmes de alginato otimizados com *mix* de farinhas e extrato hidroetanólico dos resíduos de abacaxi, goiaba e acerola.....98

Tabela 6. Teor de compostos fenólicos totais, retenção de compostos fenólicos e atividade de sequestro dos radicais livres dos filmes de alginato e de *mix* de farinhas incorporados com diferentes concentrações de EHRF.....99

Tabela 7. Características físicas de filmes de alginato com o *mix* de farinha de resíduos agroindustriais (abacaxi, goiaba e acerola) aditivados com extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas (EHRF)..... 100

Tabela 8. Características físicas de filmes de alginato com o *mix* de farinha de resíduos agroindustriais (abacaxi, goiaba e acerola) aditivados com extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas (EHRF) e reticulados com cloreto de cálcio.....106

Tabela 9. Efeito da adição do extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas (EHRF) sobre os parâmetros $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ e $\Delta E^*$ de filmes de alginato com o <i>mix</i> de farinhas de resíduos agroindustriais (abacaxi, goiaba e acerola).....	108
Tabela 10. Efeito da adição do extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas sobre os parâmetros Croma ( $C^*$ ), índice de cor ( $CI^*$ ) e índice de brancura ( $WI^*$ ) de filmes de alginato com o <i>mix</i> de farinha de resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e goiaba).....	108
Tabela 11. Interferência na transmissão da luz pela adição do <i>mix</i> de farinhas de resíduos agroindustriais e do extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas (EHRF) nos filmes de alginato. ....	110
Tabela 12. Propriedades mecânicas de filmes de alginato com o <i>mix</i> de farinhas de resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e goiaba) aditivados com extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas (EHRF).....	112

## **LISTA DE ABREVIATÓES**

**AOAC** - Association of Official Agricultural Chemists

**DR** - Deformaçãõ na ruptura

**DPPH** - 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

**EAG** – Equivalente de ácido gálico

**EHRF** - Extrato hidroetanólico do resíduo do *mix* de farinhas de abacaxi, acerola e goiaba em proporçãõ ternária

**L** - Luminosidade

**ME** - Módulo Elasticidade

**NaOH** - Hidróxido de Sódio

**PVA** - Permeabilidade ao vapor de água

**RCF** - Retençãõ de compostos fenólicos

**r.p.m.** - Rotações por minuto

**FT** - Força máxima na traçãõ ou Resistência à traçãõ

**UV** – Ultravioleta

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	15
2 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE .....	17
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	18
3.1 Embalagens ativas para alimentos.....	18
3.1.1 Embalagens biopoliméricas para alimentos .....	19
3.1.2 Filmes biopoliméricos à base de alginato.....	26
3.2 Plastificantes .....	34
3.2.1 Glicerol como plastificante .....	36
3.3 Compostos fenólicos encontrados em plantas e seu potencial antioxidante.....	37
3.4 Abacaxi, Acerola e Goiaba .....	40
3.5 Resíduos agroindustriais de frutas.....	41
3.5.1 Potencial de aproveitamento dos resíduos de abacaxi, acerola e goiaba .....	43
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
ARTIGO 1 .....	75
RESUMO .....	76
ABSTRACT .....	77
1 INTRODUÇÃO .....	78
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	79
2.1 Materiais.....	79
2.2.1 Elaboração do <i>mix</i> de farinhas.....	79
2.2.2 Obtenção do extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas .....	80
2.2.3 Caracterização química e físico-química do <i>mix</i> de farinhas de resíduo de abacaxi, de acerola e de goiaba .....	81
2.2.4 Determinação de compostos fenólicos totais em <i>mix</i> de farinhas.....	81
2.2.5 Determinação da atividade antioxidante do <i>mix</i> de farinhas .....	81
2.2.6 Biofilmes de alginato aditivados com o <i>mix</i> de farinhas e seu extrato hidroetanólico.....	82
2.2.7. Características físicas dos filmes .....	84
a) Espessura .....	84
b) Umidade.....	84
c) Solubilidade.....	85
d) Intumescimento.....	85

2.2.8 Propriedades ópticas dos filmes.....	86
a) Parâmetros de cor.....	86
b) Opacidade.....	87
2.2.9 Propriedades Mecânicas dos filmes.....	87
a) Tensão máxima, deformação na ruptura e módulo elasticidade.....	87
2.2.10 Propriedades de barreira dos filmes.....	88
a) Permeabilidade ao vapor de água .....	88
2.3 Análise estatística.....	88
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	89
3.1 Teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante do <i>mix</i> de farinhas .....	92
3.2 Biofilmes de alginato com <i>mix</i> de farinhas de resíduos agroindustriais aditivados com extrato hidroetanólico do <i>mix</i> de farinhas (EHRF) .....	93
3.3 Filmes de alginato com <i>mix</i> de farinhas, aditivados com diferentes concentrações de EHRF .....	97
3.4 Características físicas dos filmes .....	99
a) Espessura .....	99
b) Umidade.....	101
c) Solubilidade.....	102
d) Intumescimento.....	103
e) Propriedades de Barreira: Permeabilidade ao vapor de água (PVA) .....	104
3.5 Filmes de alginato com <i>mix</i> de farinhas de EHRF reticulados com cloreto de cálcio .....	105
3.6 Características ópticas.....	107
a) Parâmetros de cor.....	107
b) Opacidade.....	109
3.7 Propriedades mecânicas.....	111
a) Resistência à tração, Deformação na ruptura e Módulo elasticidade .....	111
4 CONCLUSÃO .....	115
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116

## 1. INTRODUÇÃO

Embalagens ativas são envoltórios ou sistemas que interagem com os alimentos embalados, propiciando a migração para os produtos alimentícios de compostos, naturais e bioativos, que foram incorporados a matriz filmogênica (OZDEMIR; FLOROS, 2004; CRIZEL *et al.*, 2018; CONTINI *et al.*, 2011). Essas substâncias adicionadas às embalagens que migram para os alimentos podem modificar as condições do acondicionamento do alimento embalado; aumentar a vida de prateleira por meio da redução da umidade e da migração de soluto ao reduzir as trocas gasosas, redução da respiração e da velocidade das reações, bem como reduzir ou mesmo suprimir distúrbios metabólicos e as taxas de reação oxidativa (SUPPAKUL *et al.*, 2016; CORTEZ-VEJA *et al.*, 2014; MAFTOONAZAD; BADI, SHAHAMIRIAN 2013; PASCALL; LIN, 2013; FALGUERA *et al.*, 2011). Além disso, podem, ainda, auxiliar na manutenção ou na melhoria das propriedades sensoriais e da segurança dos alimentos (MORELLI *et al.*, 2015; DE KRUIJF *et al.*, 2002).

As embalagens ativas, além de atender aos requisitos funcionais básicos de uma embalagem para produtos alimentícios, devem apresentar boa aderência, ser inócua a saúde dos consumidores, podendo entrar em contato direto com o alimento e propiciar a liberação do composto ativo de forma eficiente (LOPEZ-CARBALLO *et al.*, 2012). Na produção dessas embalagens biodegradáveis são utilizados biopolímeros capazes de formarem filmes ou películas a serem utilizadas sobre os alimentos ou entre camadas de um produto alimentício (FALGUERA *et al.*, 2011). Aliado a isso, a utilização de filmes biopoliméricos é dependente, dentre vários fatores, a atributos relacionados à função, aos custos, à disponibilidade, propriedades mecânicas e de barreira, da qualidade óptica e de resistência estrutural à água, que implicam em parâmetros relacionados a composição do filmes, condições de secagem, condições ambientais, entre outros (VIEIRA *et al.*, 2011). Dentre os biopolímeros empregados na elaboração de filmes destaca-se o alginato. Esse polissacarídeo, em função de suas propriedades químicas e biológicas, é amplamente utilizado pela indústria de alimentos, do setor farmacêutico e de cosméticos, na área têxtil e na produção de papel (LEE; MOONEY, 2012).

Os compostos bioativos a serem incorporados em filmes para a elaboração de embalagens ativas podem ser extraídos de vegetais e, principalmente, dos resíduos da agroindústria, a exemplo da indústria de polpas congeladas de frutas. Esse processamento gera quantidades significativas de resíduos sólidos que incluem cascas, sementes e bagaços, que são descartados. No entanto, esses resíduos contêm quantidades expressivas de fitoquímicos bioativos, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos que exibem propriedade antioxidante (BABBAR; OBEROI, UPPAL, PATIL, 2011). Dessa forma, os resíduos agroindustriais de frutos que são produzidos em larga escala podem ser vistos como matéria-prima a ser empregada na extração de compostos bioativos para, por exemplo, aditivar filmes biopoliméricos. Porém, essa matéria-prima pode, também, ser incorporada na forma de farinha à matriz biopolimérica com o intuito de ampliar a utilização desse material na obtenção de embalagens ativas. Assim, o aproveitamento dos resíduos da produção de polpa de fruta e a sua utilização tecnológica, incluindo o aproveitamento de seus compostos fenólicos, se tornam uma alternativa viável, com a vantagem adicional de diminuir a contaminação ambiental provocada pelo descarte deste material (SOUSA; LIMA, 2011).

A produção de filmes empregando os resíduos de frutas na forma de farinha permite, portanto, que os compostos bioativos sejam incorporados na estrutura biopolimérica, a serem liberados ou consumidos em conjunto com os alimentos embalados, complementando sua funcionalidade e protegendo os alimentos. Entretanto, estudos nesse campo devem ser ampliados, uma vez que, até o momento, poucas pesquisas foram realizadas com a utilização de resíduos agroindustriais na geração de filmes biodegradáveis (FERREIRA *et al.*, 2016). Essas constatações motivaram o desenvolvimento desta pesquisa com o objetivo desenvolver e caracterizar biofilmes de alginato aditivado com *mix* de farinhas de resíduos de acerola, goiaba e abacaxi que, segundo Silva (2015), apresenta alto teor de fenólicos e forte potencial antioxidante.



## 2 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

Considerando as propriedades físico-químicas do alginato, bem como, a presença de compostos bioativos, com ação antioxidante, em farinhas e extrato hidroetanólico de resíduos agroindustriais provenientes do processamento das frutas abacaxi, acerola e goiaba, será possível desenvolver filme de alginato aditivado com um *mix* de farinha desses resíduos. Entretanto, algumas questões necessitam ser elucidadas, a saber: qual a melhor proporção de *mix* de farinhas e de extrato hidroetanólico desta farinha a ser incorporada ao filme? A incorporação do *mix* de farinhas e do seu extrato hidroetanólico terá efeito sobre a propriedade mecânica do filme? O filme aditivado com o *mix* de farinhas do resíduo e seu extrato hidroetanólico exibirá ação antioxidante?

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Embalagens ativas para alimentos

Embalagens ativas são materiais, sistemas ou envoltórios que interagem com o alimento, objetivando a proteção, a qualidade e o prolongamento da vida útil dos produtos embalados, por meio da manutenção de suas propriedades e que atuam por meio da migração de componentes que entram contato com o produto alimentício (SUPPAKUL *et al.*, 2016; OZDEMIR; FLOROS, 2004; VERMEIREN *et al.*, 1999).

Como exemplos de embalagens ativas têm-se as embalagens absorvedoras de oxigênio e de umidade do ambiente interno (KHWALDIA; ARAB-TEHRANY; DESOBRY, 2010), as que atuam como catalisadores e emissores de CO<sub>2</sub>, que liberam ou absorvem sabores e odores (VERMEIREN *et al.*, 1999) e contendo componentes com ação antimicrobiana ou antioxidante (GÓMEZ-ESTACA, MONTERO, GOMEZ-GUILLEN, 2014). As embalagens contendo antioxidantes atuam aumentando a estabilidade de produtos susceptíveis à oxidação lipídica, que podem atuar por meio da eliminação de oxigênio, íons de metal e radicais livres ou também difundindo o antioxidante para o alimento (SANTOS *et al.*, 2017; GÓMEZ-ESTACA, MONTERO, GOMEZ-GUILLEN, 2014). Esses antioxidantes podem ser utilizados nas embalagens ativas por meio de sachês contendo os compostos ou podem ser incorporados na superfície da embalagem (GÓMEZ-ESTACA, MONTERO, GOMEZ-GUILLEN, 2014).

Para a elaboração dessas embalagens ativas, uma boa alternativa são os polímeros naturais, pois são bons veículos para o transporte dos compostos ativos por possuírem boas propriedades de formação de filme, alta capacidade de conservação e de liberação desses compostos (KHWALDIA; ARAB-TEHRANY; DESORY, 2010).

Embalagens ativas comestíveis que são elaboradas a partir de biopolímeros são uma tendência atuam em pesquisas, especialmente no âmbito de embalagens alimentícias, pois apresentam excelente desempenho como transportadoras de compostos extraídos de fontes naturais e conseguem manter as taxas de liberação desses compostos controladas (MELLINAS *et al.*, 2016).

### 3.1.1 Embalagens biopoliméricas para alimentos

Os sistemas de embalagens de alimentos possuem diversas funções, entre as quais estão conter, informar e comercializar os produtos que envolve. Entretanto, sua função primária é separar o alimento do ambiente de modo a reduzir a exposição dos alimentos aos fatores de deterioração presentes no ambiente externo (OTONI *et al.*, 2017). Isolar ou reduzir o contato com oxigênio, vapor de água, aromas alheios e microrganismos, bem como, diminuir a perda dos voláteis do produto embalado são funções atribuídas às embalagens, contribuindo, assim, para a maior durabilidade dos alimentos.

Inicialmente, eram utilizados para a elaboração de embalagens os materiais naturais poliméricos, tais como madeira, couro, algodão, seda e lã, mas, devido a suas características estruturais e suas propriedades funcionais, surgiu a necessidade de desenvolver polímeros mais resistentes, o que ocasionou a criação dos polímeros à base de petróleo. Na segunda metade do século XX, as embalagens plásticas se tornaram populares por agregarem preços baixos à alta resistência mecânica, assim como por terem bom grau de rigidez (OTONI *et al.*, 2017).

Como os materiais plásticos são produzidos a partir de combustíveis fósseis, não são facilmente degradados no ambiente, podendo produzir compostos tóxicos durante sua incineração (JAYASEKARA; HARDING, BOWATER, LONERGAN, 2005), além do fato de que seus resíduos são acumulados no ambiente, gerando impacto ambiental severo e criando uma grande preocupação com o meio ambiente (OTONI *et al.*, 2017). Atualmente, é estimado que menos de 3% de todo o plástico produzido mundialmente seja reciclado (HKC, 2016), e, apenas no ano de 2015, foram produzidos 322 milhões de toneladas de plásticos, sendo o setor de embalagens seu maior mercado, com um aumento de cerca de 40% (PLASTICS EUROPE, 2016).

Anualmente, a quantidade de embalagens que são utilizadas pela indústria de alimentos cresce cerca 8%, e menos de 5% de todos os plásticos utilizados nessas embalagens são recicláveis, o que gera alta acumulação desses materiais no ambiente (ESPITIA *et al.*, 2014; MUIZNIECE-BRASAVA, DUKALSA, KANTIKE, 2011). A estabilidade, característica dessas embalagens

convencionais, é considerada uma vantagem, porém, na fase de pós-utilização, esses materiais passam a ser considerados problema ambiental mundial, devido a sua biodegradação demorada (VALDÉS *et al.*, 2014; JAMSHIDIAN *et al.*, 2010).

Nesse contexto, surge a tendência em substituir os plásticos convencionais por polímeros biodegradáveis, gerados a partir de fontes renováveis (BABU; O'CONNOR, SEERAM, 2013). Conseqüentemente, com maior conscientização sobre os danos causados ao ambiente por essas embalagens, uma parte das empresas passa a investigar novas alternativas para substituir as embalagens convencionais (PODSHIVALOV *et al.*, 2017; JIMÉNEZ; FABRA, TALENS, CHIRALT, 2012).

Com o aumento da demanda de consumidores por produtos menos processados e mais próximos às suas características naturais têm crescido a busca por embalagens compatíveis com esses alimentos, incrementando as pesquisa nessa área (PEELMAN *et al.*, 2013).

Embalagens sustentáveis, além de diminuir o impacto ao meio ambiente, devem conferir outras vantagens, tais como custos moderados quanto ao gasto energético para a extração de matéria-prima e para a produção, eficiência quanto à utilização dos recursos naturais, assim como garantir a qualidade e a segurança dos produtos (RODRÍGUEZ; OSÉS, ZIANI, MATÉ, 2006; GUTIÉRREZ; TAPIA, PÉREZ, FAMÁ, 2015). Além disso, as embalagens podem apresentar a vantagem de serem comestíveis, podendo ser consumidas junto com os alimentos (HAMBLETON *et al.*, 2009; ROJAS-GRAÜ; SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009).

Com o crescimento da preocupação do consumidor com o ambiente e com a segurança dos alimentos, tem surgido espaço para novos materiais, como os polímeros biodegradáveis para elaboração de filmes e revestimentos (ESPITIA *et al.*, 2014). Os polímeros podem ser classificados de acordo com sua origem, sendo divididos em sintéticos e em naturais, estando dentre os biopolímeros sintéticos o ácido poliláctico (PLA), policaprolactona (PCL), ácido poliglicólico (PGA), poli álcool vinílico e polibutileno succinato (PBS), enquanto os naturais, que são alternativas a esses materiais, são representados por celulose, amido, quitosana, ágar, gelatina, o glúten, o alginato e vários outros (RHIM; PARK, HA, 2013).

O polímero ideal deve ser tanto biodegradável como produzido a partir de fontes renováveis. Materiais produzidos a partir de fontes renováveis não são obrigatoriamente biodegradáveis, como no caso do polipropileno e do polietileno, que possuem monômeros de fontes renováveis, mas que não são considerados biodegradáveis. E ainda: ser biodegradável não significa que seja produzido a partir de fonte renovável, como pode ser observado no caso do poli- $\epsilon$ -caprolactona, o PCL, embalagem que é produzida a partir de fontes não renováveis e é classificada como polímero biodegradável (OTONI *et al.*, 2017).

Por outro lado, deve-se também considerar que filmes biodegradáveis não são necessariamente filmes comestíveis, e, para serem comestíveis, devem ser observados se todos os seus componentes, tanto a matriz, o solvente, o plastificante como os demais aditivos, possuem qualidade alimentar (OTONI *et al.*, 2017), devendo ser confeccionados de modo apropriado, considerando as modificações de pH, a adição de sais, o aquecimento, as modificações enzimáticas, a secagem, a aplicação de solventes alimentares, as reações e as interações dos produtos químicos (SUPUT; LAZIC; PPOPOVIC; HROMIS, 2015).

Os polímeros naturais, também nomeados de biopolímeros, são polissacarídeos, proteínas e lipídios que podem ser usados na elaboração de revestimentos e filmes comestíveis e são utilizados como alternativa às embalagens tradicionais feitas com polímeros sintéticos, reduzindo, assim, a demanda por materiais plásticos (ESPITIA *et al.*, 2014; LEE; SHIM, LEE, 2004; BARRETO; PIRES, SOLDI, 2003; ALBERT; MITTAL, 2002).

As novas técnicas desenvolvidas para o armazenamento de alimentos por meio da aplicação de filmes e revestimentos biopoliméricos, além de possuírem potencial para substituir embalagens a base de petróleo, podem atuar aumentando a vida útil dos produtos alimentícios, assim como agindo na redução de trocas gasosas, de migração de umidade e de soluto, no caso de vegetais, e também de distúrbios metabólicos e baixando as taxas de reação oxidativa (AZEREDO *et al.*, 2012; OOI *et al.*, 2012; GALUS; LENART, 2013; MARAN *et al.*, 2013; PASCALL; LIN, 2013; AZARAKHSHA *et al.*, 2014; CORTEZ-VEJA *et al.*, 2014).

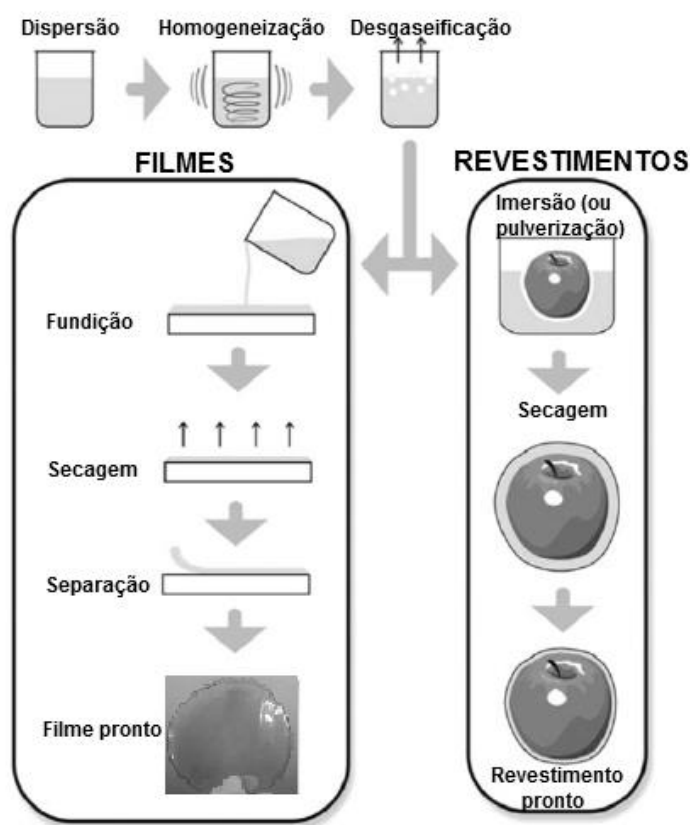
Na elaboração de embalagens deve-se levar em consideração algumas características relativas às matérias-primas, como possuir boas propriedades

mecânicas, apresentar-se inerte, não possuir toxicidade, ser impermeável em relação aos microrganismos, para atender sua função principal, de conservar os alimentos e preservá-los da degradação que o contato com fatores externos pode provocar (SUNG *et al.*, 2013).

As embalagens biopoliméricas são capazes de retardar o amadurecimento de frutos, de diminuir o número de perdas de alimentos e de reduzir a perda de umidade, podendo agir prolongando a vida útil e melhorando as propriedades sensoriais de produtos embalados, pois a qualidade de um produto alimentício depende da embalagem que o reveste e o protege até o destino final (ZACTITI; KIECKBUSCH, 2006; HAMZAH *et al.*, 2013; VALERO *et al.*, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2015).

Essas embalagens biopoliméricas são divididas em filmes e em revestimentos comestíveis, sendo o filme definido como a película previamente formada em placa, que, após pronta, é aplicada diretamente sobre alimento ou é utilizada disposta em camadas que separam componentes alimentares ou até formam bolsas comestíveis que contêm o alimento. O revestimento é caracterizado por uma fina camada de material formado a partir de uma película de biopolímero que fica sobreposta ao produto alimentar. Pode encontrar-se na forma líquida e ser aplicado sobre o produto sob pulverização ou o alimento pode ser imerso na solução comestível (OTONI *et al.*, 2017; SUPUT; LAZIC; PPOPOVIC; HROMIS, 2015; ESPITIA *et al.*, 2014; KANG *et al.*, 2013; FALGUERA *et al.*, 2011; MCHUGH, 2000) (Figura 1). Além disso, Bertan (2008) pondera que os filmes formados podem ser aplicados na superfície de alimentos com formato de bolsas, de envoltórios, de sacos ou de cápsulas.

**Figura 1.** Formação de filmes e revestimentos



(Adaptado de Otoni *et al.*, 2017).

A *solution casting* é uma das principais técnicas para a produção de filmes biodegradáveis. Por esta técnica, o filme é elaborado a partir da dissolução da matriz em solvente líquido (etapas de dispersão e homogeneização, com posterior desgaseificação), e essa solução filmogênica é dispersa em superfícies como acrílico, silicone ou teflon (etapa de fundição), a fim de passar pelo processo de secagem em condições controladas (etapa de secagem e posterior separação) (SUPUT; LAZIC; POPOVIC; HROMIS, 2015; DANGARAN; TOMASULA, QI, 2009; BERTAN, 2008).

Segundo Bertan (2008), a elaboração de filmes é realizada a partir da combinação de componentes com finalidades específicas. Agrega-se um ou mais agentes formadores de filme (matrizes), o solvente, o plastificante e outros aditivos, podendo também adicionar o agente ajustador de pH. Para Otoni *et al.* (2017), são necessários no mínimo dois componentes para serem formados

filmes e revestimentos: a matriz biomacromolecular com capacidade de formação de estrutura coesa e o solvente.

A estrutura dos filmes e dos revestimentos comestíveis apresenta a vantagem da incorporação de vários ativos na matriz do polímero, o que aumenta os atributos funcionais dessas embalagens (ROJAS-GRAÜ; SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2009). Esses componentes podem ser agentes antioxidantes, antimicrobianos, modificadores de textura (BONILLA *et al.*, 2012; OSORIO *et al.*, 2011), nutrientes, realçador de sabores, corantes, especiarias, surfactantes, plastificantes, entre outros (KANG *et al.*, 2013; MASTROMATTEO; CONTE, NOBILE, 2012; OSORIO *et al.*, 2011; NUSSINOVITCH; KASAPIS, NORTON, 2009).

A dispersão desses compostos em filmes e em revestimentos comestíveis depende diretamente das características inerentes a esses compostos, tais como propriedades físico-químicas, polaridade, estrutura, peso molecular e hidrofobicidade, sendo a permeabilidade desses compostos afetada pelas interações entre esses e as matrizes de filme. Por ser um solvente, a água pode induzir uma modificação da estrutura da matriz, como o intumescimento dos polímeros, podendo gerar modificações na difusão das moléculas que possuem afinidade polar (HAMBLETON *et al.*, 2012).

Diversos compostos naturais têm sido analisados para serem utilizados como matrizes biopoliméricas, bem como, substâncias a serem usados como aditivos nessas matrizes. Extratos naturais obtidos de plantas, óleos essenciais e resíduos agroindustriais são algumas das matérias primas empregadas na formação de embalagens biodegradáveis de modo a atribuir-lhe funcionalidade e garantir qualidade e segurança dos produtos alimentícios embalados (VALDÉS *et al.*, 2014; KUORWEL *et al.*, 2013).

Como mencionado, polissacarídeos, proteínas, lipídios e materiais biológicos de uma maneira mais ampla podem formar filmes e películas biodegradáveis e/ou comestíveis. Na literatura encontram-se estudos sobre filmes de alginato (SIRVIO *et al.*, 2014; OLIVAS; BARBOSA-CÁNOVAS, 2004; RHIM, 2004), de amidos nativos e modificados (ORTEGA-TORO; JIMÉNEZ; FABRA, TALENS, CHIRALT, 2012; ALVES *et al.*, 2007; CHANG *et al.*, 2006), filmes empregando carragena (PAULA *et al.*, 2015), celulose (WU *et al.*, 2016; TURHAN;



SAHBAZ, 2004), cera de carnaúba (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014; JO *et al.*, 2014; CARON; JACOMINO, KLUGE, 2003), cera de abelha (FAGUNDES; PALOU, MONTEIRO, PÉREZ-GAGO, 2015), pectina (OTONI *et al.*, 2014), quitosana (VELICKOVA *et al.*, 2013; SUYATMA *et al.*, 2005), óleos variados (ABUGOCH *et al.*, 2016; RIVEROS, NEPOTE, GROSSO, 2016; GNIEWOSK; KRASNIEWSKA, WORETA, KOSAKOWSKA, 2013), goma xantana, dextrana, gelana e pululana (GOH *et al.*, 2006; SOARES *et al.*, 2005; MOREIRA *et al.*, 2003; BOBBIO; BOBBIO, 2001; MAUGERI-FILHO, 2001; YANG; PAULSON; 2000).

Tendo como princípio a utilização de proteínas, de amido, de pectina, de celulose e de derivados de celulose para a formação de matrizes de biofilmes, foram desenvolvidos filmes a partir de matrizes extraídas de resíduos de vegetais, como abobrinha (*Cucurbita pepo*), alface (*Lactuca sativa*), cenoura (*Daucus carota*), espinafre (*Spinacea oleracea*), inhame-coco (*Colocasia esculenta*), laranja (*Citrus sinensis*), maracujá (*Passiflora edulis*), melancia (*Citrullus lanatus*), menta (*Mentha sp*), pepino (*Cucumis sativus*) e rúcula (*Eruca sativa*) (ANDRADE; FERREIRA, GONÇALVES, 2016). A presença de amido, de proteínas e de lipídios no amaranto viabilizou a elaboração de filmes empregando a farinha desse grão (TAPIA-BLÁCIDO; SOBRAL, MENEGALLI, 2011, 2010, 2005; TAPIA-BLÁCIDO *et al.*, 2007).

Segundo Han (2014), aponta as principais funções e vantagens dos filmes e revestimentos comestíveis, a saber:

- a) Ser comestível e biodegradável implica que todos os componentes presentes nessas embalagens devem possuir qualidades alimentares e serem seguros para o meio ambiente;
- b) Proteção física e mecânica, os filmes produzidos devem otimizar as características de módulo de elasticidade, de rigidez, de força de adesão, de resistência à tração, à ruptura, à compressão, ao alongamento na ruptura, à punção, ao rasgamento, à abrasão, à dobra e outras propriedades mecânicas;
- c) Funções de migração, de permeação e de barreira, considerando que as propriedades de barreira são afetadas pela composição do filme e pelas condições ambientais;

- d) Conveniência e preservação da qualidade, uma vez que essas embalagens visam a retardar a desidratação superficial, a absorção de umidade, a oxidação dos insumos, a perda de aroma, a absorção de óleos, o amadurecimento e também a detecção microbiana em produtos alimentares, além de agregar positivamente à qualidade visual, à preservação da maciez na superfície dos alimentos, à migração de sabores e à fixação das cores;
- e) Ampliação da vida útil e melhoria da segurança dos alimentos, que considera a proteção dos produtos embalados contra a contaminação e a conservação deles contra os agentes externos;
- f) Suportes de substâncias ativas e liberação controlada, considerando que essas embalagens podem conter ingredientes alimentares, produtos farmacêuticos, nutracêuticos e agroquímicos.

Como característica e potencialidade dos filmes biopoliméricos, pode-se destacar o fato de preservarem e até enaltecem os atributos sensoriais, tais como cor, sabor e aroma dos alimentos, destacando-se dos polímeros sintéticos, que são inodoros e incolores (BARROS, 2017) e ainda apresentam a vantagem de não onerar o ecossistema e não gerar grande impacto ambiental (GANIARI; CHOULITOU DI, OREOPOULOU, 2017).

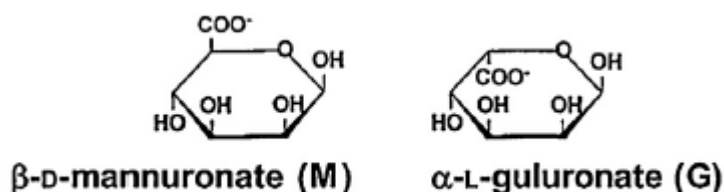
Sendo assim, são inúmeras as possibilidades na formação de embalagens biopoliméricas e cada tipo de embalagem, com suas características específicas, serve idealmente para um determinado tipo de produto ou para uma aplicação específica (SUPUT; LAZIC; POPOVIC; HROMIS, 2015).

### **3.1.2 Filmes biopoliméricos à base de alginato**

O alginato é o sal de ácido algínico que pode ser extraído de algas marrons marinhas e que também pode ser produzido por bactérias como *Pseudomonas aeruginosa* e *Azetobacter vinelandii*. A parede celular de algas castanhas é a fonte mais comum utilizada para produzir o alginato, para finalidade comercial, entretanto, também são utilizados microrganismos em condições controladas para produção deste polímero (MULLER; SANTOS, BRIGIDO, 2011; D'AYALA; MALINCONICO, LAURIENZO, 2008; ERTESVÅG; VALLA, 1998).

O alginato é um polissacarídeo não tóxico, composto por blocos de  $\beta$ -D-manuronato (M) e  $\alpha$ -L-guluronato (G), (Figura 2), ligados por ligações glicosídicas em 1-4, que pode formar géis reticulados com cátions divalentes e trivalentes ou poli-eletrólitos catiônicos (DRAGET; TAYLOR, 2011).

**Figura 2.** Monômeros  $\beta$ -D-manuronato (M) e  $\alpha$ -L-guluronato (G) (DRAGET; TAYLOR, 2011)



A cadeia polivalente do alginato a depender da sequência e das proporções dos monômeros de  $\beta$ -D-manuronato (M) e  $\alpha$ -L-guluronato (G), resulta em diferentes propriedades físicas. Esses monômeros formam três tipos de blocos: o bloco de manuronato (*M-block*), o bloco de guluronato (*G-block*) e o bloco misto de manuronato e guluronato (*MG-block*). A proporção relativa desses blocos influencia nas propriedades físicas apresentadas pelo alginato, podendo formar géis mais fortes pela presença de maior quantidade de *G-block* e géis mais maleáveis na presença de *G-blocks* em menores proporções em relação a *M-blocks* (XIAO; GU, TAN, 2014; BLANCO-PASCUAL, MONTERO, GÓMEZ-GUILLÉN, 2014; LIAKOS *et al.*, 2013).

A formação e a sequência dos monômeros (Figura 3) depende da espécie, da idade e da parte da alga da qual o alginato foi isolado, assim como também a biologia, crescimento e as condições sazonais devem ser considerados (ASHIKIN *et al.*, 2010; ZACTITI; KIECKBUSCH, 2006).

**Figura 3.** Distribuição de blocos de monômeros do alginato (DRAGET; TAYLOR, 2011)



Segundo Vu e Won (2013), o alginato é um componente para formação de filmes que possui como características ser atóxico, biodegradável e de baixo

custo. Esse polissacarídeo é comumente usado como agente espessante, estabilizante, formador de suspensões e de filmes, produtor de géis e agente estabilizador de emulsões (RHIM, 2004), possuindo capacidade de formar géis rapidamente quando na presença de cátions de metais divalentes, tais como cálcio, magnésio, manganês, alumínio e ferro (KHALIL *et al.*, 2017). O alginato por poder formar filmes fortes e com fibras sólidas é considerado bom filmogênico (BLANCO-PASCUAL; MONTERO; GÓMEZ-GUILLÉN, 2014) que nos dias atuais, tem sido uma das matérias-primas bastante usada na elaboração de filmes biodegradáveis (CIAN *et al.*, 2014).

Xiao, Gu e Tan (2014) relatam que os filmes formados a partir do alginato de sódio são hidrossolúveis, fortes, brilhantes, sem sabor, sem aroma e com baixa permeabilidade a oxigênio e a óleos. O alginato, no entanto, é hidrofílico e por esse motivo apresenta propriedade de barreira limitada, porém, obtêm-se bons resultados quanto como sistema de barreira contra óleos e gorduras e, ainda, atua contra a oxidação lipídica por formar uma barreira ao oxigênio (VARELA; FISZMAN, 2011).

Esse biopolímero pode formar revestimentos com ou sem gelificação, por meio da evaporação do solvente, da reticulação eletrolítica com uso do cálcio ou da inserção de solvente não miscível com água, sendo uma de suas aplicações principais em produtos cárneos, devido a sua habilidade de retardar a desidratação e a possibilidade de proteção desse alimento contra a oxidação lipídica (VARELA; FISZMAN, 2011).

O método mais difundido para produção de materiais de alginato plastificado envolve a dissolução de alginato em água deionizada, seguido da homogeneização e da evaporação da água (JOST *et al.*, 2014). A difusão de compostos em filmes e revestimentos comestíveis dependerá das diversas propriedades desses compostos, como o peso molecular, a estrutura, a hidrofobia e a polaridade.

A permeabilidade desses compostos é afetada por sua interação com a matriz utilizada na elaboração do filme. A difusão destes compostos em alginato, poderá ser influenciada pela própria água, pois esse solvente poderá induzir uma modificação na estrutura de matriz, como o inchaço do polímero, podendo até

modificar a difusão de moléculas que mostram afinidade para a água (HAMBLETON *et al.*, 2012).

O alginato pode ser utilizado no contexto da indústria de alimentos como embalagem para produtos alimentícios, membrana de separação e filme de cobertura (RHIM, 2004; BHAT; AMINABHAVI, 2007). Os filmes de alginato nativo tendem a apresentar rigidez e serem quebradiços devido a interações intermoleculares, sendo necessário o uso de plastificantes para melhorar as características dos filmes desse biopolímeros quanto à flexibilidade (HAMMANN; SCHIMID, 2014).

O alginato forma de géis possui propriedades estabilizantes, está amplamente disponível, é biodegradável, pode ser utilizado amplamente pela indústria por ser um aditivo alimentar, não é tóxico (PEREDA; AMICA, RACZ, MARCOVICH, 2011; NORAJIT, KIM, RYU, 2010). Como vantagens, o alginato forma filmes com alta transparência e com boas propriedades mecânicas, porém, sua flexibilidade é mais baixa do que a dos demais biopolímeros (ABDOLLAHI *et al.*, 2013; HUQ *et al.*, 2012; MOON *et al.*, 2011). Além disso, por ser solúvel em água, a massa do alginato no estágio inicial de degradação é reduzida rapidamente, atingindo a taxa de degradação de 50% dois dias depois (GONG *et al.*, 2015).

A aditivação de filmes e revestimentos vem sendo estudada por diversos autores (Tabela 1). Essa aditivação pode gerar alterações nas características dos filmes, seja aumentando sua opacidade (como no uso de extratos), como melhorando suas propriedades mecânicas (como, por exemplo, adicionando glicerol ou reticulando com íons de cálcio), reduzindo sua solubilidade (aplicando outras matrizes em misturas com alginato ou adicionando cálcio no preparo dos filmes), e até aumentando ou gerando capacidade antimicrobiana (como no uso de agentes que atuam contra microrganismos) e antioxidante (utilizando compostos fenólicos com ação antioxidante).

**Tabela 1.** Filmes e revestimentos a base de alginato

<b>Biopolímeros</b>	<b>Forma</b>	<b>Outros componentes</b>	<b>Referências</b>
Alginato	Revestimentos para nuggets	Cloreto de sódio, Cloreto de cálcio	Albert, Salvador e Fiszman, 2012
Alginato	Revestimentos para morangos	Glicerol, ácido palmítico e $\beta$ -ciclodextrina	Fan <i>et al.</i> , 2009
Alginato + gelana	Revestimentos para maçãs e mamões frescos e cortados	Probióticos	Tapia <i>et al.</i> , 2007
Alginato + amido de batata + pectina + carragena	Revestimentos em goiabas mexicanas	Glicerol	Gallo <i>et al.</i> , 2003
Alginato	Revestimento para presuntos curados	Goma xantana, propilenoglicol e carragena	Zhao <i>et al.</i> , 2016
Alginato	Revestimento para preservação de tangerinas de <i>Nanfeng</i>	Extrato da fruta da <i>Ficus hirta</i>	Chen <i>et al.</i> , 2016
Alginato + carragena	Revestimento para pera <i>Williams</i>	--	Moraes <i>et al.</i> , 2012
Alginato + quitosana	Revestimento para mirtilos	--	Chiabrando e Giancalone, 2015
Alginato	Revestimento para manutenção da qualidade de camarão	Extrato de <i>citrus</i>	Liu <i>et al.</i> , 2016
Alginato	Revestimento para fruto jujuba	Polifenóis presentes no chá	Zhang <i>et al.</i> , 2016
Alginato	Revestimento para carne de cordeiro congelada	--	Koushki <i>et al.</i> 2015
Alginato + amido	Revestimento para carne	--	Wu, Hamouz, Cuppett e Schnepf, 2001
Alginato + purê de acerola	Revestimento para acerolas	Monocristais de celulose e montemorilonite	Azeredo <i>et al.</i> , 2012
Alginato	Revestimento em cogumelos	Sob atmosfera modificada	Jiang, 2013
Alginato	Revestimento em uva tipo Itália	--	Miguel, Dias, Albertini e Spoto, 2009

**Tabela 1.** Filmes e revestimentos a base de alginato (continuação)

Biopolímeros	Forma	Outros componentes	Referências
Alginato + acetato de celulose	Revestimento em mamão <i>papaya</i>	--	Silva Denise <i>et al.</i> , 2014
Alginato	Revestimento em cerejas	--	Diaz-Mula <i>et al.</i> , 2012
Alginato	Revestimento em cenouras	Nanopartículas de montemorilonite de prata	Costa <i>et al.</i> , 2012
Alginato + quitosana	Revestimento em abacaxis	Sais de cálcio de ascorbato e lactato	Benítez <i>et al.</i> , 2014
Alginato	Filmes para salmão defumado	Nisina	Concha-Meyer <i>et al.</i> , 2011
Alginato	Filmes para cobrir frutos de Juazeiro	Azeite de oliva, ácido ascórbico e ácido cítrico	Ramana Rao <i>et al.</i> , 2016
Alginato + gelatina	Filmes para preservar peixe	Óleo essencial de orégano	Kazemi e Rezaei, 2015
Alginato	Filmes para embalar pedaços de truta	Óleos essenciais de cravo-da-Índia, coentro, alcaravia, manjerona, canela e cominho	Alboofetileh <i>et al.</i> , 2016
Alginato + quitosana	Filmes para embalar carne suína	--	Kulig <i>et al.</i> , 2017
Alginato + metilcelulose + policaprolactona	Filmes para embalar brócolis	Mistura de ácidos orgânicos + extrato de alecrim + óleo essencial de especiarias asiáticas e mistura de ácidos orgânicos + extrato de alecrim + óleo essencial de especiarias italianas.	Takala <i>et al.</i> , 2013
Alginato	Filmes para conservação de pera minimamente processada	Cloreto de cálcio	Groppo, Spoto, Gallo e Sarmiento, 2009
Alginato	Filmes e revestimentos para filé de carpa	--	Rezaei e Shahbazi, 2018
Alginato	Filmes e revestimentos para carne bovina	Óleos essenciais de orégano e alecrim	Vital <i>et al.</i> , 2016
Alginato	Filmes	Amido catiônico híbrido	Sen <i>et al.</i> , 2017
Alginato	Filmes	Atomização ultrassônica foi utilizada para obtenção do alginato	Soazo <i>et al.</i> , 2015
Alginato	Filmes	<i>Bacillus subtilis</i>	Neculau <i>et al.</i> , 2016
Alginato	Filmes	Benzoato de cálcio e cloreto de cálcio	Turbiani e Kieckbusch, 2011

**Tabela 1.** Filmes e revestimentos a base de alginato (continuação)

<b>Biopolímeros</b>	<b>Forma</b>	<b>Outros componentes</b>	<b>Referências</b>
Alginato	Filmes	Caldo de frango (íons de cálcio presentes)	Báez <i>et al.</i> , 2017
Alginato	Filmes	Cátions: Ba <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Sr <sup>2+</sup> e Zn <sup>2+</sup>	Harper <i>et al.</i> , 2014
Alginato	Filmes	Celulose nanocristalina	Huq <i>et al.</i> , 2012
Alginato	Filmes	Extrato do bagaço de uva vinífera do tipo Merlot	Deng e Zhao, 2011
Alginato	Filmes	Extrato de ginseng	Norajit, Kim e Ryu, 2010 Norajit e Ryu, 2012
Alginato	Filmes	Gelatina, proteína isolada de soja, proteína do soro do leite isolada	Harper <i>et al.</i> , 2013
Alginato	Filmes	Glicerol e agitação termomecânica	Gao, Pollet e Avérous, 2017
Alginato	Filmes	Lignina de acácia	Aadil, Prajapati e Jha, 2016
Alginato	Filmes	Nanocompósitos de argila e óleos essenciais de manjerona, cominho, cravo-da-Índia, canela, coentro e alcaravia	Alboofetileh <i>et al.</i> , 2014
Alginato	Filmes	Nanopartículas de prata e glicerol	Ramachandraiah, Gnoc e Chin, 2017
Alginato	Filmes	Óleo de alho	Pranoto, Salokhe e Rakshit, 2005
Alginato	Filmes	Óleo de paus de canela e óleo de soja	Zhang <i>et al.</i> , 2015
Alginato	Filmes	Óleo essencial de orégano e carbonato de cálcio	Benavides, Villalobos-Carvajal e Reyes, 2012
Alginato	Filmes	Preparação de biocompósito de cloreto de celulose micro-fibrilada e quitosana-benzalcônio	Liu <i>et al.</i> , 2013
Alginato	Filmes	Pululana	Xiao, Tong e Lim, 2012
Alginato	Filmes	Sorbato de potássio e íons de cálcio	Zactiti e Kieckbusch, 2006
Alginato	Filmes	Sorbato de potássio, montemorilonite e nanopartículas de celulose	Abdollahi, Alboofetileh, Rezaei e Behrooz, 2013



**Tabela 1.** Filmes e revestimentos a base de alginato (continuação)

<b>Biopolímeros</b>	<b>Forma</b>	<b>Outros componentes</b>	<b>Referências</b>
Alginato + carboximetilcelulose + goma de Konjac	Filmes	Glicerol	Neculau <i>et al.</i> , 2017
Alginato + agar + colágeno	Filmes	Com nanopartículas de prata e extrato de sementes de toranja	Wang e Rhim, 2015
Alginato + amido	Filmes	Extrato de alecrim e sódio dihidroacetato	Yan <i>et al.</i> , 2013
Alginato + amido de sagu parcialmente hidrolisado	Filmes	Capim-limão e glicerol	Maizura, Fazilah, Norziah e Karim, 2007
Alginato + carboximetilcelulose + gelatina	Filmes	--	Wang, Campanella, Patel, Lu, 2015
Alginato + carragena	Filmes	--	Hambleton, Voilley e Debeaufort, 2011
Alginato + cellulose	Filmes	Íons de cálcio	Sirvio <i>et al.</i> , 2014
Alginato + gel de glúten	Filmes	Cisteína	Yuno-Ohta <i>et al.</i> , 2009
Alginato + goma de cajueiro	Filmes	Cloreto de cálcio	Azeredo <i>et al.</i> , 2012
Alginato + Hidroximetilpectina	Filmes	Cloreto de cálcio	Solak e Dyankova, 2014
Alginato + pectina	Filmes	--	Galus e Lenart, 2013
Alginato + pectina	Filmes	Nanopartículas de caseína	Bora e Mishra, 2016
<i>Alginato + pectina</i>	Filmes	Natamicina	Bierhalz, Da Silva e Kieckbusch, 2012
Alginato + pectina + agar	Filmes	Ácido ascórbico	De'Nobili <i>et al.</i> , 2015
Alginato + policaprolactona	Filmes	Óleo essencial de segurelha, canela e orégano	Salmieri e Lacroix, 2006
Alginato + pululana + carboximetilcelulose	Filmes	Glicerol, sorbitol, xilitol e fructose como plastificantes	Tong, Xiao e Lim, 2013
Alginato + purê de acerola	Filmes	Monocristais de celulose	Azeredo <i>et al.</i> , 2012

**Tabela 1.** Filmes e revestimentos a base de alginato (continuação)

Biopolímeros	Forma	Outros componentes	Referências
Alginato + purê de maçã	Filmes	Óleos essenciais de orégano, canela e capim-limão	Rojas-Grau <i>et al.</i> , 2007
Alginato + quitosana	Filmes	--	Chandrasekar, Coupland e Anantheswaran, 2016
Alginato + quitosana + polietileno (baixa densidade)	Filmes	Extrato de segurelha-anual	Rahmani <i>et al.</i> , 2017
Alginato de cálcio	Filmes	Modelo de cor RGB e glicerol	Acevedo <i>et al.</i> , 2012
Alginato de propilenoglicol	Filmes	Isolado de proteína de soja	Rhim, Wu, Weller e Schnepf, 1999
Alginato de propilenoglicol	Filmes	Surimi do peixe polaca do Alasca	Weng, Hamaguchi e Tanaka, 2006
Alginato + quitosana	Filme para revestir figos	Azeite, glicerol, lecitina de soja e cloreto de cálcio	Reyes-Avalos <i>et al.</i> , 2016

É possível constatar que varias pesquisas relacionadas à elaboração de filmes e revestimentos com alginato, especialmente aditivado, vem sendo desenvolvidas. A aplicação de extratos obtidos a partir de plantas é comum na elaboração de filmes com diversas matrizes, entretanto, são escassas pesquisas que empregam resíduos agroindustriais, extratos ou farinhas, em filmes ou revestimento de alginato (Tabela 1). Ainda que o uso de cálcio associado ao biopolímero na produção de filmes seja uma tendência, pois a interação entre esses componentes melhora a estrutura e a formação dos filmes (KHALIL *et al.*, 2017), é possível evidenciar, também, são escassos estudos que utilizam o cálcio em filmes de alginato como forma de reticular e fortalecer a estrutura dessas embalagens.

### 3.2 Plastificantes

Uma parte dos filmes gerados para uso como embalagem comestível apresenta cerca rigidez e podem ser quebradiços, o que gera limitações nas aplicações em alimentos. Para diminuir essa fragilidade e, também, para

aumentar a funcionalidade e a flexibilidade desses filmes, podem ser aplicados diversos tipos de plastificantes, o que melhora as propriedades dessas embalagens (DIAS, 2013; CARDOSO, 2011; GHASEMLOU *et al.*, 2011; VALERO, 2011; ALMEIDA, 2010; PARRA *et al.*, 2004).

Plastificante é uma substância ou material incorporado em um material (geralmente um plástico ou elastômero) para aumentar sua flexibilidade, facilidade de trabalho ou distensibilidade (IUPAC, 2002). Essa substância atua na redução da tensão de deformação, na dureza, na densidade, na viscosidade e na carga eletrostática dos polímero, ao mesmo tempo que aumentam a flexibilidade, a resistência à fratura e a constante dielétrica (ROSEN, 1993). além disso, altera o grau de cristalinidade, a clareza óptica, a condutividade elétrica, o comportamento quanto ao fogo e a resistência à degradação biológica, bem como, também, outras propriedades físicas (BIALECKA-FLORJANCZYK, FLORJANCZYK, 2007). Espitia *et al.* (2014) corroboram que os plastificantes atuam alterando as propriedades mecânicas dos filmes e podem, ainda, gerar modificações em suas propriedades de barreira.

Os plastificantes são, geralmente, líquidos com pesos moleculares intermediários, normalmente entre 300 e 600 Daltons, com ponto de ebulição alto e com cadeias carbônicas lineares ou cíclicas, geralmente compostas de 14 a 40 carbonos (DONHOWE, FENNEMA, 1993). Assim, mudando a quantidade ou a variedade do plastificante, a flexibilidade e outras propriedades do produto final são afetadas (CAO, YANG, FU, 2009; RAHMAN, BRAZEL, 2004), e a compatibilidade entre plastificante e polímero utilizado é bastante importante para a eficácia da aplicação (CHOI, PARK, 2004).

Santos (2012) demonstra que o uso de plastificantes na produção de biofilmes gera um aumento do volume livre do sistema, bem como melhora a extensibilidade e a flexibilidade dos filmes por meio da redução das forças intermoleculares, e ainda ocorre a expansão das cadeias poliméricas, reduzindo fissuras no filme e melhorando sua resistência. Os plastificantes para filmes biopoliméricos podem ser classificados em solúveis e insolúveis em água (SIEPMANN; PAERATAKUL, BODMEIER, 1998).

Os principais plastificantes utilizados em sistemas de filmes têm sido os monossacarídeos, os dissacarídeos e os oligossacarídeos, a exemplos da

glicose, a sacarose e o mel., lipídios, representados pelos ácidos graxos e pelos surfactantes e os polióis, a exemplo do sorbitol e o glicerol também são bastante usado,, entretanto o glicerol é o mais utilizado na elaboração de filmes biodegradáveis devido às suas propriedades e às características que confere aos filmes (PAULA *et al.*, 2015; FAGUNDES; PALOU, MONTEIRO, PÉREZ-GAGO, 2015; KUORWEL *et al.*, 2013; VELICKOVA *et al.*, 2013; SANTOS, 2012).

### 3.2.1 Glicerol como plastificante

O glicerol é apresentado como sendo um dos plastificantes responsáveis por tornar os filmes mais flexíveis, sendo um plastificante de massa molecular baixa, com valores em torno de 92 mol/g (TAPIA-BLÁCIDO; SOBRAL, MENEGALLI 2011). Ghasemlou *et al.* (2011) classificam o glicerol como plastificante de caráter hidrossolúvel, polar, não-volátil e adequado para aplicação associada aos polímeros com compatibilidade e solubilidade em água.

Esse plastificante é um tri-álcool com três carbonos, cujo nome sistemático é 1,2,3-propanotriol (IUPAC, 2002) e sua atuação é baseada na retenção de água, o que contribui para a melhoria da hidrofiliabilidade dos filmes, pois aumenta sua afinidade em relação às moléculas de água, embora isso não auxilie na solubilização de seus filmes (TAPIA-BLÁCIDO; SOBRAL, MENEGALLI, 2011). Santana e Kieckbusch (2013) afirmam que o glicerol é o plastificante mais utilizado para matrizes de alginato no contexto da confecção de filmes. Esse plastificante tem sido aplicado amplamente na produção de filmes com matrizes baseadas em polissacarídeos, obtendo resultados bem sucedidos (KHAZAEI *et al.*, 2014; AHMADI *et al.*, 2012; GHASEMLOU *et al.*, 2011; PIERMARIA *et al.*, 2011). O glicerol tem sido aplicado com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas e de atuar aumentando a solubilidade dos filmes produzidos (MONTERREY-QUINTERO e SOBRAL, 2000), resultando também em alterações na espessura final dos filmes e no teor de umidade retido neles (RIGO, 2006).

Dick *et al.* (2015) investigaram os efeitos de diversas concentrações de glicerol, utilizado como plastificante em biofilmes obtidos a partir de sementes de chia, e observaram o impacto desse plastificante nas propriedades físicas, mecânicas, ópticas, de barreira, térmicas e estruturais dos filmes, demonstrando que a presença de glicerol em maior teor afeta a retenção de umidade, à

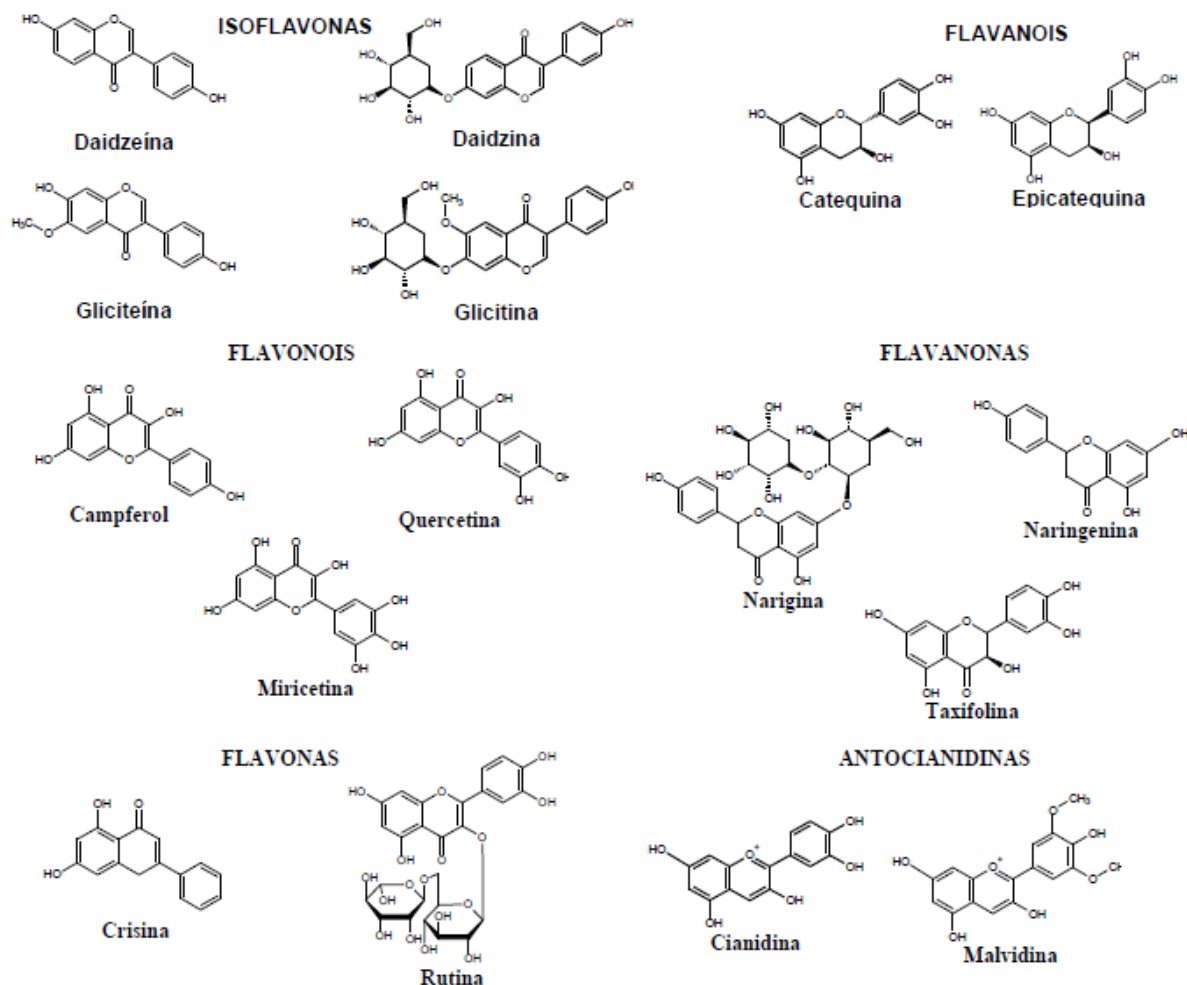
solubilidade, a permeabilidade ao vapor de água, além de diminuir a força de tração e o módulo elasticidade. Outras características também foram influenciadas pelo glicerol, os filmes apresentaram alta solubilidade em água, transparência, resistência térmica e boa propriedade de barreira à luz UV.

A incorporação de plastificantes na matriz de filmes de alginato costuma gerar diminuição na tensão de alongamento e no módulo elasticidade, além do aumento do alongamento na ruptura nos filmes à base desse polímero (SANTANA; KIECKBUSCH, 2013), ocasionando melhora nas propriedades mecânicas dos filmes produzidos com essa matriz.

### **3.3 Compostos fenólicos encontrados em plantas e seu potencial antioxidante**

Fenólico e polifenol referem-se às substâncias que possuem um anel aromático com pelo menos uma hidroxila substituinte e que apresentem propriedades antioxidantes (OLIVEIRA, 2014; SANTOS-BUELGA; GONZALEZ-MANZANO, DUEÑAS, GONZALEZ-PARAMAS, 2012; OLIVEIRA-SILVA, 2012). Compostos fenólicos são metabólitos secundários das plantas, que se encontram tanto nas partes comestíveis como nas não comestíveis. Estas substâncias são encontradas amplamente distribuídas no reino vegetal, existindo mais de oito mil estruturas conhecidas e são classificadas segundo o número de átomos de carbono, sua estrutura química ou por sua origem (BABBAR; OBEROI, UPPAL, PATIL, 2011; LEOPOLDINI, RUSSO e TOSCANO, 2011; SOTO *et al.*, 2011; DAI; MUMPER, 2010). Na Figura 4 são apresentadas as principais classes de compostos fenólicos. Na estrutura desses compostos pode incluir grupos funcionais, além de poderem manter associações entre si, ampliando sua complexidade e aumentando a diversidade de compostos incluídos nessa classificação (ARCHELA; DALL'ANTONIA, 2013).

**Figura 4.** Principais classes de compostos fenólicos (Adaptado de Martins *et al.*, 2010)



Para Bors, Michel e Stettmaier (2001), os compostos fenólicos podem ser considerados os metabólitos mais ativos com ação antioxidante presentes nas plantas. Esses compostos são sintetizados nos vegetais com o objetivo de protegê-los da ação da fotossíntese, como também das espécies reativas de oxigênio, fissuras, infecções e danos causados por animais (PRABHA; DAHMS; MALLIGNA, 2014). O teor de compostos fenólicos constitui indicador poderoso da capacidade antioxidante, sendo utilizado como referência preliminar da fonte de antioxidantes em alimentos (VIUDA-MARTOS *et al.*, 2011).

Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008) e Paz *et al.* (2015) classificam os vegetais quanto aos níveis de compostos fenólicos em, baixos quando são os inferiores a 500 mg EAG/100g, intermediários para valores entre 500 e 2.500 mg EAG/100g e altos teores quando estão acima de 2.500 mg EAG/100g. Entretanto, ação antioxidante está diretamente associada à estrutura química do composto.

A propriedade antioxidante desses compostos os torna constituintes importantes para a saúde humana uma vez que protege o organismo contra o estresse oxidativo (XU; CHANG, 2007). Desta forma, existe uma crescente demanda na busca de fontes naturais desses fitoquímicos para aplicação em alimentos, e dentre elas destacam-se partes do vegetal que não são aproveitadas durante o seu processamento que constituem os resíduos agroindustriais (cascas, sementes, e parte da polpa do vegetal).

A capacidade antioxidante desses compostos pode ser determinada por diversos métodos, dos quais se pode destacar o empregado para determinar a capacidade de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Esse método é considerado um dos métodos mais práticos, sensíveis e rápidos, sendo por isso, bastante utilizado (ARNAO, 2000). Esse método se baseia na habilidade do DPPH de ser quelado e de descolorar na presença de antioxidante, resultando na redução perceptível dos valores de absorbância (ENAYAT; BANERJEE, 2009). Extratos com forte capacidade de sequestro do radical DPPH possuem valores iguais ou superiores a 70% (MELO *et al.*, 2008; ANDRADE *et al.*, 2015).

A solução de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil apresenta-se originalmente em cor púrpura e absorve luz no comprimento de onda de 517 nm. A presença e o contato com espécies químicas antioxidantes promove redução do radical livre estável DPPH, alterando a cor púrpura da solução para tons mais amarelados (Figura 5), mensurando, assim, a ação antioxidante do composto em estudo. Os resultados podem ser expressos em porcentagem de inibição ou de sequestro do radical DPPH e, também, em  $EC_{50}$ , que indica à concentração do antioxidante capaz de reduzir em 50% a concentração inicial do DPPH do meio da reação (HUANG; OU, PRIOR, 2005).





do Sul (MATSUURA; ROLIM, 2002). Esse fruto é uma rica fonte de ácido ascórbico, antocianinas (MUSSER *et al.*, 2004) e carotenoides (LIMA *et al.*, 2005) e encontra-se amplamente difundido no Brasil (CARVALHO, 2000).

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) tem sua origem na América Tropical e seus frutos possuem importância em regiões tropicais e subtropicais devido ao seu valor nutritivo e presença de ácido ascórbico, à sua aceitação no mercado consumidor *in natura* e à sua vasta aplicação em processamento de alimentos (GONGATTI NETTO, *et al.*, 1996). O licopeno, presente em goiabas, é um carotenoide que atua protegendo as moléculas lipídicas, as lipoproteínas de baixa densidade, as proteínas e o DNA contra a ação dos radicais livres, sendo identificado como o carotenoide com maior capacidade de combater o oxigênio singlete (PORRINI *et al.*, 2005; AGARWAL; RAO, 2000).

As polpas e os subprodutos dessas três frutas são reconhecidos por possuírem média a alta concentração de compostos fenólicos, tais como ácido gálico, catequina, rutina, cumaril, glutathione, cisteína e outros (SANTOS *et al.*, 2017; STEINGASS; GLOCK, SCHWEIGGERT, CARLE, 2015), a depender do fruto ou dos subprodutos (SILVA *et al.*, 2014).

### **3.5 Resíduos agroindustriais de frutas**

Segundo Ceva-Antunes (2006), o agronegócio no Brasil é a atividade econômica mais importante do país e que, em algumas regiões nacionais, a exploração das frutas nativas é responsável por grande parcela dos empregos gerados. Sendo assim, o agronegócio frutífero brasileiro se destaca como atividade econômica nacional, mas, ainda assim, apresenta desafios e dificuldades. Um dos problemas que podem ser observados no processamento de frutas e hortaliças é a geração de quantidades significativas de resíduos, de subprodutos que são ricas fontes de nutrientes e, também, de compostos bioativos (AJILA; PRASADA; 2013; BABBAR; OBEROI, UPPAL, PATIL, 2011).

Nas últimas décadas, grandes volumes de resíduos foram gerados pela indústria de alimentos. Resíduo sólido industrial é definido como todo resíduo resultante de atividades industriais cujas particularidades tornem inviável o seu descarte na rede pública de esgoto ou em corpos d'água ou que exijam, para

isso, soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2002). Estima-se que, mundialmente, cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçadas por ano ao longo da cadeia alimentar, equivalente a um terço dos alimentos produzidos para o consumo humano, em que a grande maioria é frutas e hortaliças (GUSTAVSSON *et al.*, 2011). Das frutas destinadas ao consumo no mercado interno, 30% a 40% são desperdiçados por diversos motivos, tais como colheita de frutos imaturos, falha nas boas práticas na manipulação desses alimentos, falhas na logística, assim como falha ou inexistência da cadeia do frio, dificuldades pela precariedade da infraestrutura (SANTOS; VIEIRA, 2011).

Durante o processamento de frutas, inclusive na produção de sucos, quantidades significativas de cascas, sementes e bagaços são geradas, constituindo resíduos que são descartados. Esses resíduos representam, aproximadamente, 30-50% do peso total da fruta, e contêm quantidades consideráveis de nutrientes e compostos bioativos (ALEZANDRO *et al.*, 2013; NASCIMENTO-FILHO; FRANCO, 2015). Estes percentuais de perdas podem variar em função do tipo de processamento e da fruta. No processamento mínimo de frutas perdas consideráveis, variam entre 30% a 70% (MORETTI, 2006). No processamento de abacaxi, as perdas representam de 45% a 65% do peso da fruta (SILVA *et al.*, 2013). Em acerolas, cuja polpa representa de 70% a 80% do peso da fruta (ALMEIDA *et al.*, 2002), as perdas geram em torno de 20% a 30%. Em goiabas, a quantidade de resíduos varia entre 10% e 15% dessa fruta, sendo as sementes rejeitadas durante o processamento de polpas (SILVA *et al.*, 2013).

Segundo Cruz *et al.* (2013), parte desses resíduos é aproveitado, principalmente, para a produção de ração animal. Entretanto, por não ser totalmente aproveitado, os resíduos geram grande impacto ambiental ao serem descartados sem tratamento. Estudos vêm sendo desenvolvidos no intuito de maior aproveitamento desses resíduos, incluindo sua utilização como matéria prima para a extração de compostos bioativos de interesse alimentício e/ou farmacêutico (SANTANA-MÉRIDAS; GONZÁLEZ-COLOMA; SÁNCHEZ-VIOQUE, 2012).

### 3.5.1 Potencial de aproveitamento dos resíduos de abacaxi, acerola e goiaba

Os resíduos orgânicos provenientes do processamento de frutas constituem um grande desafio uma vez que contribuem para poluição ambiental se medidas adequadas não são adotadas no seu descarte (SILVA *et al.*, 2013). Os resíduos da agroindústria, ainda, contêm, em sua constituição, nutrientes e compostos bioativos, portanto se apresentam como uma boa fonte de matérias-primas de valor agregado, impondo a necessidade de seu aproveitamento, bem como, o desenvolvimento de tecnologias para sua utilização. Além disso, o aproveitamento desses resíduos em função dos compostos antioxidantes presentes, também, contribui no quesito sustentabilidade (REIS; RAI, ABU-GHANNAM, 2012).

Atendendo a demanda de mercado, a indústria tem elaborado produtos a partir de frutas, a exemplo da polpa congelada de frutas. O resíduo sólido gerado a partir do processamento, constituído por cascas, sementes e bagaços, geralmente são descartados, apesar de deter quantidades expressivas de fitoquímicos bioativos, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos que possuem propriedade antioxidante (BABBAR; OBEROI, UPPAL, PATIL, 2011). A ação antioxidante de extratos obtidos a partir de vegetais é, portanto, proveniente, em sua maioria, da presença de compostos fenólicos, suas interações sinérgicas, antagonistas e efeitos aditivos. Estes extratos apesar de serem eficientes contra a oxidação, protegendo os produtos alimentares, podem ter intensidade da ação antioxidante inferior aos sintéticos, entretanto, podem contribuir para outros aspectos de qualidade e integridade do produto, além de adicionar componentes nutricionais (LI *et al.*, 2014; PASTOR *et al.*, 2011; NORAJIT, KIM, RYU, 2010; GUILBERT, GONTARD, GORRIS, 1996;).

Nesse contexto, aproveitar os resíduos gerados pela indústria de polpa de frutas e utilizar esses produtos de forma tecnológica é uma boa alternativa tanto para o aproveitamento dos nutrientes e fitoquímicos presentes nessas matérias-primas, como também na redução do impacto ambiental causado por esses resíduos (SOUSA; LIMA, 2011). Vale destacar que os resíduos da agroindústria por apresentarem elevada composição orgânica, presença de nutrientes e de compostos contendo nitrogênio e fósforo, causam desequilíbrio nos ecossistemas, especialmente, quando em excesso no meio ambiente. Logo, é importante buscar

alternativas para o seu aproveitamento, a fim de reduzir a quantidade de resíduos a ser descartada no meio ambiente (SENA; SOUSA, SOUSA, ALMEIDA, 2015; INFANTE *et al.*, 2013; MARTIN, 2011).

Assim, considerando a quantidade significativa de compostos bioativos nestes resíduos, muitos dos quais com propriedade antioxidante, a sua utilização como matéria prima para obtenção destes fitoquímicos para aplicação em embalagens ativas torna-se interessante. Embalagens com propriedades antioxidantes e antimicrobianas vem despertando o interesse de pesquisadores uma vez que a oxidação dos alimentos e a contaminação microbiana são os principais entraves que impactam a qualidade e a segurança dos produtos alimentícios. Dentro deste contexto, evidencia-se que vários estudos vem sendo realizados com vistas a obter alternativas às versões sintéticas de agentes antioxidantes e antimicrobianos (SIRIPATRAWAN, 2016; EVRENDILEK, 2015; LORES *et al.*, 2015; MADUREIRA; PEREIRA, PINTADO 2015; SALVIA-TRUJILLO, ROJAS-GRAÜ, SOLIVA-FORTUNY, MARTÍN-BELLOSO, 2015).

Nas últimas décadas vários estudos demonstram a eficiência da incorporação de antioxidantes naturais, extraídos de vegetais, em filmes e em revestimentos, a exemplo de óleos essenciais (PERDONES *et al.*, 2014; BONILLA *et al.*, 2013; RUIZ-NAVAJAS *et al.*, 2013), extratos de plantas (MACHADO, 2015; LI *et al.*, 2014; ZENG *et al.*, 2013; AKHTAR *et al.*, 2012; GÓMEZ-ESTACA *et al.*, 2009),  $\alpha$ -tocopherol (BLANCO-FERNANDEZ, RIAL-HERMIDA, ALVAREZ-LORENZO, CONCHEIRO, 2013; JIMÉNEZ; FABRA, TALENS, CHIRALT, 2013), ácido ascórbico (DE'NOBILI *et al.*, 2013; PÉREZ *et al.*, 2012; BASTOS, ARAÚJO, LEÃO, 2009), ácido cítrico (ROBLES-SÁNCHEZ *et al.*, 2013; ATARÉS *et al.*, 2011), extratos de chás (LI *et al.*, 2014; DAS; DUTTA, MAHANTA, 2013), extratos de frutas e hortaliças (AKHTAR *et al.*, 2012; SUPAPVANICH; PRATHAAN, TEPSORN, 2012) e extratos de componentes como ginseng e própolis (PASTOR *et al.*, 2011; NORAJIT, KIM, RYU, 2010).

A transformação de resíduos agroindustriais de frutas em farinha é, uma opção viável para o aproveitamento integral desses materiais, preservando o ambiente e viabilizando o aproveitamento desses subprodutos que possuem alto potencial biológico e aplicabilidade tecnológica (BATISTA-SOBRINHO, 2014). As farinhas, geradas a partir de rizomas, tubérculos, cereais, sementes,

leguminosas ou frutos, são definidas pela RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005, como produtos obtidos por meio de moagem e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos e, podem ser produzidas a partir de uma ou mais espécies de vegetais (BRASIL, 2005). Assim, a moagem de resíduos agroindustriais provenientes do processamento de frutas dará origem a farinhas contendo minerais, fibra alimentar e compostos bioativos em sua composição, que podem ser aproveitadas no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, bem como, na produção de embalagens, aumentando o valor agregado (ABUD; NARAIN, 2009).

Farinhas de resíduos de abacaxi, acerola e goiaba foram utilizadas por Silva (2015) para a elaboração de um *mix*, em proporção ternária. Este *mix* apresentou teor de compostos fenólicos e propriedade antioxidante relevantes, sendo, portanto, considerada promissora para utilização e desenvolvimento de novos produtos. Além do que a obtenção de farinhas a partir de resíduos é uma alternativa simples e viável para o aproveitamento de resíduos da cadeia agroindustrial frutícola (BARROS, 2017). Desta forma, a aplicação de resíduos agroindustriais em filmes biodegradáveis vem sendo estudada nos últimos anos, quer seja na utilização de resíduos como matrizes (ANDRADE; FERREIRA, GONÇALVES, 2016) ou como aditivos, seja na forma de extrato (MACHADO, 2015) ou de farinhas ou pós (LUCHESE, SPEROTTO, SPADA, TESSARO, 2017), com vistas a complementar e/ou melhorar as propriedades dessas embalagens. Há, também, estudos sobre a incorporação de compostos ativos, com ação antioxidante, em sistemas de embalagens na forma de sachês, almofadas ou etiquetas e, ainda, podem ser incorporados na própria superfície da embalagem (GÓMEZ-ESTACA *et al.*, 2014).

Estas constatações motivaram o desenvolvimento deste trabalho com o intuito de averiguar a viabilidade do uso do *mix* de farinhas do resíduo agroindustrial (abacaxi, acerola e goiaba) e de seu extrato hidroetanólico em filmes de alginato, na perspectiva de utilizá-los como embalagens ativas.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLLAHI, M ; ALBOOFETILEH, M ; REZAEI, M ; BEHROOZ, R. Comparing chrome-mechanical and thermal properties of alginate nanocomposite films reinforced with organic and/or inorganic nanofillers. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n.2, p.416-424, 2013.

ABDOLLAHI, M.; ALBOOFETILEH, M.; BEHROOZ, R.; REZAEI, M.; MIRAKI, R. Reducing water sensitivity of alginate bio-nanocomposite film using cellulose nanoparticles. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 54, p. 166-173, 2013.

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2009.

ABUGOCH, L.; TAPIA, C.; PLASENCIA, D.; PASTOR, A.; CASTROMANDUJANO, O.; LÓPEZ, L.; ESCALONA, V. H. Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible film. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 96, p. 619-626, 2016.

ACEVEDO, C.; LÓPEZ, D.; TAPIA, M.; ENRIONE, J.; SKURTYS, O.; PEDRESCHI, F.; BROWN, D.; CREIXELL, W.; OSORIO, F. Using RGB Image Processing for Designing an Alginate Edible Film. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 5, p.1511-1521, 2012.

AGARWAL, S.; RAO, A. V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. **Canadian Medical Association Journal**, v. 163, p. 739–744, 2000.

AHMADI, R.; KALBASI-ASHTARI, A.; OROMIEHIE, A.; YARMAND, M. S.; JAHANDIDEH, F. Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago chro Forsk*). **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 745–751, 2012.

AJILA, C. M.; PRASADA, R. Mango peel dietary fibre: composition and associated bound phenolics. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 1, p. 444–450. 2013.

AKHTAR, M. J.; JACQUOT, M.; JASNIEWSKI, J.; JACQUOT, C.; IMRAN, M.; AMSHIDIAN, M.; PARIS, C.; DESOBRY, S. Antioxidant Capacity and Light-Aging Study of HPMC Films Functionalized with Natural Plant Extract. **Carbohydrate Polymers**, v. 89, n. 4, p. 1150-1158, 2012.

ALBERT, A.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. A film of alginate plus salt as an edible susceptor in microwaveable food. **Food hydrocolloids** v. 27, n. 2, p.421-426, 2012.

ALBERT, S.; MITTAL, G. S. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. **Food Research International**, v. 35, p. 445-458, 2002.

ALBOOFETILEH, M.; REZAEI, M.; HOSSEINI, H.; ABDOLLAHI, M. Antimicrobial activity of alginate/clay nanocomposite films enriched with essential oils against three common foodborne pathogens. **Food Control**, v.36, n. 1, p.1-7, 2014.

ALBOOFETILEH, M.; REZAEI, M.; HOSSEINI, H.; ABDOLLAHI, M. Effect of Nanoclay and Cross-Linking Degree on the Properties of Alginate-Based Nanocomposite Film. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.38, n. 4, p.1622-1631, 2014.

ALBOOFETILEH, M.; REZAEI, M.; HOSSEINI, H.; ABDOLLAHI, M. Efficacy of activated alginate-based nanocomposite films to control *Listeria monocytogenes* and spoilage flora in rainbow trout slice. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 521-530, 2016.

ALEZANDRO, M.R.; DUBÉ, P.; DESJARDINS, Y.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Comparative study of chemical and phenolic compositions of two species of jaboricaba: *Myrciaria jaboricaba* (Vell.) Berg and *Myrciaria cauliflora* (Mart.). **Food Research International**, v. 54, p. 468-473, 2013.

ALMEIDA, A. S. **Obtenção e caracterização de nanocompósitos de poli(l-lactídeo) e nanopartículas de argila sódica, argilas organofílicas e óxidos de sílica**, 2010, 112 p. Dissertação (mestrado) – Universidade do Rio de Janeiro, Mestrado em ciência e tecnologia de polímeros, Rio de Janeiro, 2010.

ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002. 40p.

ALVES, V. D.; MALI, S.; BELÉIA, A.; GROSSMANN, M. V. E. Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch film properties. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 941-946, 2007

ANDRADE, R. A. M. S., MACIEL, M. I. S., SANTOS, A. M. P.; MELO, E. A. Optimization of the extraction process of polyphenols from cashew apple agro-industrial residues. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 35, n. 2, p. 354-360, 2015.

ANDRADE, R. M. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Development and Characterization of Edible Films Based on Fruit and Vegetable Residues. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 2, p. 412-418, 2016.

ARCHELA, E.; DALL'ANTONIA, L. Determinação de compostos fenólicos em vinho: uma revisão. **Ciências exatas e tecnológicas**, v. 34, p. 193-210, 2013.

ASHIKIN, W. H. N. S.; WONG, T. W.; LAW, C. L. Plasticity of hot air-dried mannuronate- and guluronate-rich alginate films. **Carbohydrate Polymers**, v.81, n. 1, p. 104–113, 2010.

ASSIS, S. A. D.; VELLOSO, J. C. R.; BRUNETTI, I. L.; KHALIL, N. M.; LEITE, K. M. S. C. Antioxidant activity, ascorbic acid and total phenol of exotic fruits occurring in Brazil. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 5, p. 439-448, 2009.

ATARÉS, L.; PEREZ-MASIA, R.; CHIRALT, A. The Role of Some Antioxidants in the HPMC Film Properties and Lipid Protection in Coated Toasted Almonds. **Journal of Food Engineering**, v. 104, n. 4, p. 649-656, 2011.

AZARAKHSHA, N.; OSMANA, A., GHAZALIA, H.M.; TANB, C.P.; MOHD ADZAHANB, N.M. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 88, p. 1–7, 2014.

AZEREDO, H. M. C.; MAGALHÃES, U. S.; OLIVEIRA, S. A.; RIBEIRO, H. L.; BRITO, E. S.; DE MOURA, M. R. Tensile and water vapour properties of calcium-crosslinked alginate-cashew tree gum films. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 4, p.710-715, 2012.

AZEREDO, H. M. C.; MIRANDA, K. W. E.; ROSA, M. F.; NASCIMENTO, D. M.; MORA, M. R. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. **LWT – Food Science and Technology**, v. 46, p. 294–297, 2012.

BABBAR, N., OBEROI, H. S., UPPAL, D. S., PATIL, R. T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, n. 1, p. 391-396, 2011.

BABU, R. P.; O'CONNOR, K.; SEERAM, R. Current progress on bio-based polymers and their future trends. **Progress in Biomaterials**, v. 2, p. 1-16, 2013.

BÁEZ, G. D.; PICCIRILLI, G. N.; BALLERINI, G. A.; FRATTINI, A.; BUSTI, P. A.; VERDINI, R. A.; DELORENZI, N. J. Physicochemical Characterization of a Heat Treated Calcium Alginate Dry Film Prepared with Chicken Stock. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 4, p.945-951, 2017.

BARRETO, G. P. M.; BENASSI, M. T.; MERCADANTE, A. Z. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. **Journal of Brazilian Chemical Society**, v. 20, p. 1856–1861, 2009.

BARRETO, P. L. M; PIRES, A. T. N.; SOLDI, V. Thermal degradation of edible films based on milk proteins and gelatin in inert atmosphere. **Polymer Degradation and Stability**, v.79, p.147-152, 2003.



BARROS, T. T. Aproveitamento de rejeitos da cadeira hortofrutícola no processamento de plásticos biodegradáveis. **Revista Gestão Industrial**, v. 13, n. 2, p. 215-229, 2017.

BASTOS, D. D. S.; ARAÚJO, K. G. D. L.; LEÃO, M. H. M. D. R. Ascorbic Acid Retaining Using a New Calcium Alginate-Capsul Based Edible Film. **Journal of Microencapsulation**, v. 26, n. 2, p. 97-103, 2009.

BATISTA-SOBRINHO, I. S. **Propriedades nutricionais e funcionais dos resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtora de polpas**: UESB, 2014. 166p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais).

BENAVIDES, S.; VILLALOBOS-CARVAJAL, R.; REYES, J. E. Physical, mechanical and antibacterial properties of alginate film: Effect of the crosslinking degree and oregano essential oil concentration. **Journal of Food Engineering**, v.110, n. 2, p.232-240, 2012.

BENÍTEZ, S; SORO, L.; ACHAERANDIO, I.; SEPULCRE, F.; PUJOLA, M. Combined Effect of a Low Permeable Film and Edible Coatings or Calcium Dips on the Quality of Fresh-Cut Pineapple. **Journal of Food Process Engineering**, v. 37, n. 2, p. 91-99, 2014.

BERTAN, L. C. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos à base de polímeros de fontes renováveis e sua aplicação no acondicionamento de pães de forma**. 2008, 188 p. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2008.

BHAT, S. D.; AMINABHAVI, T. M. Pervaporation separation using sodium alginate and its modified membranes – A review. **Separation and Purification Reviews**, v. 36. P. 203-229, 2007.

BIAŁECKA-FLORJANCZYK, E.; FLORJANCZYK, Z. Chapter Solubility of Plasticizers, Polymers and Environmental Pollution. **Thermodynamics, Solubility and Environmental Issues**. P. 397-407, 2007.

BICAS, J. L.; MOLINA, G.; DIONÍSIO, A. P.; CAVALCANTE-BARROS, F. F.; WAGNER, R.; MARÓSTICA, M. R. Jr. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil, **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1843-185, 2011.

BIERHALZ, A. C. K.; DA SILVA, M. A.; KIECKBUSCH, T. G. Natamycin release from alginate/pectin films for food packaging applications. **Journal of Food Engineering**, v.110, n. 1, p.18-28, 2012.

BLANCO-FERNANDEZ, B.; RIAL-HERMIDA, M. I.; ALVAREZ-LORENZO, C.; CONCHEIRO, A. Edible Chitosan/Acetylated Monoglyceride Films for Prolonged Release of Vitamin e and Antioxidant Activity. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 129, n. 2, p. 626-635, 2013.

BLANCO-PASCUAL, N.; MONTERO, M. P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Antioxidant film development from unrefined extracts of brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Ascophyllum nodosum*. **Food Hydrocolloids**, v. 32, p. 100-110, 2014.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química de processamento de alimentos**. 3. Ed. São Paulo: Varela, cap. 10, p.135-14: Material de embalagem. 2001.

BONILLA, J.; ATARÉS, L.; VARGAS, M.; CHIRALT, A. Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. **Journal of Food Engineering**, v. 110, p. 208–213, 2012.

BONILLA, J.; TALÓN, E.; ATARÉS, L.; VARGAS, M.; CHIRALT, A. Effect of the Incorporation of Antioxidants on Physicochemical and Antioxidant Properties of Wheat Starch-Chitosan Films. **Journal of Food Engineering**, v. 118, n. 3, p. 271-278, 2013.

BORA, A.; MISHRA, P. Characterization of casein and casein-silver conjugated nanoparticle containing multifunctional (pectin–sodium alginate/casein) bilayer film. **Journal of Food Science and Technology**, v.53, n. 10, p. 3704-3714, 2016.

BORS, W.; MICHEL, C.; STETTMAIER, K. Structure-activity relationships governing antioxidant capacities of plant polyphenols. **Methods in Enzymology**, v. 335, p. 166-180, 2001.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 313, DE 29 DE OUTUBRO DE 2002**. BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO nº 313**, de 29 de outubro de 2002. Publicada no DOU. N. 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 85-91. 2002.

BRASIL. RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. 2005.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, p. 127-139, 2011.

CAETANO, A. C. S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; ARAÚJO, C. R. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brazilian Journal of Food and Technology**, v. 12, p. 155-160, 2009.

CAO, N.; YANG, X.; FU, Y. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 729-735, 2009.

CARDOSO, G. P. **Revestimentos comestíveis à base de gelatina, glicerina, quitosana e óleos essenciais para a conservação de carne bovina refrigerada**. 2011, 221 p. Dissertação (mestrado) – Pós-graduação em ciência dos alimentos, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

CARON, V. C.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Conservação de cenouras 'Brasília' tratadas com cera. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 597-600, 2003.

CARRINGTON, C. M. S.; KING, R. A. G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* D.C. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n.1, p.1-7, 2002.

CARSON, H. S.; LAMSON, M. R.; NAKASHIMA, D.; TOLOUMU, D.; HAFNER, J.; MAXIMENKO, N.; MCDERMIC, K. J. Tracking the sources and sinks of local marine debris in Hawai'i. **Marine Environmental Research**, v. 84. P. 76-83, 2013.

CARVALHO, R.A. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açú, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21 p. (Documento, 49).

CEVA-ANTUNES, P. M. N.; BIZZO, H. R.; SILVA, A. S.; ANTUNES, O. A. C. Analysis of volatile composition of siriguela (*Spondias purpurea* L.) by solid phase microextraction (SPME). **LWT- Food Science and Technology**, v. 39, n. 4, p. 437-443, 2006

CONTINI, C.; KATSIKOIANNI, M. G.; O'NEILL, F. T.; O'SULLIVAN, M.; DOWNLING, D. P.; MOAHAN, F. J. Development of active packaging containing natural antioxidants. **Procedia Food Science**, v.1, p. 224-228, 2011.

CHANDRASEKAR, V.; COUPLAND, J. N.; ANANTHESWARAN, R. C. Release Kinetics of Nisin from Chitosan–Alginate Complex Films. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 10, p. 2503-2510, 2016.

CHANG, Y. P.; KARIMA, A. A.; SEOW, C. C. Interactive plasticizing-antiplasticizing effects of water and glycerol on the tensile properties of tapioca starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 20, p. 1-8, 2006.

CHEN, C.; PENG, X.; ZENG, R.; CHEN, M.; WAN, C. CHEN, J. Ficus hirta fruits extract incorporated into an alginate-based edible coating for Nanfeng mandarin preservation. **Scientia Horticulturae**, v. 202, p. 41-48, 2016.

CHENG, Z.; REN, J.; YAN, G.; LI, Y.; CHANG, W.; CHEN, Z. Quantitative elucidation of the molecular mechanisms of hydroxyl radical quenching reactivity of phenolic compounds. **Bioorganic Chemistry**, v. 31, p.149-162, 2003.

CHIABRANDO, V.; GIACALONE, G. Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity after fresh storage of blueberry treated with edible coatings. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 66, n.3, p. 248-254, 2015.

CHIPAULT, J. R.; MIZUN, G. H.; HAWKINS, J. M.; LUNDBERG, W. O. The antioxidant properties of natural spices. **Food Research**, v. 17, p. 46-55, 1952.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, v.38, p.20-27, 2014.

CHOI, J. S.; PARK, W. H. Effect of biodegradable plasticizers on thermal and mechanical properties of poly (3-hydroxybutyrate). **Polymer Testing**, v. 23, n. 4, p. 455–460, 2004.

CIAN, R.E.; SALGADO, P.R.; DRAGO, S.R.; GONZALEZ, R.J.; MAURI, A.N. Development of naturally activated edible films with antioxidant properties prepared from red seaweed *Porphyra columbina* biopolymers. **Food Chemistry**, v.146, p 6-14, 2014.

CONCHA-MEYER, A.; SCHÖBITZ, R.; BRITO, C.; FUENTES, R. Lactic acid bacteria in an alginate film inhibit *Listeria monocytogenes* growth on smoked salmon. **Food Control**, v. 22, n. 3, p.485-489, 2011.

CORTEZ-VEGA, W. R.; PIZATO, S.; SOUZA, J. T. A.; PRENTICE, C. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut 'Formosa' papaya. **Innovative Food Science and Emerging Technology**, v. 22, p. 197–202, 2014.

COSTA, C.; CONTE, A.; BUONOCORE, G. G.; LAVORGNA, M.; DEL NOBILE, M. A. Calcium-alginate coating loaded with silver-montmorillonite nanoparticles to prolong the shelf-life of fresh-cut carrots. **Food Research International**, v.48, n. 1, p.164-169, 2012.

CRIZEL, T. M.; RIOS, A. O.; ALVES, V. D.; BANDARRA, N. C.; MOLDÃO-MARTINS, M. B.; FLÔRES, S. H. Active food packaging prepared with chitosan and olive pomace. **Food Hydrocolloids**, v. 74, p. 139-150, 2018.

CRUZ, S. S.; MORAIS, A. B. F.; RIBEIRO, S. B.; FEITOSA, C. T. L. Resíduo de frutas na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 6, p. 2009-2931, 2013.

D'AYALA, G.G.; MALINCONICO, M.; LAURIENZO, P. Marine derived polysaccharides for biomedical applications: Chemical modification approaches. **Molecules**, V. 13, P. 2069-2106. 2008.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010.

DANGARAN, K.; TOMASULA, P. M.; QI, P. Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings. **Edible films and coatings for food application**. Eds. M.E. Embuscado, H.C. Huber, Springer, New York, p. 25-56, 2009.

DANTAS, E. A; COSTA, S. S.; CRUZ, L. S.; BRAMONT, W. B.; COSTA, A. S.; PADILHA, F. F.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, B. A. S. Caracterização e avaliação

das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais. **Ciência Rural**, v. 45, p. 142-148, 2015.

DAS, D. K.; DUTTA, H.; MAHANTA, C. L. Development of a Rice Starch-Based Coating with Antioxidant and Microbe-Barrier Properties and Study of its Effect on Tomatoes Stored at Room Temperature. **LWT – Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 272-278, 2013.

DE KRUIJF, N.; VAN BEEST, M.; RIJK, R.; SIPILAINER-MALM, T.; PASEIRO-LOSADA, P.; DE MEULENAER, B. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. **Food Additives and Contaminants**, v. 19, p.144,162, 2002.

DE'NOBILI, M. D.; PÉREZ, C. D.; NAVARRO, D. A.; STORTZ, C. A.; ROJAS, M. A. Hydrolytic Stability of L-(+)-Ascorbic Acid in Low Methoxyl Pectin Films with Potential Antioxidant Activity at Food Interfaces. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 1, p. 186-197, 2013.

DE'NOBILI, M. D.; ROJAS, A. M.; ABRAMI, M.; LAPASIN, R.; GRASSI, M. Structure characterization by means of rheological and NMR experiments as a first necessary approach to study the L-(+)-ascorbic acid diffusion from pectin and pectin/alginate films to agar hydrogels that mimic food materials. **Journal of Food Engineering**, v.165, p.82-92, 2015.

DENG, J., CHENG, W., YANG, G. A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. **Food Chemistry**, v. 125, p. 1430-1435, 2011.

DENG, Q.; ZHAO, Y. Physicochemical, nutritional, and antimicrobial properties of wine grape (cv. Merlot) pomace extract-based films. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 3, p. 309-317, 2011.

DIAS, M. V. **Filmes a base de quitosana incorporados com  $\alpha$ -tocoferol e montmorilonita para aplicação em embalagem funcional e antioxidante.** 2013, 175 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Pós-graduação em ciência dos alimentos, Lavras, 2013.

DIAZ-MULA, H.M., SERRANO, M., VALERO, D. Alginate Coatings Preserve Fruit Quality and Bioactive Compounds during Storage of Sweet Cherry Fruit. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 8, p. 2990-2997, 2012.

DICK, M.; COSTA, T. M. H. C.; GOMAA, A.; SUBIRADE, M.; RIOS, A. O.; FLÔRES, S. H. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 130, p. 198-205, 2015.

DONHOWE, I. G.; FENNEMA, O. N. The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 17, n. 4, p. 247–257, 1993.

DRAGET, K. I.; TAYLOR, C. Chemical, physical and biological properties of alginates and their biomedical implications. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 251–256, 2011.

DU, W. X.; AVENA-BUSTILLOS, R.; HUA, S. S.; MCHUGH, T. Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety. **Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances**, v. 2, p. 1124-1134, 2011.

ENAYAT, S.; BANERJEE, S. Comparative antioxidant activity of extracts from leaves, bark and catkins of *Salix aegyptiaca* sp. **Food Chemistry**, v. 116, p. 23–28, 2009.

ERTESVÁG, H.; VALLA, S. Biosynthesis and applications of alginates. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, p.85-91, 1998.

ESPITIA, P. J. P.; DU, W.; AVENA-BUSTILLOS, R.; SOARES, J. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties – A review. **Food Hydrocolloids**, v.35, p. 287-296, 2014.

EVRENDILEK, G. Empirical prediction and validation of antibacterial inhibitory effects of various plant essential oils on common pathogenic bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 202, p. 35-41, 2015.

FAGUNDES, C.; PALOU, L.; MONTEIRO, A. R.; PÉREZ-GAGO, M. B. Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v.193, p. 249-258, 2015.

FALGUERA, V.; CÉRON, J.P.Q.; JIMENEZ, A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science and Technology**, v.22, p. 292-303, 2011.

FAN, Y.; XU, Y.; WANG, D.; ZHANG, L.; SUN, J.; SUN, L.; ZHANG, B. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria × ananassa*) preservation quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, p. 84-91, 2009.

FAO, 2010. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FERREIRA, M. S. L.; FAI, A. E. C. ; ANDRADE, C. T. ; PICCIANI, P. H. ; AZERO, E. G.; GONÇALVES, E. C. B. A. Edible films and coatings based on biodegradable residues applied to acerolas (*Malpighia puniceifolia* L.), **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p.1634-1642, 2016.

GAO, C.; POLLET, E.; AVÉROUS, L. Innovative plasticized alginate obtained by thermo-mechanical mixing: Effect of different biobased polyols systems. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 669-676, 2017.

GALLO, J.; AMARO, M. R.; CABRERA, D. M. B.; ÁLVAREZ, M. A.; DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A. Application of edible coatings to improve shelf-life of Mexican guava. **Acta Horticulturae**, v. 599, p. 589-594, 2003.

GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. **Journal of Food Engineering**, v.115, n. 4, p.459-467, 2013.

GANIARI, S.; CHOULITOU, E.; OREOPOULOU, V. Edible and active films and coatings as carriers of natural antioxidants for lipid food. **Trends in Food Science and Technology**, v. 68, p. 70-82, 2017.

GARDNER, P. T.; WHITE, T.; MCPHAIL, D.; DUTHIE, G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruits juices. **Food Chemistry**, v. 68, p. 471-474, 2000.

GHASEMLOU, M.; KHODAIYAN, F.; OROMIEHIE, A.; YARMAND, M. S. Development and characterization of new biodegradable edible film made from kefir, an exopolysaccharide obtained from kefir grains. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1496–1502, 2011.

GNIEWOSK, M.; KRASNIEWSKA, K.; WORETA, M.; KOSAKOWSKA, O. Antimicrobial Activity of a Pullulan-Caraway Essential oil coating on reduction of food microorganisms and quality of fresh baby carrot. **Journal of Food Science**, v. 78, p. 1242-1248, 2013.

GOH, K. K. T.; DOLE, P.; JOLY, C.; ROGÉ, B.; MATHLOUTHI, M. Analysis of water binding in starch plasticized films. **Food Chemistry**, v. 96, p. 380-386, 2006.

GÓMEZ-ESTACA, J.; BRAVO, L.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; ALEMÁN, A.; MONTERO, P. Antioxidant Properties of Tuna-Skin and Bovine-Hide Gelatin Films Induced by the Addition of Oregano and Rosemary Extracts. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 18-25, 2009.

GÓMEZ-ESTACA, J.; MONTERO, P.; GOMEZ-GUILLEN, M. Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) muscle proteins as source to develop edible films. **Food Hydrocolloids**, v. 41, p. 86–94, 2014.

GONG, Y.; HAN, G.T.; ZHANG, Y.M.; ZHANG, J. F.; JIANG, W.; PAN, Y. Research on the degradation performance of the lotus nanofibers-alginate porous materials. **Polymers Degradation and Stability**, v. 118, p. 104-110, 2015.

GONGATTI NETTO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E. E. C.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; CHITARRA, M. I. F.; BORDIN, M. **Goiabada para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília, DF: EMBRAPA – SPI, 1996. 35p.

GROPPO, V. D.; SPOTO, M. H. F.; GALLO, C. R.; SARMENTO, S. B. S. Effect of calcium chloride and film of sodium alginate in the conservation of minimally

processed 'Pera' orange. **Ciência E Tecnologia De Alimentos**, v.29, n. 1, p.107-113, 2009.

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, L. G. M. Prolongation of the shelf life of perishable food products using biodegradable films and coatings. **LWT – Food Science and Technology**, v. 29, n. 1-2, p. 10-17, 1996.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; VAN OTTERDIJK, R. Global food losses and food waste: Extent, causes, and prevention. Save Food! Rome, Italy. Dusseldorf, Germany: **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, p. 16–17, 2011.

GUTIÉRREZ, T.J.; TAPIA, M.S.; PÉREZ, E.; FAMÁ, L. Structural and Mechanical properties of edible films made from native and modified *cush-cush* yam and cassava starch. **Food Hydrocolloids**, v. 45, p. 211- 217, 2015

HAMBLETON, A.; FABRA, M. J.; DEBEAUFORT, F.; DURY-BRUN, C.; VOILLEY, A. Interface and aroma barrier properties of iota-carrageenan emulsion-based films used for encapsulation of active food compounds. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 80–88, 2009.

HAMBLETON, A.; PERNIÑAN-SAIZ, N.; FABRA, M. J.; VOILLEY, A.; DEBEAUFORT, F. The Schroeder paradox or how the state of water affects the moisture transfer through edible films. **Food Chemistry**, v.132, p. 1671–1678, 2012.

HAMBLETON, A.; VOILLEY, A.; DEBEAUFORT, F. Transport parameters for aroma compounds through i-carrageenan and sodium alginate-based edible films. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 5, p.1128-1133, 2011.

HAMMANN, F.; SCHIMID, M. Determination and quantification of molecular interactions in protein films: A review. **Materials**, v. 7, p. 7975-7996, 2014.

HAMZAH, H. M.; OSMAN, A.; TAN, C. P.; MOHAMAD GHAZALI, F. Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 142–146, 2013.

HAN, J.H. Antimicrobial food packaging. **Novel food packaging techniques**. Ed. R. Ahvenainen, Woodhead publishing, Cambridge, UK, p. 50-70, 2003.

HARPER, B. A.; BARBUT, S.; LIM, L. T.; MARCONE, M. Characterization of wet alginate and composite films containing gelatin, whey or soy protein. **Food Research International**, v. 52, n. 2, p.452-459, 2013.

HARPER, B. A.; BARBUT, S.; LIM, L. T.; MARCONE, M. F. Effect of Various Gelling Cations on the Physical Properties of 'Wet' Alginate Films. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 4, p. 562-567, 2014.

HELMUT KAISER CONSULTANCY (HKC). 2016. **Bioplastics Market Worldwide 2014-2015-2020-2025 and historical datas 2011-12-13**. 2016.



HOSSAIN, M. A.; RAHMAN, S. M. M. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. **Food Research International**, v. 44, p. 672–676, 2011.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The Chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

HUQ, T.; SALMIERI, S.; KHAN, A.; KHAN, R. A.; TIEN, C.; RIELD, B.; FRASCHINI, C.; BOUCHARD, J.; URIBE-CALDERON, J.; KAMAL, M. R.; LACROIX, M. Nanocrystalline cellulose (NCC) reinforced alginate based biodegradable nanocomposite film. **Carbohydrate Polymers**, v. 90, n. 4, p. 1757-1763, 2012.

INFANTE, J; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e nutrição**, v. 24, n. 1, p. 87-91, 2013.

IUPAC. União Internacional da Química Pura e Aplicada. **Harmonized guidelines for single laboratory validation of methods of Analysis**. Disponível em: <http://www.iupac.org/publications/pac/2002/pdf/7405x0835.pdf>, 2002.

JAMSHIDIAN, M; TEHRANY, E. A.; IMRAN, M.; JACQUOT, M.; DESOBRY, S. Poly-lactic acid: production, application, nanocomposites and release studies. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, p. 552-571, 2010.

JARDINI, F. A.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes de romã (*Punica granatum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 137-147, 2007.

JAYASEKARA, R.; HARDING, I.; BOWATER, I.; LONERGAN, G. 2005. Biodegradability of a selected range of polymers and polymer blends and standard methods for assessment of biodegradation. **Journal of Polymers and Environment**, v. 13, n. 3, p. 231–251, 2005.

JIANG, T. Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, n. 1, p. 91-97, 2013.

JIMÉNEZ, A.; FABRA, M. J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, p. 2058-2076, 2012.

JIMÉNEZ, A.; FABRA, M. J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Physical Properties and Antioxidant Capacity of Starch-Sodium Caseinate Films Containing Lipids. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n. 3, p. 695-702, 2013.

JO, W. S.; SONG, H. Y.; SONG, N. B.; LEE, J. H.; MIN, S. C.; SONG, K. B. Quality and microbial safety of “Fuji” apples coated with carnauba-shellac wax

containing lemongrass oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, p. 490-497, 2014.

JOST, V.; KOBSIK, K.; SCHIMID, M.; NOLLER, K. Influence of plasticizer on the barrier, mechanical and grease resistance properties of alginate cast films. **Carbohydrate Polymers**, v. 110, p. 309-319, 2014.

KANG, H.; KIM, S.; YOU, Y.; LACROIX, M.; HAN, J. Inhibitory effect of soy protein coating formulations on walnut (*Juglans regia L.*) kernels against lipid oxidation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 51, p. 393-396, 2013.

KAZEMI, S. M.; REZAEI, M. Antimicrobial Effectiveness of Gelatin-Alginate Film Containing Oregano Essential Oil for Fish Preservation. **Journal of Food Safety**, v. 35, n. 4, p.482-491, 2015.

KHALIL, A. H. P. S.; TYE, Y. Y.; SAURABH, C. K.; LEH, C. P.; LAIM T. K.; CHONG, E. W. N.; FAZITA, M. R. N.; HAFIIDZ, J. M.; BANERJEE, A.; SYAKIR, M. I. Biodegradable polymer films from seaweed polysaccharides: A review on cellulose as a reinforcement material. **Express Polymer Letters**, v. 11, n.4, p. 244–265, 2017.

KHAZAEI, N.; ESMAILI, M.; DJOMEH, Z. E.; GHASEMLOU, M.; JOUKI, M. Characterization of new biodegradable edible film made from basil seed (*Ocimum basilicum L.*) gum. **Carbohydrate Polymers**, v. 102, p. 199–206, 2014.

KOUSHKI, M.; AZIZI, M. H.; KOOHY-KAMALY, P.; AMIRI, Z.; AZIZKHANI, M. Effect of calcium alginate coating on shelf life of frozen lamb muscle. **Journal of Paramedical Sciences**, v.6, n. 1, p.30-36, 2015.

KULIG, D.; ZIMPOCH-KORZYCKA, A.; KRÓL, Ż.; OZIEMBŁOWSKI, M.; JARMOLUK, A. Effect of Film-Forming Alginate/Chitosan Polyelectrolyte Complex on the Storage Quality of Pork. **Molecules**, v. 22, n.1, p. 98-114, 2017.

KUORWEL, K.; CRAN, M. J.; SONNEVELD, K.; MILTZ, J.; BIGGER, S. W. Migration of antimicrobial agents from starch-based films into a food simulant. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, p. 432- 438, 2013.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A.; MORALES, M.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v. 36, p.1283-1287, 2006.

KHWALDIA, K.; ARAB-TEHRANY, E.; DESOBRY, S. Biopolymer Coating on Paper Packaging Materials. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.9, p. 82-91, 2010.

LAFKA, T.; SINANOGLU, V.; LAZOS, E. S. On the extraction and antioxidant activity of phenolics compounds from winery wastes. **Food Chemistry**, v. 104, p. 1206-1214, 2007.

LEE, K. Y.; MOONEY, D. J. Alginate: properties and biomedical applications. **Progress in polymer science**, v. 37, n. 1, p. 106-126, 2012.

LEE, K. Y.; SHIM, J.; LEE, H. G. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. **Carbohydrate Polymers**, v.56, p. 251-254, 2004.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chemistry**, v. 76, p. 69-75, 2002.

LEOPOLDINI, M.; RUSSO, N.; TOSCANO, M. The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 125, p.288–306, 2011.

LI, J. H.; MIAO, J.; WU, J. L.; CHEN, S. F.; ZHANG, Q. Q. Preparation and Characterization of Active Gelatin-Based Films Incorporated with Natural Antioxidants. **Food Hydrocolloids**, v. 37, p. 166-173, 2014.

LIAKOS, I.; RIZELLO, L.; BAYER, I. S.; POMPA, P. P.; CINGOLANI, R.; ATHANASSIOU, A. Controlled antiseptic release by alginate polymer films and beads. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, n. 1, p. 176–183, 2013.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 565495-85968, 2005.

LIU, K. ; LIN, X. ; CHEN, L.; HUANG, L. ; CAO, S. ; WANG, H. Preparation of microfibrillated cellulose/chitosan-benzalkonium chloride biocomposite for enhancing antibacterium and strength of sodium alginate films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n. 26, p. 6562-6567, 2013.

LIU, X.; JIA, Y.; HU, Y.; XIA, X.; LI, Y.; ZHOU, J.; LIU, Y. Effect of *Citrus wilsonii* Tanaka extract combined with alginate-calcium coating on quality maintenance of white shrimps (*Litopenaeus vannamei* Boone). **Food Control**, v. 68, p.83-91, 2016.

LOPEZ-CARBALLO, C.; GOMEZ-ESTACA, J.; CATALA, R.; HERNANDEZ-MUNOZ, P.; GAVARA, R. Development of new antioxidant active packaging films based on Ethylene Vinyl Alcohol copolymer and green tea extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 14, p. 7832-7840, 2012.

LORES, M.; PÁJARO, M.; ÁLVARES-CASAS, M.; DOMÍNGUEZ, J.; GARCÍA-JARES, C. Use of ethyl lactate to extract bioactive compounds from *Cytisus Scoparius*: Comparison of pressurized liquid extraction and medium scale ambient temperature systems. **Talanta**, v. 140, p.134-142, 2015.

LU, Y.; FOO, L. Y. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. **Food Chemistry**, v. 68, p. 81-85, 2000.

LU, Y.; FOO, L. Y. The polyphenol constituents of grape pomace. **Food Chemistry**, v. 65, p. 1-8, 1999.

LUCHESE, C. L.; SPEROTTO, N.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. Effect of blueberry agro-industrial waste addition to cornstarch-based films for the production of a pH-indicator film. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 11-18, 2017.

MACHADO, S. D. O. **Desenvolvimento e caracterização de filmes bioativos à base de quitosana aditivados com o extrato do resíduo de acerola**. 2015, 102 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pernambuco, 2015.

MADUREIRA, A. R.; PEREIRA; PINTADO, M. Current state on the development of nanoparticles for use against bacterial gastrointestinal pathogens. Focus on chitosan nanoparticles loaded with phenolic compounds. **Carbohydrate Polymers**, v. 130, p. 429-439, 2015.

MAFTOONAZAD, N.; BADI, F.; SHAHAMIRIAN, M. Recent innovations in the area of edible films and coatings, **Recent Patents on Food Nutrition and Agriculture**, v.5, n.3, p. 201-213, 2013.

MAIZURA, M.; FAZILAH, A.; NORZIAH, M. H.; KARIM, A. A. Antibacterial Activity and Mechanical Properties of Partially Hydrolyzed Sago Starch–Alginate Edible Film Containing Lemongrass Oil. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. 324-330, 2007.

MAKRIS, D. P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 125-132, 2007.

MANCINI-FILHO, J.; VAN-KOIJ, A.; MANCINI, D. A. P.; COZZOLINO, F. F.; TORRES, R. P. Antioxidant activity of cinnamon (*Cinnamomun zeylanicum*, *Breyne*) extracts. **Bolletino Chimico Farmaceutico**, v. 137, p. 443-447, 1998.

MARAN, J.P.; SIVAKUMAR, V.; SRIDHAR, R.; IMMANUEL, V.P. Development of model for mechanical properties of tapioca starch based edible films. **Industrial Crops and Products**, v. 42, p. 159–168, 2013.

MARTIN, J. G. P. **Atividade antimicrobiana de produtos naturais: erva-mate e resíduos agroindustriais**. 2011, 100 p. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2011.

MARTINS, P. E. S.; PUPO, M. M. S.; SANTOS, E. J.; SANTOS, N. L.; SILVA, E. R. Projeto de viabilidade para implantação de agroindústria de beneficiamento de mandioca para produção de farinha enriquecida com resíduo de polpa de fruta. **Enciclopédia biosfera, centro científico conhecer**, v. 6, p. 1-19, 2010.

MASTROMATTEO, M.; CONTE, A.; NOBILE, M. A. DEL Packaging strategies to prolong the shelf life of fresh carrots (*Daucus carota L.*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 13, p. 215–220, 2012.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p.138-141, 2002.

MAUGERI-FILHO, F. M. Produção de Polissacarídeos. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Processos fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., v.3, 125-154 p. 2001.

MCHUGH, T. H.; SENESI, E. Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 3, p. 480–485, 2000.

MCHUGH, T.H. Protein-lipid interactions in edible films and coatings. **Nahrung**, v. 44, n. 3, p. 148-151, 2000.

MELLINAS, C.; VALDÉS, A.; RAMOS, M.; BURGOS, N.; GARRIGÓS, M. C; JIMÉNEZ, A. Active edible films: Current state and future trends. **Journal of Applied Polymer Science**, p. 42631-42646, 2016

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. A. G. L.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas (Antioxidant capacity of the fruit). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193–201, 2008.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência rural**, v.41, n. 6, p. 210-216, 2011.

MIGUEL, A.; DIAS, J.; ALBERTINI, S.; SPOTO, M. Pós-colheita de uva 'Itália' revestida com filmes à base de alginato de sódio e armazenada sob refrigeração. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 29, n. 2, p. 277-282, 2009.

MONTERREY-QUINTERO, E. S.; SOBRAL, P. J. Preparo e caracterização de proteínas miofibrilares de tilápia-do-Nilo para elaboração de biofilmes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 179-189, 2000.

MOON, R. J.; MARTINI, A.; NAIRN, J.; SIMONSEN, J.; YOUNGBLOOD, J. Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites. **Chemical Society Reviews**, v. 40, p. 3941-3994, 2011.

MORAES, F. P.; SILVA, E. S.; ROCHA, P. M.; SILVA, A. S.; CORREIA, R. T. P. Estudo dos compostos bioativos presentes no resíduo de goiaba vermelha (*Psidium guajava L.*) desidratada. p. 5153-5160. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2014. São Paulo: Blucher, 2015.

MORAES, K.; FAGUNDES, C.; MELO, M. C.; ANDREANI, P.; MONTEIRO, A. R. Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 4, p. 679-684, 2012.

MOREIRA, A. N.; DEL PINO, F. A. B.; VENDRUSCOLO, C. T. Estudo da produção de biopolímeros via enzimática através da inativação e lise celular e com células viáveis de *beijerinckia* sp. 7070. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 300-305, 2003.

MORELLI, C. L.; MAHROUS, M.; BELGACEMA, M. N.; BRANCIFORTI, M. C.; BRETAS, R. E. S.; BRAS, J. Natural copaiba oil as antibacterial agent for bio-based active packaging. **Industrial Crops and Products**, v. 70, p. 134-141, 2015.

MORETTI, C. L. **Aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de frutas e hortaliças**. In: IV Encontro Nacional de Processamento Mínimo, São Pedro, SP, Brasil, de 04 a 07 de abril de 2006.

MUIZNIECE-BRASAVA, S.; DUKALSKA, L.; KANTIKE, I. Consumer's knowledge and attitude to traditional and environmentally friendly food packaging materials in market of Latvia. In **The 6th Baltic Conference on Food Science and Technology "FoodBalt - 2011"**, p. 187–192. Jelgava, Faculty of Food Technology. 2011.

MULLER, J. M.; SANTOS, R. L.; BRIGIDO, R. V. Produção de alginato por microrganismos. **Polímeros**, v. 21, n. 4, 2011.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma de Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 556-561, 2004.

NASCIMENTO-FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

NECULAU, M.; BARBU, V.; COSTEA, G.; PATRASCU, L.; VIZIREANU, C. Microbiological analysis and the antioxidant capacity of edible biofilms enclosing *Bacillus subtilis*. **Lucrari stiintifice - Agronomy Series of Scientific Research**, v. 59, n. 2, p.199-209, 2016.

NECULAU, M.; ALINA, C. M.; BLAGA, G. VIZIREANU, C. Structural and physicochemical properties of emulsified alginate-based film coatings for food products. **Journal of Biotechnology**, v.256, p. 71-72, 2017.

NORAJIT, K.; KIM, K. M. ; RYU, G. H. Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 3, p. 377-384, 2010.

NORAJIT, K.; RYU, G. H. Antibacterial property of ginseng extract/alginate films. **Italian Journal of Food Science**, v.24, n. 4, p.107-112, 2012.

NUSSINOVITCH, A.; KASAPIS, S.; NORTON, I. T.; UBBINK, J. B. Modern biopolymer science: Bridging the divide between fundamental treatise and industrial application, **Biopolymer films and composite coatings**, p. 295–326. Academic Press, 2009.

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate-calcium films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. IFT ANNUAL MEETING, Las Vegas, 2004. **Resumos**.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; DE BARROS, M. P.; MANO, C. M.; GOULART, M. O. F. Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. **Food Chemistry**, v. 115, p. 469-475, 2009.

OLIVEIRA, G. R. **Adição de extratos e óleos vegetais na alimentação de poedeiras: oxidação lipídica e qualidade física de ovos armazenados em diferentes temperaturas**. 2014, 151 p. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Mestrado em ciências animais, Brasília, 2014.

OLIVEIRA-SILVA, A. M. **Efeito dos compostos fenólicos do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) na inflamação aguda e sobre os marcadores de estresse oxidativo de ratos diabéticos**, 2012, 151, p. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de ciências farmacêuticas, São Paulo, 2012.

OOI, Z.X.; ISMAIL, H.; BAKAR, A.A.; AZIZ, N.A.A. Properties of the crosslinked plasticized biodegradable poly(vinyl alcohol)/rambutan skin waste flour blends. **Journal of Applied Polymer Science**. v. 125, p. 1127–1135, 2012.

ORTEGA-TORO, R.; JIMÉNES, M. A.; TALENS, O. P.; CHIRALT, A. Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 38, p. 66-75, 2014.

OSORIO, F. A.; MOLINA, P.; MATIACEVICH, S.; ENRIONE, J.; SKURTYS, O. Characteristics of hydroxy propyl methyl cellulose (HPMC) based edible film developed for blueberry coatings. **Procedia Food Science**, v.1, p. 287–293, 2011.

OTONI, C. G.; MOURA, M. R.; AOUADA, F. A.; CAMILLOTO, G. P.; CRUZ, R. S.; LOREVICE, M. V.; SOARES, N. F.; MATTOSO, L. H. Antimicrobial and physical-mechanical properties of pectin/papaya puree/cinnamaldehyde nanoemulsion edible composite films. **Food Hydrocolloids**, v.41, p. 188-194, 2014.

OTONI, C. G.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; AZEREDP, H. M. C.; LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H. C.; MCHUGH, T. H. Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables - A Review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 16, p. 1151-1169, 2017.

- OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Active food packaging technologies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 3, p. 185-193, 2004.
- PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, G. R. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. **Food Chemistry**, v. 102, p. 777-783, 2007.
- PARK, S.; ZHAO, Y. Development and characterization of edible films from cranberry pomace extracts. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 95–101, 2006.
- PARRA, D. F.; TADINI, C. C.; PONCE, P.; LUGAO, A. B. Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 4, p. 475-481, 2004.
- PASCALL, M. A.; LIN, S. J. The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. **Food Processing and Technology**, v. 4, p. 116. 2013.
- PASTOR, C.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; MARCILLA, A.; CHIRALT, A.; CHÁFER, M.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Quality and Safety of Table Grapes Coated with Hydroxypropylmethylcellulose Edible Coatings Containing Propolis Extract. **Postharvest Biology and Technology**, v. 60, n. 1, p. 64-70, 2011.
- PAULA, G. A.; BENEVIDES, N. M. B.; CUNHA, A. P.; OLIVEIRA, A. V.; PINTO, A. M. B.; MORAIS, J. P. S.; AZEREDO, H. M. C. Development and characterization of edible films from mixtures of k-carrageenan, t-carrageenan and alginate. **Food Hydrocolloids**, v. 47, p. 140-145, 2015.
- PAULL, R.; CHEN, C. Postharvest Physiology, Handling and Storage of Pineapple. In: BARTHOLOMEW, D.; PAULL, R.; ROHRBACH, K.G. **The pineapple: botany, production and uses**. Wallingford: CABI Publishing, p.253-265, 2003.
- PAZ, M., GÚLLON, P., BARROSO, M. F., CARVALHO, A. P., DOMINGUES, V. F., GOMES, A. M., DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. **Food chemistry**, v. 172, p. 462-468, 2015.
- PEELMAN, N.; RAGAERT, P.; MEULENAER, B.; ADONS, D.; PEETERS, R.; CARDON, L.; IMPE, F. V.; DEVLIEGHERE, F. Application of bioplastics for food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 32, n. 2, p. 128-141, 2013.
- PELLISSARI, F. M.; YAMASHITA, F.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARISTZKY, N. E.; GROSSMANN, M. V. E. Constrained mixture design applied to the development of cassava starch–chitosan blown films. **Journal of Food Engineering**, v.108, p. 1-6, 2011.



PERDONES, Á.; VARGAS, M.; ATARÉS, L.; CHIRALT, A. Physical, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Chitosan-Cinnamon Leaf oil Films as Affected by Oleic Acid. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 256-264, 2014.

PEREDA, M.; AMICA, G.; RACZ, I.; MARCOVICH, N. E. Structure and properties of nanocomposite films based on sodium caseinate and nanocellulose fibers. **Journal of Food Engineering**, v. 103, n. 1, p. 76-83, 2011.

PEREIRA, C. T. M. Obtenção, caracterização físico-química e avaliação da capacidade antioxidante *in vitro* da farinha do resíduo de acerola (*Malpighia glabra L.*). **Acta tecnológica**, v. 8, n.2, p. 50-56, 2013.

PÉREZ, C. D.; FISSORE, E. N.; GERSCHENSON, L. N.; CAMERON, R. G.; ROJAS, M. A. Hydrolytic and Oxidative Stability of L-(+)-Ascorbic Acid Supported in Pectin Films: Influence of the Macromolecular Structure and Calcium Presence. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 21, p. 5414-5422, 2012.

PESCHEL, W.; SANCHEZ-RABANEDA, F.; DIEKMANN, W.; PLESCHER, A.; GARTZIA, I.; JIMENEZ, D.; LAMUELA-RAVENTOS, R.; BUXADERAS, S.; CODINA, C. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. **Food Chemistry**, v. 97, p.137-150, 2006.

PIERMARIA, J.; BOSCH, A.; PINOTTI, A.; YANTORNO, O.; GARCIA, M. A.; ABRAHAM, A. G. Kefiran films plasticized with sugars and polyols: Water vapor barrier and mechanical properties in relation to their microstructure analyzed by ATR/FT-IR spectroscopy. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1261–1269, 2011.

PIERSON, J. T.; DIETZGEN, R. G.; SHAW, P. N.; ROBERTS-THOMSON, S. J.; MONTEITH, G. R.; GIDLEY, M. J. Major Australian tropical fruits biodiversity: bioactive compounds and their bioactivities. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 56, p. 357–387, 2012.

PLASTICS EUROPE, Plastics - The Facts, 2016, p. 2016.

PODSHIVALOV, A.; ZAKHAROVA, M.; GLAZACHEVA, E.; USPENSKAYA, M. Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 1162-1172, 2017.

PORCU, O. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. **Carotenóides de acerola: efeito de estágio de maturação e remoção de película.** In: simpósio latino americano de ciências de alimentos – desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação na indústria de alimentos, n. 5, 2003, Campinas.

PORRINI, M.; RISO, P.; BRUSAMOLINO, A.; BERTI, C.; GUARNIERI, S.; VISIOLI, F. Daily intake of a formulated tomato drink affects carotenoid plasma and lymphocyte concentrations and improves cellular antioxidant protection. **Brazilian Journal of Nutrition**, v. 93, p. 93–99, 2005.

PRABHA, D. S.; DAHMS, H. U.; MALLIGNA, P. Pharmacological potentials of phenolic compounds from *Prosopis ssp* – a review. **Journal of coastal life medicine**, v. 2, n. 11, p. 918-924, 2014.

PRANOTO, Y.; SALOKHE, V. M.; RAKSHIT, S. K. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. **Food Research International**, v.38, n. 3, p.267-272, 2005.

RAHMAN, M.; BRAZEL, C. S. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges. **Progress Polymer Science**, v. 29, p. 1223–1248, 2004.

RAHMANI, B.; HOSSEINI, H.; KHANI, M.; FARHOODI, M.; HONARVAR, Z.; FEIZOLLAHI, E.; SHOKRI, B.; SHOJAEI-ALIABADI, S. Development and characterization of chitosan or alginate-coated low density polyethylene films containing *Satureja hortensis* extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 105, p. 121–130, 2017.

RAMACHANDRAIAH, K.; GNOC, N. T. B.; CHIN, K. B. Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Persimmon Byproducts and Incorporation in Biodegradable Sodium Alginate Thin Film. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 10, p.2329-2337, 2017.

RAMALHO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p. 275–283, 2012.

RAMANA RAO, T.; BARAIYA, N.; VYAS, P.; PATEL, D. Composite coating of alginate-olive oil enriched with antioxidants enhances postharvest quality and shelf life of Ber fruit (*Ziziphus mauritiana Lamk. Var. Gola*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 748-756, 2016.

REIS, S. F.; RAI, D. K; ABU-GHANNAM, N. Water at room temperature as a solvent for the extraction of apple pomace phenolic compounds. **Food Chemistry**, v.135, p.1991-1998, 2012.

REYES-AVALOS, M.; FEMENIA, A.; MINJARES-FUENTES, R.; CONTRERAS-ESQUIVEL, J.; AGUILAR-GONZÁLEZ, C.; ESPARZA-RIVERA, J.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. Improvement of the quality and the shelf life of figs (*Ficus carica*) using an alginate–chitosan edible film. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 12, p.2114-2124, 2016.

REZAEI, F.; SHAHBAZI, Y. Shelf-life extension and quality attributes of sauced silver carp fillet: A comparison among direct addition, edible coating and biodegradable film. **LWT - Food Science and Technology**, v. 87, p.122-133, 2018.

RHIM, J. W. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 37. p. 323-330. 2004.

RHIM, J. W.; PARK, H. M.; HA, C. S. Bio-Nanocomposites for Food Packaging Applications. **Progress in Polymer Science**, v. 38, p. 1629-1652, 2013.

RHIM, J. W.; WU, Y.; WELLER, C. L.; SCHNEPF, M. Physical Characteristics of a Composite Film of Soy Protein Isolate and Propyleneglycol Alginate. **Journal of Food Science**, v.64, n. 1, p.149-152, 1999.

RIBEIRO, K. P. **Análise da relação umidade/proteína em filés PSE (pale, soft, exudative) de frangos em conformidade com a instrução normativa 32/2010**. 2015, 124 p. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Londrina, 2015.

RIGO, L. N. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis**. 2006, 130 p. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Engenharia de Alimentos. Universidade Regional integrada do alto Uruguai e das Missões. 2006.

RIVEROS, C. G.; NEPOTE, V.; GROSSO, N. R. Thyme and basil essential oils included in edible coatings as a natural preserving method of oilseed kernels. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 96, p. 183-191, 2016.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging: Principles and practice**, 3 ed., United States of America: CRC press. 2012.

ROBLES-SÁNCHEZ, R. M.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; ODRIOZOLA-SERRANO, I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.; MARTIN-BELLOSO, O. Influence of Alginate-Based Edible Coating as Carrier of Antibrowning Agents on Bioactive compounds and Antioxidant Activity in Fresh-Cut Kent Mangoes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 240-246, 2013.

RODRÍGUEZ, M.; OSÉS, J.; ZIANI, K.; MATÉ, J.I. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. **Food Research International**, v. 39 p. 840-846, 2006.

ROJAS-GRAU, M. A.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; OLSEN, C.; FRIEDMAN, M.; HENIKA, P. R.; MARTIN-BELLOSO, O.; PAN, Z. L.; MCHUGH, T. H.; J. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 3, p. 634–641, 2007.

ROJAS-GRAU, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 438–447, 2009.

ROSEN, S. L. **Fundamental principles of polymeric materials**. New York, Wiley; 1993.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996–1002, 2010.

RUIZ-NAVAJAS, Y.; VIUDA-MARTOS, M.; SENDRA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. In Vitro Antibacterial and Antioxidant Properties of Chitosan Edible Films Incorporated with Thymus Moroderi or Thymus Piperella Essential Oils. **Food Control**, v. 30, n. 2, p. 386-392, 2013.

SALMIERI, S.; LACROIX, M. Physicochemical Properties of Alginate/Polycaprolactone-Based Films Containing Essential Oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54 n. 26, p.10205-10214, 2006.

SALVIA-TRUJILLO, L.; ROJAS-GRAÜ, M. A.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Physicochemical characterization and antimicrobial activity of food-grade emulsions and nanoemulsions incorporating essential oils. **Food Hydrocolloids**, v.43, p. 547-556, 2015.

SANCHO, S.O.; SILVA, A.R.A.; DANTAS, A. N. S.; MAGALHÃES, T. A.; Characterization of the industrial residues of seven fruits and prospection of their potential application as food supplements. **Journal of Chemistry**, 2015.

SANTANA, A. A.; KIECKBUSCH, T. G. Physical evaluation of biodegradable films of calcium alginate plasticized with polyols. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 30, p. 835-845, 2013.

SANTANA-MÉRIDAS, O.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; SÁNCHEZ-VIOQUE, R. Agricultural residues as a source of bioactive natural products. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, n. 4, p. 447-466, 2012.

SANTOS, E. M. C. **Filmes biodegradáveis de galactomanana: uso na conservação de frutos**. 2012, 126 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Ceará, 2012.

SANTOS, K.; VIEIRA, W. Destino final: o lixo. Comunicado especial: Abastecer Brasil. **Associação Brasileira das Centrais de Abastecimento**, n. 5, p. 8-12, 2011.

SANTOS, W.; SAUTHIER, M.; SANTOS, A.; SANTANA, D.; AZEVEDO, R.; CALDAS, J. Simultaneous determination of 13 phenolic bioactive compounds in guava (*Psidium guajava* L.) by HPLC-PAD with evaluation using PCA and Neural Network Analysis (NNA). **Microchemical Journal**, v. 133, p. 583-592, 2017.

SANTOS-BUELGA, C.; GONZALEZ-MANZANO, S.; DUEÑAS, M; GONZALEZ-PARAMAS, A. M. Extraction and isolation of phenolic compounds. **Methods in molecular biology**, v. 864, p.427-464, 2012.

SEN, F.; UZUNSOY, İ.; BAŞTÜRK, E.; KAHRAMAN, M. V. Antimicrobial agent-free hybrid cationic starch/sodium alginate polyelectrolyte films for food packaging materials. **Carbohydrate Polymers**, v.170, p. 264-270, 2017.

SENA, D. N.; SOUSA, M. M. A.; SOUSA, P. H. M.; ALMEIDA, M. M. B. Estudo do potencial antioxidante em amostras de farinha de resíduos de processamento de

acerola, tangerina e graviola, p. 4988-4993. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, São Paulo: Blucher, 2015.

SIEPMANN, J.; PAERATAKUL, O.; BODMEIER, R. Modeling plasticizer uptake in aqueous polymer dispersions. **International Journal of Pharm**, v. 165, n. 2, p.191–200, 1998.

SILVA, D. I. S.; NOGUEIRA, G. D. R.; DUZZIONI, A. G.; BARROZO, M. A. S. Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 557-562, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.001>

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RICARDO, N. M. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.

SILVA, D. A.; OLIVEIRA, J. K.; SANTOS, C. M.; BERY, C. C. S.; CASTRO, A. A.; SANTOS, J. A. B. The use of sodium alginate-based coating and cellulose acetate in papaya post-harvest preservation. **Acta Scientiarum**, v. 36, n.3, p. 569-574, 2014.

SILVA, M. C. F.; SANTOS, A. M. P.; MELO, E. A. **Phenolic extraction from agroindustrial waste**, 2015, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

SIRIPATRAWAN, U. 2016. **Active food packaging from chitosan incorporated with plant polyphenols**. In A. M. Grumezescu (Ed.), *Novel approaches of nanotechnology in food*, p. 465-507. London: Academic Press. 2016.

SIRVIO, J. A.; KOLEHMAINEN, A.; LIIMATAINEN, H.; NIINIMÄKI, J.; HORMI, O. E. O. Biocomposite cellulose-alginate films: Promising packaging materials. **Food Chemistry**, v.151, p.343-351, 2014.

SOARES, R. D. M.; LIMA, A. M. F.; OLIVEIRA, R. V. B.; PIRES, A. T. N.; SOLDI, V. Thermal degradation of biodegradable edible films based on xanthan and starches from different sources. **Polymer Degradation and Stability**, v. 90, p. 449-454, 2005.

SOAZO, M.; BÁEZ, G.; BARBOZA, A.; BUSTI, P. A.; RUBIOLO, A.; VERDINI, R.; DELORENZI, N. J. Heat treatment of calcium alginate films obtained by ultrasonic atomizing: Physicochemical characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 51, p.193-199, 2015.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Mango film coated for fresh-cut mango in modified atmosphere packaging. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 8, p. 1689–1695, 2010.

SOTO, M. L.; MOURE, A.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 1, p. 1-27, 2011.

SOUSA, M. S. B.; LIMA, A. Total phenolics and in vitro antioxidant capacity of tropical fruit pulp wastes. **Brazilian Journal of Technology**, v. 14, n.3, p.202-210, 2011.

SOUSA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381–386, 2012.

STEINGASS, C.; GLOCK, M.; SCHWEIGGERT, R.; CARLE, R. Studies into the phenolic pattern of different tissues of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) infructescence by HPLC-DAD-ESI-MS and GC-MS analysis. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 407, p. 6463-6479, 2015.

SUNG, S. Y.; SIN, L. T.; TEE, T. T.; BEE, S. T.; RAHMAT, A. R.; RAHMAN, W. A. W. A.; VIKHRAMAN, M. Antimicrobial agents for food packaging applications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 110-123, 2013.

SUPAPVANICH, S.; PRATHAAN, P.; TEPSON, R. Browning Inhibition in Fresh-Cut Rose Apple Fruit cv. Taaptimjaan Using Konjac Glucomannan Coating Incorporated with Pineapple Fruit Extract. **Postharvest Biology and Technology**, v. 73, p. 46-49, 2012.

SUPPAKUL, P.; BOONLERT, R.; BUAPHET, W.; SONKAEW, P.; LUCKANATINVONG, V. Efficacy of superior antioxidant Indian gooseberry extract-incorporated edible Indian gooseberry puree/methylcellulose composite films on enhancing the shelf life of roasted cashew nut. **Food Control**, v. 69, p. 51-60, 2016.

SUPUT, D.; LAZIC, V. L.; POPOVIC, S. Z.; HROMIS, N. M. Edible films and coatings – sources, properties and application. **Food and Feed Research**, v. 42, n. 1, p. 11-22, 2015.

SUYATMA, N. E.; TIGHZERT, L.; COPINET, A. Effects of hydrophilic plasticizers on mechanical, thermal and surface properties of chitosan films. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 3950-3957, 2005.

TAKALA, P. N. ; VU, K. D. ; SALMIERI, S. ; KHAN, R. A. ; LACROIX, M. Antibacterial effect of biodegradable active packaging on the growth of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* in fresh broccoli stored at 4 °C. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 2, p.499-507, 2013.

TAPIA, M. A.; ROJAS-GRAU, F.; RODRIGUEZ, J.; RAMIREZ, A.; CARMONA, O.; MARTIN-BELLOSO, A.; CARMONA, A. Alginate- and Gellan-Based Edible Films for Probiotic Coatings on Fresh-Cut Fruits. **Journal of Food Science**, v.72, n. 4, p. 190-196, 2007.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C. Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 1731-1738, 2011.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; MAURI, A. N.; MENEGALLI, F. C.; SOBRAL, P. J. A.; AÑÓN, M. C. Contribution of protein and lipid fraction in the physical, thermal and structure properties of amaranth flour films (*Amaranthus caudatus*). **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, p. 293-300, 2007.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Potential of *Amaranthus cruentus* BRS *Alegria* in the production of flour, starch and protein concentrate: chemical, thermal and rheological characterization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 7, p. 1185-1193, 2010.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; SOBRAL, P. J.; MENEGALLI, F. Development and characterization of biofilms based on amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 215-223, 2005.

TONG, Q.; XIAO, Q.; LIM, L. T. Effects of glycerol, sorbitol, xylitol and fructose plasticizers on mechanical and moisture barrier properties of pullulan-alginate-carboxymethylcellulose blend films. **International Journal of Food Science and Technology**, v.48, N. 4, p. 870-879, 2013.

TURBIANI, F. R. B.; KIECKBUSH, T. G. Propriedades mecânicas e de barreira de filmes de alginato de sódio reticulados com benzoato de cálcio e/ou cloreto de cálcio. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 2, p. 82-90, 2011.

TURHAN; K. N.; SAHBAZ, F. Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 459-466, 2004.

VALDÉS, A; MELLINAS, A. C.; RAMOS, M.; GARRIGÓS, M. C.; JIMÉNEZ, A. Natural additives and agricultural wastes in biopolymer formulations for food packaging. **Frontiers in chemistry**, v.2, n. 6, 2014.

VALERO, D.; DÍAZ-MULA, H. M.; ZAPATA, P. J.; GUILLÉN, F.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 77, p. 1–6. 2013.

VALERO, L. M. S. **Elaboração e caracterização de filmes a base de alginato de sódio, reticulados com íons bário ( $Ba^{2+}$ ), estrôncio ( $Sr^{2+}$ ) ou alumínio ( $Al^{3+}$ )**. 2011, 123 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2011.

VARELA, P.; FISZMAN, S. M. Hydrocolloids in fried foods. A review. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1801–1812. 2011.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, p. 816–823, 2008.

VELICKOVA, E.; WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S.; ALVES, V. D.; MOLDÃO-MARTINS, M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa cv Camarosa*) under commercial storage conditions. **LWT - Food Science and Technology**, v. 52, p.80-92, 2013.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 71, p. 195-198, 2000.

VERMEIREN, L. *et al.* Developments in the active packaging of foods. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n.3, p.77-86, 1999.

VIANA, E. S.; REIS, R. C.; JESUS, J. L.; JUNGHANS, D. T.; SOUZA, F. V. D. Caracterização físico-química de novos híbridos de abacaxi resistentes à fusariose. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1155-1161, 2013.

VIEIRA, M. G. A., SILVA, M. A., SANTOS, L. O., BEPPU, M. M. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. **European Polymer Journal**, v. 47, p. 254–263, 2011.

VITAL, A.; GUERRERO, A.; MONTESCHIO, J.; VALERO, M.; CARVALHO, C.; DE ABREU FILHO, B.; MADRONA, G.; DO PRADO, I. Effect of Edible and Active Coating (with Rosemary and Oregano Essential Oils) on Beef Characteristics and Consumer Acceptability. **PLoS ONE**, v. 11, n. 8, p.1-16, 2016.

VIUDA-MARTOS, M.; MOHAMADY, M. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ABD ELRAZIK, K. A.; OMER, E. A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; SENDRA, E. *In vitro* antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. **Food Control**, v. 22, p.1715–1722, 2011.

VU, C.H.T; WON, K. Novel water-resistant UV-activated oxygen indicator for intelligent food packaging. **Food Chemistry**, v. 140, p. 52-56, 2013.

WANG, L. F.; RHIM, J. W. Preparation and application of agar/alginate/collagen ternary blend functional food packaging films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 80, p. 460-468, 2015.

WANG, L.; CAMPANELLA, O.; PATEL, B.; LU, L. Preparation and Sealing Processing of Sodium Alginate Based Blending Film. **Mathematical Problems in Engineering**, p. 1-7, 2015.

WENG, W. Y.; HAMAGUCHI, P. Y.; TANAKA, M. Effect of propylene glycol alginate on the properties of edible film prepared from Alaska Pollack surimi. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 53, p. 542-547, 2006.



WU, Y.; LUO, X.; LI, W.; SONG, R.; LI, J.; LI, B.; LIU, S. Green and biodegradable composite films with novel antimicrobial performance based on cellulose. **Food Chemistry**, v. 197, p. 250-257, 2016.

WU, Y.; WELLER, C. L.; HAMOUZ, F.; CUPPETT, S.; SCHNEPF, M. Moisture Loss and Lipid Oxidation for Precooked Ground-Beef Patties Packaged in Edible Starch-Alginate-Based Composite Films. **Journal of Food Science**, v.66, n. 3, p.486-493, 2001.

XIAO, Q.; GU, X.; TAN, S. Drying process of sodium alginate films studied by two-dimensional correlation ATR-FTIR spectroscopy. **Food Chemistry**, v.164, p. 179-184, 2014.

XIAO, Q.; TONG, Q.; LIM, L. T. Pullulan-sodium alginate based edible films: Rheological properties of film forming solutions. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 2, p.1689-1695, 2012.

XU, B. J.; CHANG, S. K. C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 159-166, 2007.

YAN, Q.; ZHANG, J.; DONG, H.; HOU, H.; GUO, P. Properties and antimicrobial activities of starch-sodium alginate composite films incorporated with sodium dehydroacetate or rosemary extract. **Journal of Applied Polymer Science**, v.127, n. 3, p.1951-1958, 2013.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**, v. 33, p. 571-578, 2000.

YUNO-OHTA, N.; YAMADA, M.; INOMATA, M.; KONAGAI, H.; KATAOKA, T. Gluten Gel and Film Properties in the Presence of Cysteine and Sodium Alginate, **Journal of Food Science**, v.74, n. 6, p. 285-290, 2009.

ZACTITI, E. M.; KIECKBUSCH, T. G. Potassium sorbate permeability in biodegradable alginate films: Effect of the antimicrobial agent concentration and crosslinking degree. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 462-467, 2006.

ZENG, R.; ZHANG, A.; CHEN, J.; FU, Y. Impact of Carboxymethyl Cellulose Coating Enriched with Extract of Impatiens Balsamina Stems on Preservation of 'Newhall' Navel Orange. **Scientia Horticulturae**, v. 160, p. 44-48, 2013.

ZHANG, Y.; MA, Q.; CRITZER, F.; DAVIDSON, P. M.; ZHONG, Q. Physical and antibacterial properties of alginate films containing cinnamon bark oil and soybean oil. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p.423-443, 2015.

ZHANG, L.; LI, S.; DONG, Y.; ZHI, H.; ZONG, W. Tea polyphenols incorporated into alginate-based edible coating for quality maintenance of Chinese winter jujube under ambient temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 70, p. 155-161, 2016.

ZHAO, Y.; ABBAR, S.; PHILLIPS, T. W.; WILLIAMS, J. B.; SMITH, B. S.; SCHILLING, M. W. Developing food-grade coatings for dry-cured hams to protect against ham mite infestation. **Meat Science**, v.113, p. 73-79, 2016.

## **ARTIGO 1**

## **Desenvolvimento de filmes de alginato com mix de farinhas de resíduos agroindustriais aditivados com extrato hidroetanólico do mix de farinhas**

Lara Oliveira Lins, Andreлина Maria Pinheiro Santos, Enayde de Almeida Melo.

### **RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição do mix de farinhas de resíduos agroindustriais e de seu extrato hidroetanólico (EHFR) sobre as propriedades físicas, mecânicas, ópticas e de barreiras e a capacidade antioxidante de filmes de alginato. Resíduos de abacaxi, de acerola e de goiaba, provenientes de uma indústria processadora de frutas, foram secos em estufa a 40 °C, e transformados em farinhas cuja mistura ternária deu origem ao mix de farinhas. O extrato hidroetanólico foi obtido submetendo o mix de farinhas a agitação, a 60°C por 30 min, em etanol a 60%, e posterior centrifugação. Para a produção dos filmes, empregou-se a técnica de *solution casting*, e o planejamento fatorial  $2^{4-1}$  tendo como variáveis independentes: concentração de alginato (1 a 2%); do mix de farinhas (0 a 3%); quantidade de EHFR (2,0 a 10 mL) e de glicerol (0,2 a 0,3%); e como variáveis dependentes: teor de fenólicos totais (FT); retenção de FT e capacidade antioxidante. Os filmes elaborados com 1% de alginato; 3 % de mix de farinhas; 0,2 mL de glicerol e 2 ou 10 mL de EHFR apresentaram maior teor de FT (3,61 a 3,95 mg/g) e da capacidade antioxidante (46,9% a 56,3%). Experimentos utilizando proporção fixa de alginato (1g); de glicerol (0,2 mL) e do *mix* de farinhas (3 g), e variando a quantidade do EHFR (2,5%, 5%, 7,5% e 10%), constataram aumento no teor de FT e da capacidade antioxidante proporcional ao volume de EHFR adicionado ao filme. As características físicas, ópticas, mecânicas e de barreira foram influenciadas pela adição do mix de farinhas e do EHFR aos filmes, promovendo aumento significativo da espessura, solubilidade, umidade e intumescimento. Os filmes tornaram-se mais escuros, com tons marrom, mais opaco e de eficácia moderada quanto a permeabilidade ao vapor de água, independente do volume de EHFR. Houve, também, alterações nas propriedades mecânicas, apresentando menor resistência a tração; maior deformação na ruptura e menor rigidez. As propriedades físicas destes filmes foram melhoradas com a reticulação com cloreto de cálcio. Diante destes dados é possível constatar a viabilidade da adição do *mix* de farinhas, associada ao seu extrato hidroetanólico, na obtenção de filmes de alginato, com boas características físicas, ópticas, mecânicas, de barreira e com capacidade antioxidante, permitindo vislumbrar a sua aplicação como embalagens para alimentos, especialmente, os suscetíveis a oxidação lipídica.

**Palavras-chave:** Filmes. Biopolímero. Frutas. Compostos fenólicos.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the addition of the mix of flours from agroindustrial residue and its hydroethanolic extract (EHFR) on the physical, mechanical, optical and barrier properties and the antioxidant capacity of alginate films. Pineapple, acerola and guava residues from a fruit processing industry were dried in an oven at 40° C, and processed into flours, the ternary mixture of which gave rise to the flour mix. The hydroethanolic extract of the flour mixture was obtained from the stirring at 60°C for 30 min, the mix mixture with 60% ethanol, and subsequent centrifugation. For the production of the films, the technique of solution casting was used, and the factorial planning 24-1 with independent variables: alginate concentration (1 to 2%); of the flour mix (0 to 3%); amount of EHRF (2.0 to 10 mL) and glycerol (0.2 to 0.3%); and as dependent variables: total phenol content (FT); retention of FT and antioxidant capacity. Films made from 1% alginate; 3% flour mix; 0.2 mL of glycerol and 2 or 10 mL of EHFR showed a higher FT content (3.61 to 3.95 mg / g film and antioxidant capacity (46.9% to 56.3%). of these results using a fixed ratio of alginate (1g), glycerol (0.2ml) and the flour mixture (3g), and varying the amount of EHFR (2.5%, 5%, 7.5% and The physical, optical, mechanical and barrier characteristics of these films were influenced by the addition of the flour mixture and the EHFR, promoting a significant increase in the FT content and the antioxidant capacity proportional to the volume of EHFR added to the film. the films were made darker, with brown tones, more opaque and of moderate efficacy as the permeability to water vapor, independent of the volume of EHFR. There were also alterations in the mechanical properties, with lower tensile strength, higher deformation at rupture and lower stiffness. physical properties of these films were improved with the crosslinking with calcium chloride In view of these data it is possible to verify the feasibility of the addition of the flour mix, associated with its hydroethanolic extract, to obtain alginate films with good physical, optical, mechanical, of barrier and with antioxidant capacity, allowing to glimpse its application as packaging for food.

**Keywords:** Films. Biopolymer. Fruits. Phenolic compounds.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente atenção dada à sustentabilidade tem ampliado o interesse no desenvolvimento de embalagens ativas e biodegradáveis, elaboradas a partir de biopolímeros e aditivadas com compostos bioativos (CRIZEL *et al.*, 2018). Esses biopolímeros atuam em substituição aos polímeros sintéticos convencionais de modo a diminuir o problema ambiental gerado pela eliminação de embalagens plásticas no ambiente (DICK *et al.*, 2015). Os compostos bioativos a serem adicionados nas embalagens ativas podem ser obtidos a partir de materiais descartáveis, tais como resíduos gerados pela agroindústria de frutas e hortaliças, criando nova forma de aproveitamento dessa matéria-prima e dando valor agregado a esses produtos (CRIZEL *et al.*, 2018). Barros (2017) considera que elaboração de filmes biodegradáveis é uma alternativa simples e viável para o aproveitamento de resíduos da cadeia agroindustrial de frutas.

Vários biopolímeros são empregados na elaboração de filmes comestíveis e biodegradáveis, entretanto os polissacarídeos se destacam devido as suas propriedades e por serem gerados a partir de fontes naturais e renováveis (PELISSARI *et al.*, 2011). O alginato, polissacarídeo obtido a partir de algas marrons (*Phaeophyceae*), confere às embalagens características como transparência, ausência de coloração (SIRVIO *et al.*, 2014), hidrofiliabilidade e não toxicidade (DERKUS; EMREGUL, EMREGUL, YUCESAN 2014) fácil interação com alimentos e capacidade de atuar como veículo para compostos antioxidantes (HOSSEINI; REZAEI, ZANDI, GHAVI, 2013; DUTTA; TRIPATHI, MEHROTRA, DUTTA, 2009). Por outro lado, filmes elaborados com esse biopolímero apresentam-se sensíveis à umidade e com fraca propriedade de luz e de barreira (AL-HASSAN e NORZIAH, 2012; SIRVIO *et al.*, 2014). Entretanto, a incorporação de aditivos ao filme de alginato podem melhorar sua funcionalidade e as propriedades das embalagens (AADIL; PRAJATI, JHA 2016; NORAJIT *et al.*, 2010).

Os aditivos a serem incorporados em filmes de alginatos podem ser obtidos a partir de resíduos agroindustriais do processamento de frutas, constituídos por cascas, sementes e bagaços, que geralmente são descartados, apesar de deter quantidades expressivas de fitoquímicos bioativos, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos que possuem propriedade antioxidante (BABBAR; OBEROI, UPPAL, PATIL, 2011). Segundo, Batista-Sobrinho (2014), o

processamento de resíduos agroindustriais na forma de farinha é uma boa alternativa para o aproveitamento integral desses subprodutos. Assim, o mix de farinhas do resíduo de acerola, abacaxi e goiaba, em proporção ternária, por apresenta elevado teor de compostos fenólicos e forte propriedade antioxidante (SILVA, 2015) pode ser um boa alternativa para aditivar filmes de alginato. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição do mix de farinhas do resíduo de acerola, abacaxi e goiaba, associado ao extrato hidroetanólico desse mix, sobre as propriedade antioxidante, ópticas, físicas, mecânicas e de barreira do filme de alginato.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

Os resíduos de abacaxi (*Ananas comosus*), de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) e de goiaba (*Psidium guajava* L.) foram fornecidos por uma indústria de polpas congeladas de frutas, localizada na cidade de Recife, estado de Pernambuco. Todos os reagentes empregados na elaboração dos filmes e nas demais determinações foram de grau analítico.

### **2.2 Métodos**

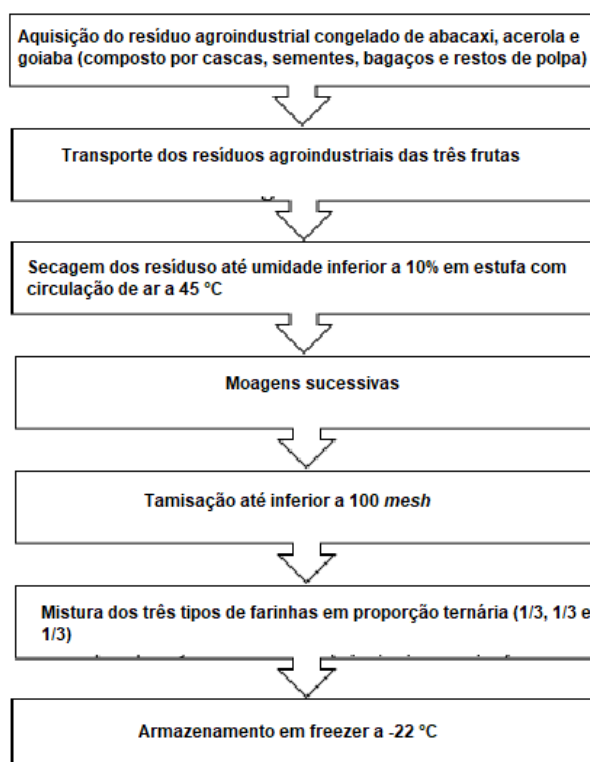
#### **2.2.1 Elaboração do *mix* de farinhas**

Os resíduos agroindustriais de abacaxi, de acerola e de goiaba, constituídos basicamente por cascas, bagaço e parte de polpa, além das sementes presentes somente nas acerolas e nas goiabas, foram coletados na linha de produção de uma indústria produtora de polpa congelada de frutas, conservados em freezer à  $-26 \pm 5$  °C e, em seguida, transportados para o Laboratório de Processamento de Alimentos, do Departamento de Ciências Domésticas (DCD), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Individualmente, os resíduos foram submetidos ao descongelamento lento (5°C por 24 horas) e, posteriormente submetidos à secagem em estufa com circulação e renovação de ar (Modelo MA 035, Marconi, Brasil), a  $45 \pm 5$  °C, até atingir umidade inferior a 10% - tempo de secagem superior a 24 horas (SILVA,

2015). O teor de umidade foi monitorado utilizando medidor de umidade - balança com fonte de calor infravermelho (Marte ID50, Marconi, Brasil). Em seguida, os resíduos desidratados foram triturados em moinho multiuso (modelo TE-631/2, Tecnal, Brasil) e peneirados sucessivamente até atingirem tamanho inferior a tamis de 100 *mesh*, em equivalência Tyler corresponde a partículas de 150 microns. O *mix* de farinhas foi constituído por uma mistura ternária, com proporções iguais das farinhas dos três resíduos (acerola, abacaxi e goiaba), ou seja, 33,33% de cada farinha, e acondicionado em sacos de polietileno protegidos contra à luz com camadas de folhas de alumínio e armazenados sob congelamento a -22 °C em freezer até sua utilização (Figura 1).

**Figura 1.** Fluxograma da produção do *mix* de farinhas de resíduos de abacaxi, de acerola e de goiaba.



### 2.2.2 Obtenção do extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas

O extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas foi obtido segundo metodologia descrita por Machado (2015) com alterações: 20g do *mix* de farinhas foram solubilizados em 100 mL de solução hidroetanólica (60%), a 60°C e mantida sob agitação mecânica (Turrtec TE-102, Tecnal, Brasil), 400 rpm, por 30



minutos. A mistura foi centrifugada (centrifuga CT 6000 R, CIENTEC, Brasil) a 4000 rpm por 10 minutos, e, sobrenadante coletado, acondicionados em frascos âmbar e armazenados a -22 °C em freezer até o momento das determinações.

### **2.2.3 Caracterização química e físico-química do *mix* de farinhas de resíduo de abacaxi, de acerola e de goiaba**

O *mix* de farinhas foi submetido às determinações de umidade, extrato etéreo, proteínas (empregando fator de 6,25), resíduo mineral fixo, pH, acidez titulável (AT), e sólidos solúveis (SS), segundo metodologia da AOAC (2005). O teor de fibras foi determinado em detergente neutro segundo método de Van Soest (1994). A atividade de água foi determinada em Aqualab 4TE Decagon Devices a 25°C, e os carboidratos totais (CT) foram calculados por diferença usando Equação 1.

$$CT = 100 - (\text{umidade} + \text{proteína} + \text{extrato etéreo} + \text{resíduo mineral fixo}) \quad (\text{Equação 1})$$

### **2.2.4 Determinação de compostos fenólicos totais em *mix* de farinhas**

O teor de fenólicos totais foi quantificado segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999), utilizando reagente Folin-Ciocalteu (Merck) e curva padrão de ácido gálico (10 a 120 µg/mL, com  $R^2 = 0,9997$ ). Os resultados foram expressos em mg em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g de farinha (mg EAG/100g).

### **2.2.5 Determinação da atividade antioxidante do *mix* de farinhas**

A capacidade de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) foi determinada segundo método descrito por Brand-Williams *et al.*, (1995), modificado por Sánchez-Moreno, Larrauri e Saura-Calixto (1998). Extrato hidroetanólico do *mix* de farinha, com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados à solução de DPPH• em etanol (0,1M), atingindo a concentração final de fenólicos totais de 5, 10 e 15 µg/mL, a absorbância foi registrada a 515 nm, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) até a reação

atingir o platô e os resultados foram expressos em porcentagem de sequestro do radical DPPH (Equação 2).

$$\text{Porcentagem de sequestro} = \left( \frac{\text{Absorbância do controle} - \text{Absorbância do platô da amostra}}{\text{Absorbância do controle}} \right) \times 100$$

(Equação 2)

## 2.2.6 Biofilmes de alginato aditivados com o *mix* de farinhas e seu extrato hidroetanólico

### a) Planejamento fatorial fracionário:

Os filmes foram preparados utilizando a técnica *solution casting*. As soluções de alginato foram preparadas, separadamente, em triplicata, solubilizando o alginato em água destilada à temperatura média de 50°C, submetidas a uma agitação a 18.000 rpm em agitador mecânico (Turratec TE-102, Tecnal, Brasil). Após a solubilização do alginato foram adicionados o *mix* de farinhas, o plastificante glicerol e o extrato hidroetanólico do resíduo de farinhas de abacaxi, acerola e goiaba (EHRF) nas proporções definidas na matriz do planejamento fatorial fracionário  $2^{4-1}$  (Tabela 1).

**Tabela 1.** Matriz do planejamento fatorial fracionário  $2^{4-1}$ , níveis codificados e decodificados das variáveis para a obtenção de filmes de alginato com *mix* de farinha do resíduo agroindustrial (abacaxi, acerola e goiaba) aditivado com o extrato hidroetanólico do *mix* de farinha (EHRF).

Ensaio	Alginato de sódio (%)	Mix de farinhas (%)	Glicerol (mL)	EHRF (mL)
1	-1 (1,0)	-1 (0,0)	-1 (0,2)	-1 (2,0)
2	+1 (2,0)	-1 (0,0)	-1 (0,2)	+1 (10,0)
3	-1 (1,0)	+1 (3,0)	-1 (0,2)	+1 (10,0)
4	+1 (2,0)	+1 (3,0)	-1 (0,2)	-1 (2,0)
5	-1 (1,0)	-1 (0,0)	+1 (0,3)	+1 (10,0)
6	+1 (2,0)	-1 (0,0)	+1 (0,3)	-1 (2,0)
7	-1 (1,0)	+1 (3,0)	+1 (0,3)	-1 (2,0)
8	+1 (2,0)	+1 (3,0)	+1 (0,3)	+1 (10,0)
9	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)
10	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)
11	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)
12	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)

Em seguida, após a total incorporação do *mix* de farinhas, a solução filmogênica foi vertida em placas de petri (90 mm x 15 mm) e submetida à secagem a  $40 \pm 2^\circ\text{C}$  em estufa com circulação de ar (MA035, Marconi, Brasil) por 24 horas ou superior. Todos os filmes foram armazenados em dessecador, contendo sílica gel. Os filmes foram submetidos à determinação do teor de fenólicos totais e da atividade antioxidante (variáveis dependentes), segundo procedimentos descritos a seguir.

**b) extração e mensuração de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante dos filmes do planejamento fatorial fracionário:**

Filmes inteiros, em triplicata, foram submetidos à agitação em 25 mL de solução hidroetanólica (60%) em agitador magnético (Tecnal, Brasil) na velocidade de 1.000 r.p.m, durante 1 minuto. O extrato foi filtrado e submetido à determinação dos fenólicos totais (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Para a quantificação dos fenólicos presentes nos filmes, foi utilizada a equação 3, em que T é o conteúdo total de fenólicos, em miligramas por grama de filme seco; C é a concentração de ácido gálico estabelecida a partir da curva de calibração, em miligrama por mililitro; V é o volume de filme do extrato, em mililitros, e M é o peso do filme seco, em gramas, conforme descrito por Moradi *et al.* (2012).

$$T = \frac{C \times V}{M}$$

(Equação 3)

O percentual de retenção de compostos fenólicos foi calculado comparando o teor de fenólicos do extrato aplicado nos filmes e o teor de fenólicos mensurado no filme (Equação 3). O extrato também foi submetido à determinação da capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995), e os resultados foram expressos em % de sequestro do radical DPPH.

**c) Seleção de biofilmes de alginato aditivados com o *mix* de farinhas e seu extrato hidroetanólico para a segunda etapa de experimentos**

Os filmes com maior teor de fenólicos totais e ação antioxidante foram selecionados. Seguindo o mesmo procedimento, novos filmes foram elaborados

nas mesmas condições, ou seja, mesmas proporções de alginato, glicerol e mix de farinha, porém, com quantidades variáveis de extrato hidroetanólico do *mix* de farinha (2,5%; 5,0%; 7,5% e 10,0%). Para efeito de comparação, também, foram elaborados filmes controle, contendo 1 g de alginato e 0,2 mL de glicerol, sem, contudo, adicionar *mix* de farinhas e EHRF. Todos os filmes foram armazenados em dessecador, contendo sílica gel. Os filmes foram submetidos à determinação do teor de fenólicos totais, percentual de retenção dos fenólicos totais e ação antioxidante.

### **1) Reticulação de biofilmes de alginato aditivados com o *mix* de farinhas e seu extrato hidroetanólico**

Filmes foram elaborados com as mesmas proporções acima descritas, seguindo o mesmo procedimento, entretanto, após a solução filmogênica ser vertida em placas de petri (90 mm x 15 mm), solução de cloreto de cálcio (0,15 mol/L) foi aspergida, e, na sequência, submetida à secagem a  $40 \pm 2$  °C em estufa com circulação de ar (MA035, Marconi, Brasil) por 24 horas ou superior. Todos os filmes foram armazenados em dessecador, contendo sílica gel.

#### **2.2.7. Características físicas dos filmes**

Os filmes da segunda etapa cujas variáveis dependentes (teor de fenólicos e capacidade de sequestro do radical DPPH) apresentaram os melhores resultados foram submetidos às seguintes determinações analíticas:

##### **a) Espessura**

A espessura foi medida com a utilização de um micrômetro manual modelo MDC-255 (Mitutoyo/micrometer, Japão), com 0,001 mm de precisão. Foram realizadas cinco medições.

##### **b) Umidade**

O teor de umidade foi determinado por método gravimétrico. Os filmes foram submetidos à secagem em estufa (modelo TE- 393/2; Tecnal, Brasil), a  $105 \pm 3$ °C durante 24 horas. A umidade foi calculada considerando a perda de peso das amostras e a equação 4. Onde, X é o teor de umidade dos filmes (%),  $m_i$  é a massa inicial e  $m_f$  é a massa final dos filmes.

$$X\% = \frac{m_i - m_f}{m_i} \quad (\text{Equação 4})$$

### c) Solubilidade

Os testes de solubilidade em água foram realizados segundo método descrito por Zamudio-Flores *et al.* (2010). As amostras de biopolímeros, cortadas em pedaços com o tamanho de 10 mm x 20 mm, foram mantidas em dessecador com sílica por sete dias. Após este tempo, foram pesadas, imersas em 80 mL de água deionizada e submetidas à agitação a 200 rpm por uma hora, na temperatura de 25 °C. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a 60 °C até atingir peso constante. Calculou-se a porcentagem de material total solúvel em água utilizando a equação 5.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \left( \frac{\text{Peso seco inicial} - \text{Peso seco final}}{\text{Peso seco final}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

### d) Intumescimento

O grau de intumescimento foi determinado com base na metodologia descrita por Xu, Bartley e Johnson (2003). As massas iniciais das amostras de filme secas ( $A_s$ ), medindo 2,5 cm de diâmetro, a espessura e a área foram registradas. Em seguida, foram imersas em 50 mL de água destilada por um período de 1 e 2 minutos a fim de determinar o tempo de estabilização da absorção de água. As amostras intumescidas ( $A_i$ ) foram removidas da solução e rapidamente dispostas em papel filtro *Whatman* n. 1 para remover o excesso de água, e a massa, espessura e área foram novamente medidas. O teor máximo de absorção por água (Q) dos filmes foi determinado de acordo com a equação 6:

$$Q = \frac{(A_i - A_s)}{A_s} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

## 2.2.8 Propriedades ópticas dos filmes

### a) Parâmetros de cor

A cor instrumental foi realizada por colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB, utilizando colorímetro Chroma meter CR-400 (Konica Minolta Sensing®, Japão), com abertura de 0,3 cm, ângulo de observação de 10°, no modo de refletância e iluminante C. Após a calibração do equipamento, as amostras foram sobrepostas a uma placa branca onde foram efetuadas as determinações dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E$  (“L” (luminosidade) que varia do preto (0%) ao branco (100%); o eixo “a”, do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo “b”, do azul (-b) ao amarelo (+b)) em cinco pontos diferentes. Os dados foram submetidos ao cálculo da média aritmética. A partir desses valores foi calculado o índice de brancura (WI), que representa o teor de branco presente na amostra; o croma ( $C^*$ ), que se refere à intensidade de cor e o índice de cor ( $CI^*$ ), referente às coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que valores entre +2 e +20 estão associados a cores amarelo-pálido e laranja-escuro enquanto entre +20 e +40 apresentam cores mais profundas de laranja e vermelho-escuro (GOYENECHÉ *et al.*, 2014). Os resultados foram obtidos utilizando as equações 7, 8 e 9:

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (\text{Equação 7})$$

$$C^* = [(a^{*2} + b^{*2})]^{1/2} \quad (\text{Equação 8})$$

$$CI^* = \frac{a^* \times 1000}{L^* \times b^*} \quad (\text{Equação 9})$$

O  $\Delta E$ , também chamado de tonalidade, expressa a diferença total de cor e é normalmente aplicado para verificar diferenças entre duas cores de acordo com as seguintes referências: 0,0-0,5 indica diferença ao nível de traços; de 0,5-1,5 há suave diferença; de 1,5-3,0 refere-se a notável diferença; de 3,0-6,0, diferença apreciável; de 6,0-12,0, grande diferença; e a diferença muito óbvia atinge valores acima de 12,0 (GOYENECHÉ *et al.*, 2014; VILLALOBOS-CARVAJAL *et al.*, 2009).

## b) Opacidade

A opacidade, medida de obstrução à passagem da luz pelo filme, foi mensurada seguindo a metodologia descrita por Siripatrawan e Harte (2010). As amostras dos filmes foram recortadas em formato retangular e posicionadas no espectrofotômetro, no local da cubeta de leitura, de modo perpendicular ao feixe de luz. A determinação foi realizada em triplicata, e a absorvância registrada no comprimento de onda de 600 nm e de 280nm em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). A opacidade foi calculada dividindo os valores das às absorvâncias (em 280 nm e 600 nm) pela espessura do filme em milímetros (Equação 10).

$$O = \frac{\text{Abs}_{280} \text{ ou } \text{Abs}_{600}}{T} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: Abs representa a absorção (600 nm ou 280) e T a espessura do filme em milímetros. De acordo com esta equação, quanto maior o valor maior a opacidade e menor o grau de transparência dos filmes (AL-HASSAN; NORZIAH, 2012).

### 2.2.9 Propriedades Mecânicas dos filmes

#### a) Tensão máxima, deformação na ruptura e módulo elasticidade

Para a determinação das propriedades mecânicas (Força máxima na tensão, porcentagem de deformação na ruptura e módulo elasticidade ou módulo de *Young*) foi empregado o método ASTM D882-10 (2010), utilizando o equipamento LINHA DL-500 MF - MARCA EMIC®. Para cada amostra de filme, foram dimensionados três corpos de prova de 70 mm por 25 mm. Os filmes foram fixados nas garras do equipamento com distância inicial entre elas de 30 mm e velocidade de tração de 0,5 mm/s. A força máxima de tensão (FT), ou resistência à tensão, foi determinada pela relação entre força máxima (F<sub>máx</sub>) e área da seção transversal inicial do filme (Φ) (Equação 11). A porcentagem de deformação na ruptura (%E) relaciona a extensão no ponto da ruptura (Δl) e o comprimento inicial da amostra (l<sub>0</sub>) (Equação 12).

$$FT = \left( \frac{F_{\text{máx}}}{\Phi} \right) \quad (\text{Equação 8})$$

$$\%E = \left( \frac{\Delta I}{I_0} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 9})$$

## 2.2.10 Propriedades de barreira dos filmes

### a) Permeabilidade ao vapor de água

A Permeabilidade ao vapor de água foi realizada seguindo a ASTM E96-95 (1995) com modificações (DICK *et al.*, 2015; MCHUGH; AVENA-BUSTILLAS, KROCHTA, 1993). Amostras de filme sem defeitos foram dimensionadas e seladas em frascos de vidro, cujas aberturas circulares eram de 0,025 m<sup>2</sup>, contendo 7 ± 0,5 g de cloreto de cálcio, que foram armazenados em câmara a 25 °C, contendo solução saturada de cloreto de sódio, com o objetivo de tornar alta a umidade relativa do ambiente da câmara, que foi sempre maior do que a umidade dentro dos frascos. A permeabilidade ao vapor de água foi determinada pelo ganho de peso do sistema (filmes selados, frascos de vidro e cloreto de cálcio). Após a pesagem inicial, foram realizadas pesagens após duas horas, seguidas de pesagem após 12 horas, 24 horas e, então, os intervalos de pesagem aumentaram para 48 horas até o fim do experimento, para confirmação dos valores. O experimento foi conduzido em triplicata, e a equação 13 foi usada para calcular o valor da permeabilidade ao vapor de água dos filmes (PVA), em que Pa: representa o peso em gramas de água que permeou o filme; E: espessura do filme em milímetros; A: área de permeação em metros quadrados; t: o tempo de permeação e Δp: diferença de pressão de vapor de água em ambos os lados do filme (kPa). Foi considerada a pressão de vapor de água saturada o valor de 1,7535 kPa a 20 °C (MA *et al.*, 2016).

$$PVA = \frac{P_a \times E}{A \times t \times \Delta p} \quad (\text{Equação 10})$$

## 2.3 Análise estatística

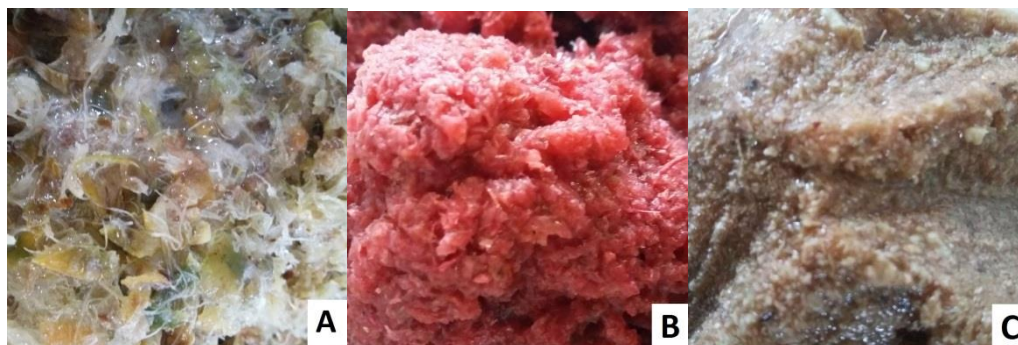
Todas as determinações foram efetuadas em triplicata, e os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o software Statistica 7.0. O teste de Duncan e o teste t de Student foram aplicados em nível de significância de 95% para comparação das médias (p < 0,05). Valores foram expressos em média ± desvio padrão.



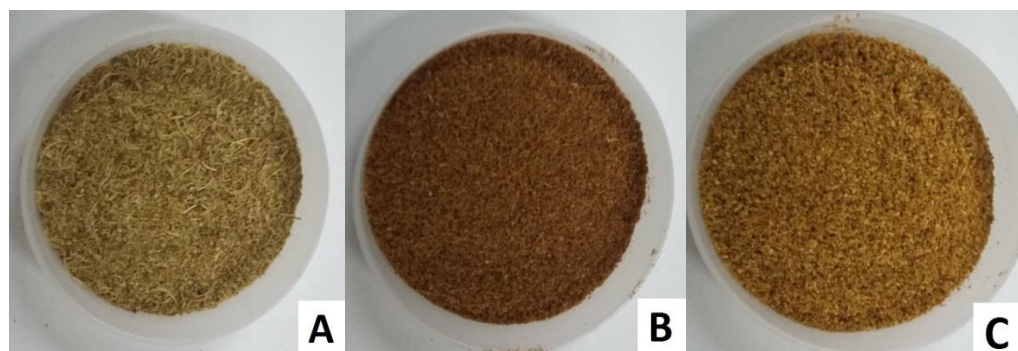
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos agroindustriais do abacaxi, da acerola e da goiaba (Figura 2), compostos por cascas, sementes (no caso da acerola e da goiaba) e partes de polpa dos frutos foram submetidos à secagem, moagem e tamisação para obtenção de farinhas com granulometria uniforme, de cor marrom em diferentes tonalidades (Figura 3). Estas farinhas, após sucessivas tamisações, chegando a atingir granulometria inferior a 100 mesh, foram submetidas a uma mistura ternária (1/3 de farinha de abacaxi, 1/3 de farinha de acerola e 1/3 de farinha de goiaba) que passou a ser denominada *mix* de farinhas (Figura 4), cujas características físico-químicas encontram-se apresentadas na Tabela 2.

**Figura 2.** Resíduos agroindustriais de abacaxi (A), acerola (B) e goiaba (C) provenientes de uma indústria processadora de polpa congelada de frutas.



**Figura 3.** Farinhas de resíduo de frutas.



[(A)= farinha de resíduo de abacaxi, (B)= farinha de resíduo de acerola, (C) farinha de resíduo de goiaba].

**Figura 4.** *Mix* de farinhas com granulometria inferior a 100 mesh.



O *mix* de farinhas apresentou umidade inferior a 10%, característico de um alimento desidratado e elevado teor de carboidratos totais, dos quais 40,74% referente-se a fibras. Os demais componentes apresentam-se em pequenas quantidades, o que era esperado por se tratar de um produto derivado de frutas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição química do *mix* de farinhas de resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola e goiaba.

<b>Constituintes</b>	<b>Teor (em g por 100g<sup>-1</sup>)</b>
<b>Umidade</b>	8,63 ± 1,06
<b>Proteínas</b>	5,34 ± 1,04
<b>Resíduo mineral fixo</b>	3,30 ± 0,07
<b>Lipídios</b>	2,70 ± 0,19
<b>Fibras *</b>	40,74 ± 0,01
<b>Carboidratos totais</b>	79,92 ± 1,56

Média e desvio padrão de três determinações. \* Fibra em detergente neutro

Farinhas de resíduos de abacaxi, acerola e goiaba foram estudadas isoladamente por Martínez *et al.* (2012), Silva (2015), Lemos *et al.* (2010) Batista-Sobrinho (2014), entre outros, cujos teores de umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas foram próximos aos valores encontrados neste estudo para o *mix* de farinhas. Silva (2015) reporta teor de carboidratos totais de 81,22% para farinha de goiaba, 82,09%, para farinha de acerola e 89,18% para farinha de abacaxi. Quanto a Fibra em Detergente Neutro (FDN) que se refere à fração de carboidratos, constituinte da parede celular vegetal, pouco digerível pelo organismo humano, que

incluem a celulose, hemicelulose e lignina (CECCHI, 2007), Nunes, Silva, Gomes e Silva (2015) teor de 52,12% na farinha do resíduo de acerola. As diferenças nos valores obtidos nas pesquisas apresentadas podem ser atribuídas à variabilidade entre amostras, espécies, às safras, ao clima e também ao estágio de maturação desses frutos. Evidencia-se, portanto, que a farinha de resíduos agroindustriais de frutas, possui nutrientes, com destaque para os carboidratos totais, em especial a fração de fibras, tornando estas farinhas interessantes para o uso como ingrediente em novos produtos.

Outras características físico-químicas do mix de farinhas encontram-se na Tabela 3. Observa-se que o pH caracteriza este produto como ácido uma vez que este parâmetro encontra-se abaixo de 4,5. Sendo assim, a probabilidade de crescimento microbiano é reduzida (UCHOA *et al.*, 2008; ORDONEZ, 2005). Valores de pH de 3,67 a 4,01 foram encontrados para farinha de abacaxi, 3,45 a 3,87 para farinha de acerola e de 5,21 para farinha de goiaba (SANCHO *et al.*, 2015; BATISTA-SOBRINHO, 2014; LEMOS *et al.*, 2010; ABUD; NARAIN, 2009; COSTA *et al.* 2007).

**Tabela 3.** Características físico-químicas do mix de farinhas de resíduos agroindustriais de abacaxi, acerola e goiaba.

<b>Parâmetros</b>	<b>Mix de farinhas</b>
<b>pH</b>	3,39 ± 0,02
<b>Acidez titulável (% em ácido cítrico)</b>	0,23 ± 0,00
<b>Sólidos Solúveis (°Brix)</b>	2,40 ± 0,08
<b>Atividade de água</b>	0,53 ± 0,00

Média e desvio padrão de três determinações.

O teor de sólidos solúveis do *mix* de farinhas foi distinto dos sólidos solúveis mensurados em farinhas de acerola (3,00 °Brix); de goiaba (1,00 °Brix) e de abacaxi (6,0 °Brix) estudadas por Silva (2015). A atividade de água do *mix* de farinhas, característico de um produto desidratado, foi superior ao valor relatado por Batista-Sobrinho (2014) para farinhas de resíduo de abacaxi (0,30 a 0,38) e de acerola (0,38 a 0,45).

### 3.1 Teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante do *mix* de farinhas

O teor de fenólicos totais do *mix* de farinhas de abacaxi, de acerola e de goiaba foi de 1759,24 mg EAG/100g, próximo do teor encontrado por Silva (2015) (1788,90 a 2252,14 mg EAG/100g) para esta mistura ternária. Dentre as farinhas isoladas destes resíduos, a do resíduo de abacaxi possui o menor teor deste fitoquímico. Sabino *et al.* (2015) relatam para essa farinha teor de fenólicos totais de 770,33 mg EAG/100 g, enquanto que Batista-Sobrinho (2014) e Sun, Chu, Wu e Liu (2002) referem-se, respectivamente, a 59,7 mg EAG/100 g e 94 mg EAG/100 g. Em contrapartida, a farinha do resíduo de acerola apresenta teor mais elevados de fenólicos totais. Nóbrega, Oliveira, Genovese e Correia (2015) mencionam valores entre 2692 e 3171 mg EAG/100 g, enquanto que teor de 7265 mg EAG/100 g foi quantificado por Silva *et al.* (2014). Para a farinha de goiaba há relatos de 420 mg EAG/100 g, para a da casca da fruta, e de 250,53 mg EAG/100 g. para a farinha da semente (HASSIMOTTO; GENOVESE; LAJOLO, 2005).

Observa-se, portanto, variações significativas no teor de fenólicos em resíduos de frutas que podem ser justificadas pela espécie, pela variedade, pelo estágio de maturação, pelo tipo de clima e solo, assim como pelas condições de armazenamento e de manuseio, além de ter influência do método de extração dos compostos, pelo solvente utilizado na extração e também pela utilização de maiores ou de menores teores de cascas e de sementes (SANCHO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2014; AYALA-ZAVALA; ROSAS-DOMÍNGUEZ, VEGA-VEGA, GONZÁLEZ-AGUILAR, 2010; MELO *et al.*, 2008). Desta forma, os resíduos de frutas, constituídos por bagaços, cascas, peles e/ou sementes, além de apresentarem-se como ingredientes potenciais em formulações alimentares podem ser vistos como matéria-prima para extração de compostos bioativos (AGUEDO *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.* 2009; SHUI; LEONG, 2006) e a mistura ternária de resíduos possibilita o incremento dos teores destes fitoquímicos, enriquecendo aquelas farinhas que apresentam menor concentração de fenólicos totais.

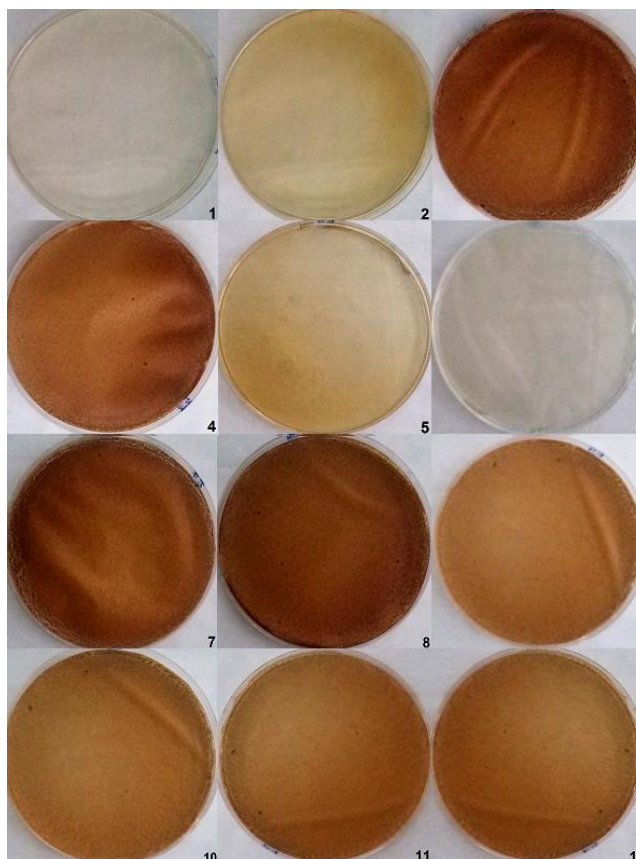
O extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas contendo fenólicos totais na concentração de 10 a 15 µg/mL exibe capacidade de sequestrar o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) de 80,6 a 91,3%. Segundo Andrade, Maciel, Santos e Melo (2015) e Melo *et al.* (2008), extratos cuja capacidade antioxidante é igual

ou superior a 70% podem ser considerados com forte ação antioxidante. A ação antioxidante deste extrato, expressa em  $EC_{50}$ , foi de  $5,83 \pm 0,42 \mu\text{g/mL}$ . Sousa e Lima (2011) relatam valores de  $EC_{50}$  de  $3293,92 \pm 9,89$ ,  $308,07 \pm 0,75$  e  $142,89 \pm 4,85 \mu\text{g/mL}$ , para extrato hidroalcoólico da farinha de resíduos úmidos de abacaxi, de acerola e de goiaba, respectivamente. Outros autores relatam valores de  $EC_{50}$  de  $1791,10 \mu\text{g/mL}$  e  $397,70 \mu\text{g/mL}$  para farinha de resíduo de abacaxi e de acerola, respectivamente (BATISTA-SOBRINHO, 2014); e de  $3.293,92 \mu\text{L/mL}$  para o resíduo das polpas do abacaxi (LIMA *et al.*;2009). O  $EC_{50}$  representa a quantidade de fenólicos do extrato que é capaz de reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (SOUSA e LIMA, 2011; PRAKASH, 2001; HUANG *et al.*, 2005; BRAND-WILLIAMS; CUVELIER, BERSET, 1995). Menores valores de  $EC_{50}$  representam melhor atividade antioxidante. Desta forma, observa-se que o mix de farinhas deste trabalho exibe ação antioxidante frente ao radical DPPH superior a de outras farinhas de resíduos.

### **3.2 Biofilmes de alginato com *mix* de farinhas de resíduos agroindustriais aditivados com extrato hidroetanólico do mix de farinhas (EHRF)**

Os filmes de alginato com diferentes proporções *mix* de farinhas de resíduo de abacaxi, goiaba e acerola e de seus extratos hidroetanólicos apresentaram diferenças visuais quanto a aparência, a textura, a maleabilidade e a coloração (Figura 5). O *mix* de farinhas e o EHRF entraram na elaboração dos filmes com o fim de incorporar a eles compostos fenólicos e, conseqüentemente, propiciar propriedade antioxidante.

**Figura 5.** Filmes de alginato com mix de farinhas de resíduos (abacaxi; goiaba e acerola) aditivados com extrato hidroetanólico do mix de farinhas (EHRF).



[(1)=1% alginato+0% *mix* de farinhas+0,2mL glicerol+2mL EHRF; (2)= 2% alginato+0% *mix* de farinhas+0,2mL glicerol+10mL EHRF, (3)= 1% alginato+3% *mix* de farinhas+0,2mL glicerol+10mL EHRF; (4)= 1% alginato+3% *mix* de farinhas+0,2mL glicerol+10mL EHRF; (5)= 1% alginato+0% *mix* de farinhas+0,3mL glicerol+10mL EHRF; (6)= 2% alginato+0% *mix* de farinhas+0,3mL glicerol+2mL EHRF; (7)= 1% alginato+3% *mix* de farinhas+0,3mL glicerol+2mL EHRF; (8)= 2% alginato+3% *mix* de farinhas+0,3mL glicerol+10mL EHRF; (9), (10), (10), (11) e (12) = 1,5% alginato+1,5% *mix* de farinhas+0,25mL glicerol+6mL EHRF].

Em todas as condições experimentais, definidas na matriz do planejamento (Tabela 4) foi possível obter filmes, os quais apresentaram respostas diferenciadas para teor de fenólicos totais, percentual de retenção de fenólicos e de capacidade de sequestro do radical DPPH.

**Tabela 4.** Matriz do planejamento fatorial fracionário 2<sup>4-1</sup> para obtenção filmes de alginato com mix de farinha de resíduo agroindustrial (abacaxi, acerola e goiaba) aditivados com o extrato hidroetanólico do mix de farinha (EHRF): valores codificados e decodificados para as independentes e respostas (fenólicos totais, percentual de retenção de fenólicos e potencial antioxidante).

Ensaio	Alginato de sódio (%)	Mix de farinhas (%)	Glicerol (mL)	EHRF (mL)	Fenólicos (mg EAG / g de filme)	Retenção de compostos fenólicos (% por g de filme)	Sequestro DPPH (%)
1	-1 (1,0)	-1 (0,0)	-1 (0,2)	-1 (2,0)	0,92 ± 0,06 <sup>g</sup>	26,19 ± 1,80 <sup>a</sup>	12,7 ± 1,7 <sup>g</sup>
2	+1 (2,0)	-1 (0,0)	-1 (0,2)	+1 (10,0)	1,73 ± 0,04 <sup>f</sup>	9,83 ± 0,24 <sup>e</sup>	28,4 ± 0,3 <sup>d</sup>
3	-1 (1,0)	+1 (3,0)	-1 (0,2)	+1 (10,0)	3,61 ± 0,07 <sup>d</sup>	8,21 ± 0,15 <sup>f</sup>	46,9 ± 0,4 <sup>b</sup>
4	+1 (2,0)	+1 (3,0)	-1 (0,2)	-1 (2,0)	3,14 ± 0,07 <sup>c</sup>	10,51 ± 0,22 <sup>e</sup>	12,9 ± 0,9 <sup>g</sup>
5	-1 (1,0)	-1 (0,0)	+1 (0,3)	+1 (10,0)	3,78 ± 0,15 <sup>b</sup>	21,46 ± 0,85 <sup>b</sup>	56,3 ± 2,6 <sup>a</sup>
6	+1 (2,0)	-1 (0,0)	+1 (0,3)	-1 (2,0)	0,63 ± 0,03 <sup>g</sup>	17,86 ± 0,95 <sup>c</sup>	11,1 ± 0,4 <sup>g</sup>
7	-1 (1,0)	+1 (3,0)	+1 (0,3)	-1 (2,0)	3,95 ± 0,09 <sup>a</sup>	13,20 ± 0,28 <sup>d</sup>	41,8 ± 3,4 <sup>c</sup>
8	+1 (2,0)	+1 (3,0)	+1 (0,3)	+1 (10,0)	2,48 ± 0,10 <sup>e</sup>	5,65 ± 0,22 <sup>g</sup>	24,6 ± 1,1 <sup>e</sup>
9	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)	1,80 ± 0,06 <sup>f</sup>	7,58 ± 0,27 <sup>f</sup>	20,5 ± 0,7 <sup>f</sup>
10	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)	1,80 ± 0,02 <sup>f</sup>	7,57 ± 0,07 <sup>f</sup>	20,5 ± 1,5 <sup>f</sup>
11	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)	1,79 ± 0,07 <sup>f</sup>	7,56 ± 0,29 <sup>f</sup>	21,7 ± 1,6 <sup>f</sup>
12	0 (1,5)	0 (1,5)	0 (0,25)	0 (6,0)	1,80 ± 0,08 <sup>f</sup>	7,59 ± 0,31 <sup>f</sup>	21,1 ± 0,1 <sup>f</sup>

Média e desvio padrão de três determinações. Médias seguidas por letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

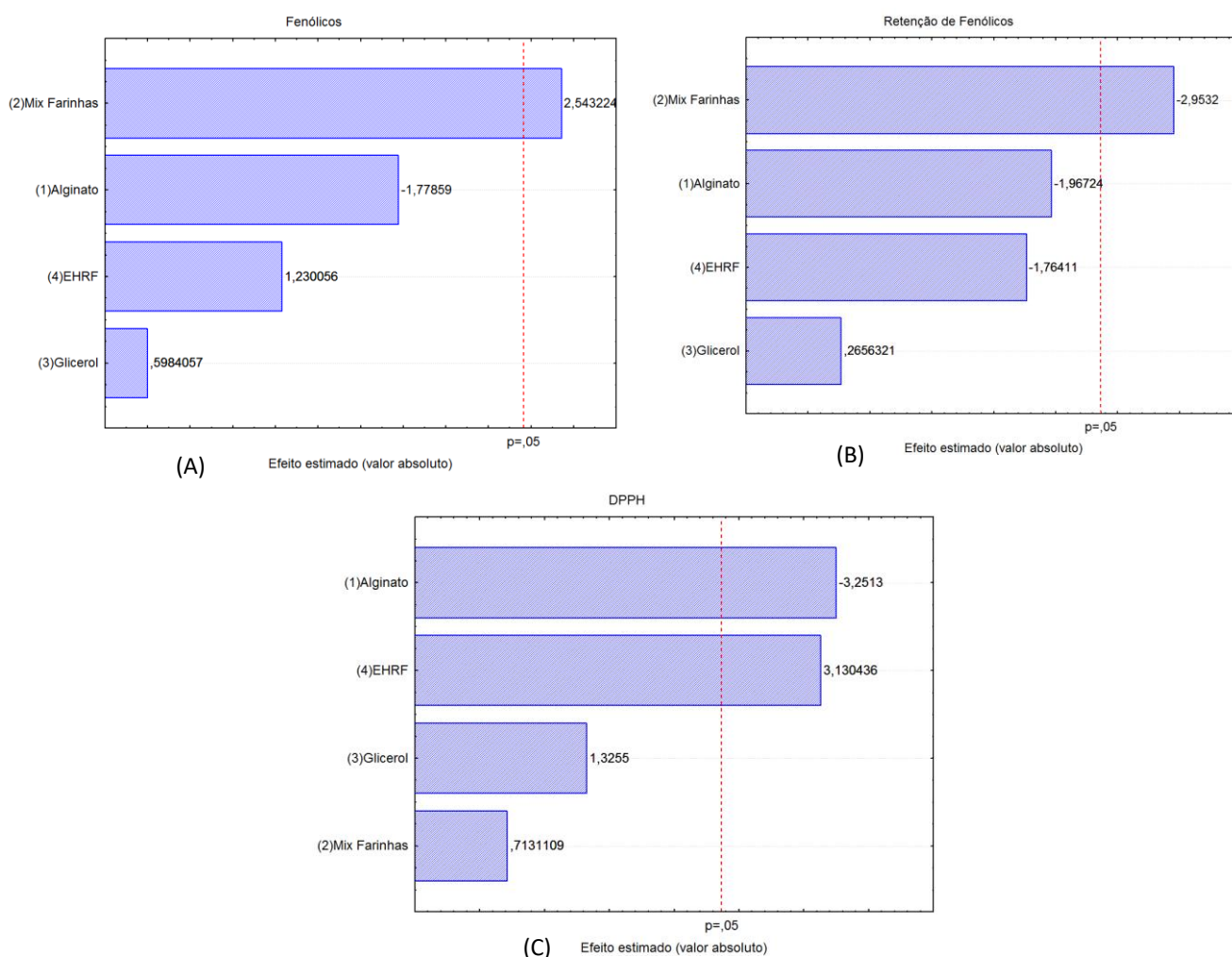
Os filmes dos ensaios 3, 5 e 7, contendo 1% de alginato, apresentaram maiores teores de fenólicos totais. Observa-se que empregando maiores proporções de alginato, a concentração de fenólicos nos filmes reduz significativamente. Comportamento diferente foi exibido pelo filme do ensaio 1, entretanto, verifica-se que o menor teor de fenólicos apresentado nesse filme pode ser justificado pela ausência do *mix* de farinhas e pelo menor volume de EHRF utilizado (Tabela 4). A análise dos dados permite constatar o efeito significativo da adição do *mix* de farinhas sobre o teor de fenólicos e a retenção destes compostos nos filmes (Figura 6), tornando-se evidente que quanto maior a concentração do *mix* de farinha, maior o teor de fenólicos, porém menor é a retenção destes fitoquímicos nos filmes.

O aumento da quantidade do *mix* de farinhas nos filmes, objetivando incorporar maior conteúdo de compostos fenólicos, traz limitações, uma vez que além de reduzir a retenção desses compostos, interfere na formação e estruturação do filme, tornando-o quebradiço. Evidencia-se, portanto, que o alginato deve ter um limiar crítico para a incorporação de aditivos na estrutura do filme. Observa-se, ainda, que a concentração de alginato e a adição do EHRF



exerceram efeito significativo sobre a capacidade antioxidante dos filmes. Revelando que a menor concentração de alginato e os maiores volumes do extrato propiciam a obtenção de filmes com maior ação antioxidante (Figura 6). Desta forma, constata-se a inviável em aumentar o teor de alginato na perspectiva dos filmes suportarem maior proporção do *mix* de farinhas

**Figura 6.** Gráfico do Pareto para efeito estimado ( $p= 0,05$ ) para resposta: (A) concentração de Fenólicos, (B) retenção de fenólicos e (C) DPPH.



Machado (2015) relata que compostos bioativos podem ser perdidos durante o procedimento de elaboração dos filmes, o que pode, ainda, justificar alguns valores mais baixos apresentados por alguns ensaios. Em outros estudos verifica-se que a quantidade de fenólicos no filme está diretamente relacionada com a proporção do extrato adicionado. Em filmes aditivados com extrato de



própolis (2,5%, 5%, 10% e 20% de extrato), o teor de fenólicos variou entre 4 e 6 mg EAG/g (SIRIPATRAWAN; VITCHAYAKITTI, 2016). Com adição de 0,5% e 1% de extrato de “*maqui berries*” em filmes de quitosana o teor de fenólicos totais foram de 4,74 e 8,44 mg EAG/g, respectivamente (GENSKOWSKY *et al.*, 2015). Em filmes incorporados com diferentes proporções de extrato de alecrim o teor de fenólicos no filme foi de 4,4 a 13,6 mg EAG/g (PIÑEIRO-SHERNANDEZ; MEDINA-JARAMILLO, LÓPEZ-CÓRDOBA, GOYANES, 2017). Há relatos de que o uso de maior quantidade de plastificante implica em melhor capacidade de retenção de fenólicos nos filmes, tendo em vista que modifica as interações entre as moléculas (MACHADO, 2015; CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014). No entanto, a quantidade de glicerol utilizado na elaboração dos filmes não influenciou as no teor e retenção de fenólicos totais nem na ação de sequestro do radical DPPH (Figura 6).

Os dados, também, demonstram que, independente do percentual de retenção, os filmes com maior teor de fenólicos exibiram maior capacidade de sequestrar o radical DPPH (Ensaio 3, 5 e 7,  $p > 0,05$ ) (Tabela 4). É possível observar associação positiva entre o teor de fenólicos e a capacidade antioxidante, uma vez que os filmes com maior teor de fenólicos totais apresentaram maior ação antioxidante. A ação antioxidante dos filmes destes ensaios (46,6%, 56,3% e 41,8%, respectivamente), foi superior a de filmes aditivados com extrato do fruto *goji* (*Lycium barbarum*) (35,8%) (WANG *et al.*, 2015), e com extrato de própolis (30% a 55%) (SIRIPATRAWAN E VITCHAYAKITTI, 2016).

### **3.3 Filmes de alginato com mix de farinhas, aditivados com diferentes concentrações de EHRF**

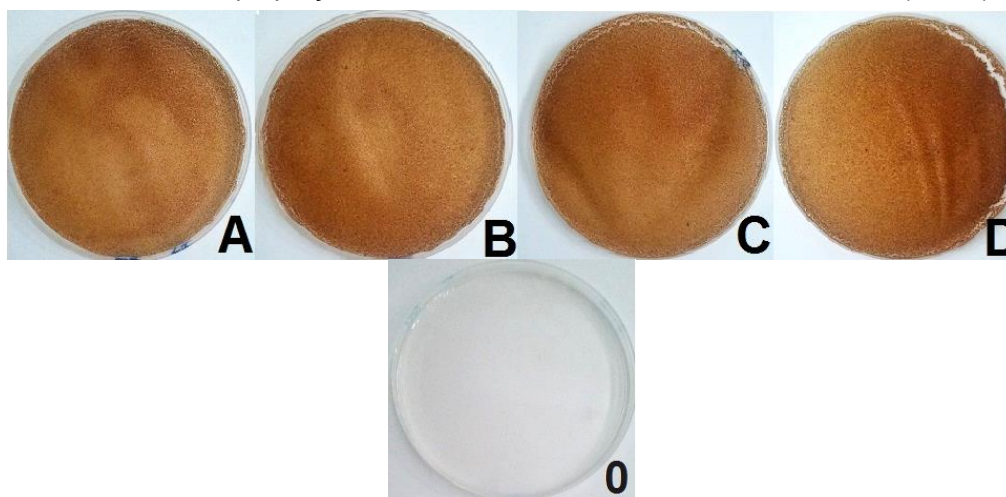
Os ensaios 3, 5 e 7 se destacaram por terem exibido o maior teor de fenólicos e a mais elevada capacidade antioxidante, entretanto, como o objetivo principal deste trabalho é desenvolver filmes de alginato com adição do mix farinhas, o ensaio 5, por não conter este componente, foi descartado, e os ensaios 3 e 7 selecionados para dar continuidade ao estudo. Nestes ensaios, as quantidades de alginato, do *mix* de farinhas e do glicerol são as mesmas (1g, 3g, 0,2 mL, respectivamente), passando a variar a quantidade de EHRF, uma vez que

a análise dos dados apontou efeito significativo sobre o sequestro do radical DPPH (Figura 6 C). Assim, volumes de EHFR entre 0 e 10 mL foram incorporados aos filmes (Tabela 5 e Figura 7).

**Tabela 5.** Filmes de alginato otimizados com mix de farinhas e extrato hidroetanólico dos resíduos de abacaxi, goiaba e acerola.

Filmes	Alginato de sódio (g)	Mix de farinhas (g)	Glicerol (mL)	EHRF (mL)
Controle	1,0	0,0	0,2	0,0
A	1,0	3,0	0,2	2,5
B	1,0	3,0	0,2	5,0
C	1,0	3,0	0,2	7,5
D	1,0	3,0	0,2	10,0

**Figura 7.** Filmes de alginato com *mix* de farinhas do resíduo de abacaxi, goiaba e acerola aditivados com diferentes proporções de extrato hidroetanólico de mix de farinhas (EHRF).



[(A)= 2,5%; (B)= 5,0%; (C)=7,5%; (D)= 10,0% (D) de EHRF e (0) = sem adição de EHRF].

Os filmes com maior proporções do EHRF apresentaram maior teor de compostos fenólicos totais, menor percentual de retenção e maior ação antioxidante (Tabela 5). Evidencia-se que em filmes com volume de extrato entre 5 e 10 mL ocorre aumento significativo no teor de fenólicos, e redução significativa no percentual de retenção, sem contudo, promover aumento significativo da ação antioxidante. Estes dados confirmam os obtidos nos ensaios anteriores, demonstrando existir um limiar para a retenção destes compostos. Observa-se, também, uma relação direta entre a concentração de fenólicos totais no filme e a ação antioxidante (Tabela 6). Diversos autores, também, fazem

referência a esse comportamento (TURUMTAY *et al.*, 2014; LIU *et al.*, 2013; CHIRINOS *et al.*, 2013; MORADI *et al.*, 2012; GÓMEZ-ESTACA *et al.*, 2009).

**Tabela 6.** Teor de compostos fenólicos totais, retenção de compostos fenólicos e atividade de sequestro dos radicais livres dos filmes de alginato e de mix de farinhas incorporados com diferentes concentrações de EHRF.

Filmes	Alginato de sódio (%)	Mix de farinhas (%)	Glicerol (mL)	EHRF (mL)	Fenólicos (mg/g de filme)	Retenção de fenólicos nos filmes (%)	Sequestro DPPH (%)
Controle	1,0	0,0	0,2	0,0	0,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>d</sup>	0,00 ± 0,00 <sup>c</sup>
A	1,0	3,0	0,2	2,5	3,21 ± 0,08 <sup>c</sup>	10,42 ± 0,27 <sup>a</sup>	42,57 ± 1,30 <sup>b</sup>
B	1,0	3,0	0,2	5,0	3,42 ± 0,04 <sup>bc</sup>	9,72 ± 0,13 <sup>b</sup>	45,37 ± 0,75 <sup>a</sup>
C	1,0	3,0	0,2	7,5	3,60 ± 0,01 <sup>ab</sup>	9,11 ± 0,04 <sup>bc</sup>	45,77 ± 0,66 <sup>a</sup>
D	1,0	3,0	0,2	10,0	3,74 ± 0,27 <sup>a</sup>	8,51 ± 0,62 <sup>c</sup>	46,72 ± 1,09 <sup>a</sup>

A=2,5% de EHRF; B=5,0% de EHRF; C=7,5% de EHRF; D=10,0% de EHRF. Os valores são apresentados como média e desvio padrão. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 6, independente do volume do extrato, a ação antioxidante dos filmes foi superior a 40%. Filmes aditivados com 2%; 5,5%; 10% e 20% de extrato de chá verde exibiram, respectivamente, 30%; 35%; 42% e 52% em percentual de sequestro do DPPH (SIRIPATRAWAN; HARTE, 2010). Empregando menor volume desse extrato (0,3% e 0,7%), Wu *et al.* (2013) relatam 15% e 35% de sequestro do radical DPPH. Em filmes de quitosana aditivado com extrato do bagaço de uva a ação antioxidante foi inferior a 35% (FERREIRA *et al.*, 2014). Bitencourt, Favaro-Trindade, Sobral e Carvalho (2014) elaboraram filmes com extrato etanólico de cúrcuma com matriz de gelatina de peixe, e observaram que houve um incremento da atividade antioxidante proporcional ao aumento da concentração de extrato aplicado, assim como foi percebido no presente estudo.

### 3.4 Características físicas dos filmes

As características físicas referentes à espessura, umidade, solubilidade e intumescimento dos filmes encontram-se apresentadas na Tabela 7.

#### a) Espessura

A espessura, parâmetro importante por influenciar nas propriedades mecânicas e na permeabilidade ao vapor de água, está diretamente relacionada ao volume da solução filmogênica usada na elaboração do filme, portanto, esse

volume deve ser bem controlado para obtenção de filmes com espessura desejada e uniformidade. Os componentes que integram as soluções filmogênicas, também, influenciam na variabilidade desse parâmetro. Geralmente, valores menores de espessura se obtêm quando se utiliza somente o biopolímero no processo de elaboração de filmes (GALUS, LENART, 2013).

**Tabela 7.** Características físicas de filmes de alginato com o mix de farinha de resíduos agroindustriais (abacaxi, goiaba e acerola) aditivados com extrato hidroetanólico do mix de farinhas (EHRF).

Filmes	Espessura (mm)	Umidade (%)	Intumescimento (%)		Solubilidade (%)	Permeabilidade ao vapor d'água (g.mm/kPa.h.m)
			1 min	2 min		
<b>Controle</b>	0,048±	15,20±	-	-	100 <sup>a</sup>	0,007±
	0,007 <sup>b</sup>	1,96 <sup>b</sup>	-	-		0,001 <sup>b</sup>
<b>A</b>	0,242±	28,67±	157,51	306,74±	100 <sup>a</sup>	0,099±
	0,016 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>	±1,89 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>		0,010 <sup>a</sup>
<b>B</b>	0,263±	29,34±	149,94	279,15±	100 <sup>a</sup>	0,094±
	0,032 <sup>a</sup>	1,32 <sup>a</sup>	± 0,41 <sub>a</sub>	1,56 <sup>a</sup>		0,005 <sup>a</sup>
<b>C</b>	0,252±	30,58±	182,37	284,63±	100 <sup>a</sup>	0,126±
	0,010 <sup>a</sup>	0,14 <sup>a</sup>	± 0,28 <sub>a</sub>	2,28 <sup>a</sup>		0,043 <sup>a</sup>
<b>D</b>	0,252±	33,09±	150,21	-	100 <sup>a</sup>	0,127±
	0,011 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	± 0,38 <sup>a</sup>	-		0,071 <sup>a</sup>

Os valores são apresentados como média e desvio padrão. Controle= sem mix de farinhas e sem EHRF; A=2,5% de EHRF; B=5,0% de EHRF; C=7,5% de EHRF; D=10,0% de EHRF. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 7, observa-se que, em relação ao filme controle, houve aumento significativo na espessura dos filmes com a adição do *mix* de farinhas e do EHRF ( $p > 0,05$ ), entretanto, não houve diferença estatísticas entre a espessura dos filmes aditivados ( $p < 0,05$ ). Em filmes de alginato com extrato de ginseng, Norajit, Kim e Ryu (2010), também, constaram aumento da espessura ao comparar os filmes aditivados (0,132 mm) com os filmes controle (0,070 mm). Alteração na espessura de filmes decorrentes da incorporação de aditivos é relatada por diversos autores. Filmes de alginato apresentaram  $0,054 \pm 0,003$  mm de espessura, entretanto, quando em blendas com pectina, esse valor foi reduzido para  $0,050 \pm 0,004$  (SOLAK; DYANKOVA, 2014). Em filmes de alginato aditivados com lignina de acácia a espessura foi de  $0,17 \pm 0,02$  a  $0,90 \pm 0,08$  mm (AADIL; PRAJAPATI, JHA, 2016), enquanto que filmes contendo farinha de resíduo de azeitona atingiram espessura de 0,218 mm, 0,237 e 0,305 mm (CRIZEL *et al.*,

2018). Tongnuanchan, Benjakul, Prodpran, Nilsuwan (2015) atribuíram o aumento da espessura de filmes ao maior conteúdo de sólidos introduzidos durante na solução filmogênica e, também, a interferências na organização estrutural dos filmes devido à presença de gotas de extrato. Desta forma, é possível inferir que a adição do *mix* de farinhas e do EHRF contribuiu para o aumento na espessura dos filmes.

## **b) Umidade**

A umidade de um filme define a fração de água presente e depende diretamente do volume de plastificante empregado, pois tende a reter água na estrutura do filme (CERQUEIRA, SOUZA, TEIXEIRA, VICENTE, 2012). Assim, as lacunas intermoleculares no filme podem ser ocupadas por água, promovendo a retenção de umidade (RUBILAR *et al.*, 2013). Na Tabela 7, evidencia-se que a umidade dos filmes com *mix* de farinhas, aditivados com EHRF foi maior do que a do filme controle. Entretanto, independente do volume do EHRF usado, observa-se que não houve diferença no teor de umidade dos filmes ( $p < 0,05$ ). Possivelmente, a presença do *mix* de farinhas influenciou na maior retenção de umidade pelos filmes, porém o uso de volume fixo de glicerol (0,2mL) contribuiu para manter a umidade sem alteração significativa entre os tratamentos.

Outros autores, também fazem referência ao aumento do teor de umidade. Valores próximos ao desta pesquisa foram encontrados em filme contendo extrato de madressilva, cujo conteúdo de umidade foi de  $29,92 \pm 0,95$  % (WANG *et al.*, 2017) e em filmes de alginato com glicerol submetidos à mistura termomecânica, cujo valor máximo de umidade foi de 29% (GAO, POLLET, AVÉROUS, 2017). Outro fator que influencia no teor de umidade é a mistura do biopolímero com outro material que também favoreça ao aumento da umidade. Em filmes de alginato, a umidade de  $11,52 \pm 0,30$ % aumentou até 3%, com a adição de pectina (SOLAK; DYANKOVA, 2014). Em filmes desenvolvidos a partir de alginato e lignina de acácia a umidade foi de  $4,96 \pm 0,66$ %,  $6,86 \pm 0,70$ % e  $13,83 \pm 0,80$ %, enquanto que nas amostras controle o valor foi de  $16,23 \pm 0,97$ % (AADIL; PRAJAPATI, JHA, 2016). Nesse caso, a lignina de acácia, possivelmente, atuou diminuindo a umidade dos filmes.

### c) Solubilidade

Existe relação direta entre a solubilidade dos filmes e os componentes envolvidos em sua composição. As características dos componentes e suas interações, assim como a estrutura que formam estão relacionadas aos níveis de hidrofiliabilidade. Filmes muito solúveis são benéficos para o meio ambiente, pois se desintegram facilmente, porém essa alta solubilidade gera limitações em sua aplicação em produtos alimentícios. Uma alternativa de aplicação desses filmes é em revestimento de sementes agrícolas que necessitem ter uma rápida germinação no campo (FARIAS; FAKHOURI, CARVALHO, ASCHERI 2012) ou em embalagens associada a compostos bioativos, destinadas a produtos prontos para o consumo (*ready-to-eat*), em que o filme pode se dissolver durante o preparo em água fervente (PITAK; RAKSHIT, 2011). Entretanto, para algumas aplicações que precisam melhorar a proteção, maior a resistência à água, e para manter a integridade do produto, torna-se ideal que os filmes apresentem baixa insolubilidade em água (PÉREZ-GAGO, NADAUD, KROCHTA, 1999). Sendo assim, a aplicação do filme influencia diretamente no grau de solubilidade desejada (PELISSARI; ANDRADE-MAHECHA, SOBRAL, MENEGALLI 2013).

Todos os filmes de alginato com *mix* de farinhas e EHRF apresentaram 100% de solubilidade no tempo de análise de uma hora, ou seja, atingiram solubilidade total. Portanto, estes filmes são desejáveis para embalagens que precisam ser degradadas rapidamente no meio ambiente ou para filmes de desintegração oral, não tendo boa aplicação em embalagens para exposição, devendo estar protegida por outra embalagem ou por camada externamente. Como alternativa para diminuição da solubilidade dos filmes, Turbiani e Kieckbush (2011) relatam o uso da reticulação com cálcio, que independentemente da fonte ser cloreto ou benzoato, gera a diminuição na solubilidade dos filmes.

Em outros estudos, os filmes apresentam solubilidade inferior a 100%, com é o caso de filmes com extrato de bagaço de uva (30%) (FERREIRA *et al.*, 2014); filmes de alginato com farinha de banana (27,23%) (SINGH *et al.*, 2017); filmes de alginato com lignina de acácia (de  $26,55 \pm 2,23\%$ ,  $49,21 \pm 4,66\%$  e  $58,21 \pm 6,25$ ) e filmes de alginato com extrato de ginseng ( $> 80\%$ ) (NORAJIT, KIM, RYU, 2010).

#### **d) Intumescimento**

Os filmes de alginato com *mix* de farinhas e aditivados com EHFR apresentaram alto grau de intumescimento no tempo de um e de dois minutos, não havendo diferença estatística entre eles ( $p < 0,05$ ), independente do volume de extrato empregado, porém, devido a sua alta solubilidade, os filmes não mantiveram a estrutura íntegra após esse tempo em contato com a água (Tabela 7). Isso pode ocorrer devido à rápida absorção de água pelos filmes, o que promove relaxamento das estruturas reticulares, que permite o início da solubilização, ocasionando perda de massa por lixiviação e diminuição da capacidade de absorção (TURBIANI; KIECKBUSH, 2011). Alguns filmes solubilizaram-se antes do tempo de um minuto, não apresentando valores mensuráveis.

Filmes de alginato com lignina de acácia atingiram grau de intumescimento de até  $262,6 \pm 11,7\%$ , sendo o menor valor de  $89,7 \pm 3,39\%$  para a amostra controle (AADIL; PRAJAPATI, JHA, 2016), valores inferiores aos obtidos no segundo intervalo de tempo do presente estudo. O intumescimento de filme de alginato relatado por Huq *et al.* (2012) foi de 187% enquanto que filmes de alginato com nanocristais de celulose atingiram valores de 99% a 111% (HUQ *et al.*, 2012). Para os filmes de alginato, o grau de intumescimento nos dez primeiros minutos foi de 90%, aumentando pouco à absorção de água após esse tempo, enquanto que em misturas de alginato e pectina, observou-se aumento no grau de intumescimento em até 240% nos primeiros dez minutos, chegando ao valor máximo de 360% (SOLAK; DYANKOVA, 2014). Zactiti e Kieckbusch (2006) também reportam intumescimento máximo, logo no início do processo, em filmes de alginato. Bierhalz (2014) avaliando o grau de intumescimento de filmes de alginato aditivados com natamicina constatou que os filmes aditivados não apresentaram diferenças de intumescimento e de espessura em relação ao controle (sem natamicina), cujo equilíbrio de hidratação ocorreu no tempo de 5 minutos. Observa-se, portanto, que o intumescimento de filmes é influenciado pelo tipo de aditivação e de matriz usadas na elaboração dos filmes.

### **e) Propriedades de Barreira: Permeabilidade ao vapor de água (PVA)**

O processo de deterioração dos alimentos está estreitamente relacionado com a permeabilidade ao vapor de água (PVA) de suas embalagens. Por esse motivo, esse parâmetro é importante para ser analisado em filmes (AHMADI *et al.*, 2012). Segundo Silva, Lopes, Da Silva e Yoshida (2016), os filmes flexíveis podem ser classificados como ineficazes; de eficácia moderada e eficazes quando os valores de PVA se encontram, respectivamente, entre 0,4 e 4,2 g. mm/kPa.h.m<sup>2</sup>, 0,004 e 0,4 g. mm/kPa.h.m<sup>2</sup> e  $4 \times 10^{-4}$  e  $4 \times 10^{-3}$  g. mm/kPa.h.m<sup>2</sup>.

Na Tabela 7 encontram-se os valores de PVA dos filmes de alginato com mix de farinhas e EHFR. Segundo a classificação estabelecida por Silva, Lopes, Da Silva e Yoshida (2016), estes filmes podem ser considerados de eficácia moderada quanto à permeabilidade ao vapor de água. Observa-se que, independente de volume de EHFR adicionado, os filmes apresentaram maior valor de PVA quando comparados com o filme controle, porém sem apresentar diferença estatística entre eles ( $p < 0,05$ ). A presença do extrato possivelmente influenciou o aumento da PVA, como foi observado por Norajit, Kim e Ryu (2010) em seus estudos. Outro fator que possivelmente contribuiu para o aumento da PVA foi a adição do mix de farinhas, pois conforme relata Crizel *et al.* (2018), o aumento na PVA em filmes de alginato com farinha do bagaço de azeitona, está associado ao aditivo incorporado, devido ao fato da superfície do filme tornar-se irregular com a presença da farinha, podendo resultar em pequenas fissuras, que facilitaríamos a transferência de água pelo filme.

Valores de PVA variados são reportados por diversos autores para filmes de alginato, sendo o maior valor de PVA relatado por Rhim (2004) e o menor por Olivas e Barbosa-Canovas (2008). A variabilidade encontrada pode ser atribuída a forma de preparação do filme e às condições da medição da permeabilidade, assim como, também, a quantidade de glicerol usada como plastificante, a temperatura e a umidade relativa dos filmes. As discrepâncias que ocorrem nesse parâmetro, evidenciadas em vários tipos de filme, são decorrentes tanto do tipo e quantidade ou à proporção de matriz utilizada, assim como também à espessura final do filme e também às diferentes metodologias e suas variações para essa análise (DICK *et al.*, 2015).

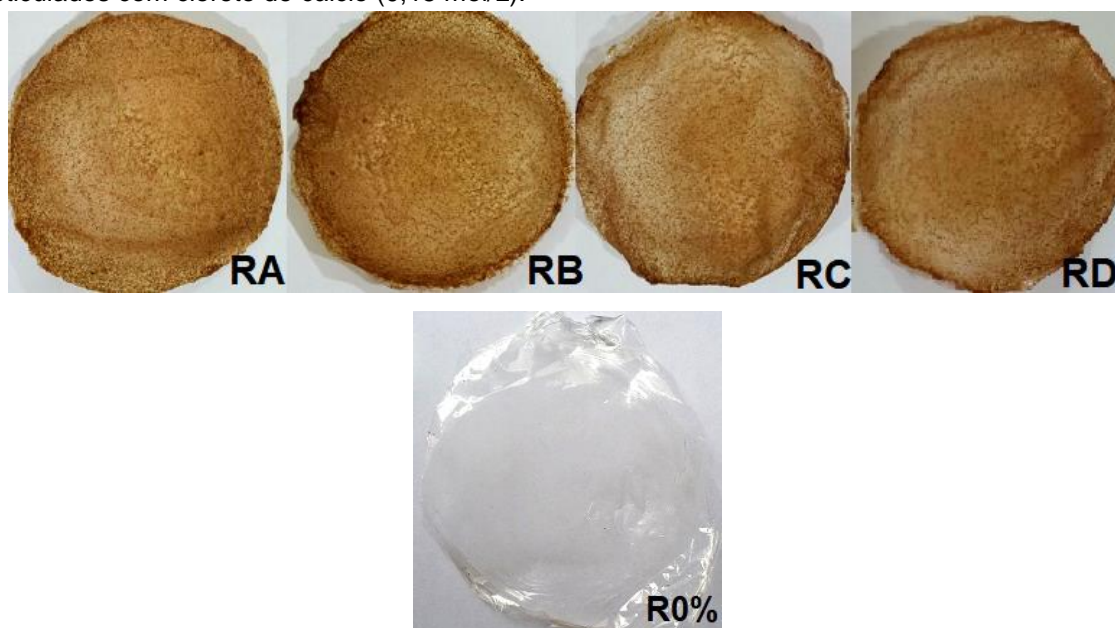


### 3.5 Filmes de alginato com *mix* de farinhas de EHRF reticulados com cloreto de cálcio

O alginato tem capacidade de reagir com cátions divalentes de metais, a exemplo dos íons de cálcio, que estabelecem associação cooperativa entre os blocos  $\beta$ -D-manuronato (M) e  $\alpha$ -L-guluronato (G) do alginato, resultando em uma rede tridimensional em que os íons são empacotados e coordenados (BENAVIDES; VILLALOBOS-CARVAJAL, REYES, 2012). Como o alginato é uma matriz hidrofílica, o processo de reticulação realizado por meio desses cátions melhora as propriedades de barreira, a resistência mecânica e a rigidez dos filmes (RHIM *et al.*, 2004).

Assim, considerando que a capacidade do alginato de produzir géis mais insolúveis e fortes é melhorada com a adição de cálcio, tornando os filmes, menos sensíveis a solubilidade em água (KHALIL *et al.*, 2017), a solução filmogênica foi aspergida com solução de cálcio, e os filmes submetidos as determinação das características físicas, cujos resultados estão apresentados na Figura 8 e Tabela 8. Ressalta-se que para atingir espessuras (0,200 a 0,300 mm) similares a dos filmes sem reticulação, o volume da solução filmogênica foi reduzida à metade.

**Figura 8.** Filmes de alginato com *mix* de farinhas do resíduo de abacaxi, goiaba e acerola aditivados com diferentes proporções de extrato hidroetanólico de *mix* de farinhas (EHRF) e reticulados com cloreto de cálcio (0,15 mol/L).



[(RA)= 2,5% ; (RB)= 5,0%; (RC)=7,5%; (RD)= 10,0%;(R0%)= 0% de EHRF]

**Tabela 8.** Características físicas de filmes de alginato com o mix de farinhas de resíduos agroindustriais (abacaxi, goiaba e acerola) aditivados com extrato hidroetanólico do mix de farinhas (EHRF) e reticulados com cloreto de cálcio.

Filmes	Umidade (%)	Intumescimento (%)		Solubilidade (%)	Permeabilidade ao vapor d'água (g. mm/kPa.h.m)
		1 min	2 min		
<b>Controle</b>	12,7± 1,04 <sup>b</sup>	1493,7± 9,92 <sup>a</sup>	2176,7 ± 4,10 <sup>a</sup>	85,25 <sup>a</sup> ± 3,36	0,007± 0,001 <sup>b</sup>
<b>RA</b>	23,2± 1,17 <sup>a</sup>	295,45±2,28 <sup>b</sup>	441,37±8,45 <sup>b</sup>	74,14 <sup>a</sup> ± 3,66	0,068± 0,005 <sup>a</sup>
<b>RB</b>	23,2± 1,42 <sup>a</sup>	299,67± 3,10 <sup>b</sup>	419,09± 5,60 <sup>b</sup>	73,70 <sup>a</sup> ±6,98	0,068± 0,005 <sup>a</sup>
<b>RC</b>	23,8± 1,2 <sup>a</sup>	304,84± 6,28 <sup>b</sup>	410,49± 5,61 <sup>b</sup>	72,15 <sup>a</sup> ±0,79	0,068± 0,043 <sup>ac</sup>
<b>RD</b>	23,5± 1,2 <sup>a</sup>	304,83± 7,70 <sup>b</sup>	412,53 ± 7,31 <sup>b</sup>	68,70 <sup>a</sup> ± 6,32	0,061± 0,005 <sup>c</sup>

Os valores são apresentados como média e desvio padrão. Controle= sem *mix* de farinhas e sem EHRF; RA=2,5% de EHRF; RB=5,0% de EHRF; RC=7,5% de EHRF; RD=10,0% de EHRF. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

A umidade dos filmes de controle foi significativamente menor do que a dos filmes com o *mix* de farinhas e EHRF, sem, contudo, haver diferença entre os filmes aditivados, independente do volume de EHRF. Entretanto, comparando o teor de umidade destes filmes com o dos filmes sem cloreto de cálcio evidencia-se que nos últimos, a umidade foi significativamente mais elevada ( $p > 0,05$ ). A solubilidade dos filmes reticulados não demonstrou diferença entre eles, porém foi significativamente menor do que a solubilidade dos filmes sem adição de cloreto de cálcio.

Quanto ao intumescimento, observa-se que nos filmes controle foi muito maior do que nos filmes com o *mix* de farinhas e EHRF (Tabela 8), entretanto, não houve diferença significativa nos valores deste parâmetro entre os filmes com diferentes volumes de EHRF ( $p < 0,05$ ). Porém, ao serem comparados com os dos filmes sem adição de cloreto de cálcio, verifica-se que estes últimos atingiram valores de intumescimento muito menores. Desta forma, percebe-se que a adição de cloreto de cálcio aumentou a absorção de água pelos filmes, sem, contudo, promover a sua solubilização completa. Turbiani e Kieckbush (2011) relatam que filmes de alginato reticulados com benzoato e/ou com cloreto de cálcio demonstraram intumescimento máximo no início do processo, em torno de um

minuto de contato, atingindo entre 39% e 50% de absorção, chegando ao máximo de 70%, demonstrando valores bem inferiores aos obtidos no presente estudo.

A permeabilidade ao vapor de água dos filmes com *mix* de farinhas e aditivados com EHRF foi maior do que a do filme controle, porém sem exibir diferença entre os filmes com diferentes volumes de EHRF ( $p < 0,05$ ). Entretanto, ao comparar com os filmes sem adição de cloreto de cálcio verifica-se que ocorreu uma redução significativa nos valores deste parâmetro. Sendo assim, constata-se que a aplicação do cloreto de cálcio alterou as características físicas dos filmes, propiciando sua aplicação em alimentos que requeiram embalagens com menor permeabilidade ao vapor d'água e menor solubilidade.

### 3.6 Características ópticas

#### a) Parâmetros de cor

A cor é considerada um importante parâmetro em embalagens e deve ser controlada (FALGUERA *et al.*, 2011). Rhim *et al.* (2004) consideram que os filmes e revestimentos comestíveis devem apresentar-se ao máximo incolores, para que simulem a aparência usual dos tradicionais filmes poliméricos, uma vez que os atributos de cor influenciam a aceitabilidade do consumidor em relação ao produto (ZHANG *et al.*, 2015; GALUS, LENART, 2013). Porém, filmes de coloração escura são importantes para uso em embalagens que minimizam o contato da luz com o alimento, protegendo os compostos fotossensíveis (JRIDI *et al.*, 2014).

No sistema CIELAB, a escala de ( $L^*$ ) luminosidade varia do preto (0) ao branco (100), enquanto o eixo ( $a^*$ ) varia do verde (-a) ao vermelho (+a) e o eixo  $b^*$  do azul (-b) ao amarelo (+b). A partir destes dados é possível obter valores dos parâmetros relacionados ao Croma ( $C^*$ ), índice de cor ( $CI^*$ ) e índice de brancura ( $WI^*$ ). As tabelas 9 e 10 apresentam dados relativos aos parâmetros de cor dos filmes. Evidencia-se que ao aumentar o volume de extratos nos filmes, o valor de  $L^*$  diminui, indicando que os filmes ficam mais escuros, entretanto não há diferença de luminosidade entre os filmes com 2,5% e 5% de EHRF, assim como não há entre os filmes com 7,5% e 10% de extrato. Os valores de  $a^*$  e  $b^*$  indicam que a cor dos filmes tem contribuição do vermelho e do amarelo, cuja combinação dá origem a tons de marrom. O filme controle, sem adição do EHRF apresenta valor de luminosidade ( $L$ ) próximo de 100, e valores de  $a^*$  e  $b^*$

estatisticamente inferiores aos demais filmes, demonstrando que são muito mais claros, cuja cor tem leve contribuição do verde e do amarelo. Os filmes de alginato com adição de extrato podem ser aplicados em alimentos visando protegê-los da incidência de luz. O valor de  $\Delta E$  indica existir uma diferença significativa de cor entre os filmes, exceto entre os filmes com 2,5% e 5% de EHRF.

**Tabela 9.** Efeito da adição do extrato hidroetanólico do mix de farinhas (EHRF) sobre os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E^*$  de filmes de alginato com o mix de farinha de resíduos agroindustriais (abacaxi, goiaba e acerola).

Filmes	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E^*$
<b>Controle</b>	95,61 ± 0,11 <sup>a</sup>	-0,13 ± 0,20 <sup>c</sup>	3,84 ± 0,06 <sup>c</sup>	2,38 ± 0,67 <sup>d</sup>
<b>A</b>	39,78 ± 0,83 <sup>b</sup>	13,40 ± 0,16 <sup>ab</sup>	23,07 ± 0,23 <sup>a</sup>	62,61 ± 0,85 <sup>c</sup>
<b>B</b>	37,72 ± 0,29 <sup>b</sup>	12,30 ± 0,08 <sup>b</sup>	21,77 ± 0,27 <sup>ab</sup>	63,84 ± 0,19 <sup>c</sup>
<b>C</b>	34,10 ± 0,52 <sup>c</sup>	12,80 ± 0,30 <sup>ab</sup>	19,79 ± 0,28 <sup>b</sup>	66,80 ± 0,48 <sup>b</sup>
<b>D</b>	33,36 ± 0,15 <sup>c</sup>	15,28 ± 0,11 <sup>a</sup>	19,52 ± 0,42 <sup>b</sup>	67,95 ± 0,06 <sup>a</sup>

A=2,5% de EHRF; B=5,0% de EHRF; C=7,5% de EHRF; D=10,0% de EHRF. Os valores são apresentados como média e desvio padrão. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 10.** Efeito da adição do extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas sobre os parâmetros Cromo ( $C^*$ ), índice de cor ( $CI^*$ ) e índice de brancura ( $WI^*$ ) de filmes de alginato com o *mix* de farinha de resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e goiaba).

Filmes	$C^*$	$CI^*$	$WI^*$
<b>Controle</b>	3,86 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,91 <sup>d</sup>	94,16 ± 0,06 <sup>a</sup>
<b>A</b>	26,68 ± 1,20 <sup>a</sup>	14,62 ± 0,62 <sup>c</sup>	34,11 ± 0,41 <sup>b</sup>
<b>B</b>	25,01 ± 0,82 <sup>a</sup>	14,97 ± 0,73 <sup>c</sup>	32,88 ± 0,66 <sup>b</sup>
<b>C</b>	23,58 ± 1,86 <sup>a</sup>	18,91 ± 1,26 <sup>b</sup>	29,98 ± 0,39 <sup>c</sup>
<b>D</b>	24,80 ± 2,24 <sup>a</sup>	23,38 ± 1,44 <sup>a</sup>	28,86 ± 0,56 <sup>d</sup>

Controle: sem *mix* de farinhas e sem EHRF; A=2,5% de EHRF; B=5,0% de EHRF; C=7,5% de EHRF; D=10,0% de EHRF. Os valores são apresentados como média e desvio padrão. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

A adição de extratos de plantas em filmes, geralmente, altera sua coloração e os torna mais escuros. Bierhalz (2014) observou que a adição de natamicina em filmes de alginato promoveu diminuição do valor da luminosidade ( $L^*$ ) e aumento do parâmetro  $b^*$ , tornando-os, portanto, mais escuros e amarelados. Em filme com adição de mucilagem de chia houve alteração dos parâmetros  $L^*$  (79,97 ± 0,13 a 82,71 ± 0,20); de  $a^*$  (0,68 ± 0,03 a 0,84 ± 0,04), de  $b^*$  (24,49 ± 0,18 a 28,28 ± 0,25) e  $\Delta E$  (26,27 ± 0,10 a 31,52 ± 0,28) (DICK *et al.*, 2015). Siripatrawan e Vitchayakitti (2016) constataram que as diferentes

concentrações de extrato adicionadas nos filmes influenciaram o parâmetro de diferença de cor ( $\Delta E^*$ ) de forma proporcional, em que aumentando a quantidade de extrato, elevaram-se os valores de  $\Delta E^*$ , assim como também foi observado no presente estudo.

Na tabela 10 evidencia-se que os filmes não apresentaram diferença significativa no que se refere à intensidade da cor ( $C^*$ ), porém ocorre diferença na tonalidade quando comparados ao filme controle ( $p > 0,05$ ). O índice de cor ( $CI^*$ ) e o índice de brancura ( $WI^*$ ) revelam haver diferença entre os filmes com 7,5% e 10% de EHRF, e entre estes e os demais ( $p > 0,05$ ). Em filmes de alginato com farinha de banana o croma foi de 9,27 (SINGH *et al.*, 2017), portanto, inferior ao dos filmes com EHRF (Tabela 10), considerados mais escuros e com maior intensidade de cor.

O índice de brancura dos filmes aditivados foi inferior ao do filme controle. Observa-se que os filmes com maior proporção de EHRF apresentou menor índice de brancura, confirmando que são mais escuros. Constata-se, portanto, que a adição de extratos reduz de forma significativa à brancura dos filmes. Estes dados corroboram com Moradi *et al.* (2012) e Abdollahi, Rezaei e Farzi (2012), que afirmam ser a cor de filmes biodegradáveis bastante influenciada pela variedade e pelo teor de compostos presentes nos extratos adicionados aos filmes.

## **b) Opacidade**

A luz ultravioleta é responsável pela foto-oxidação (ESPINOZA-ATENCIA; FARIA, ANJOS, 1993). Embora se encontre em espectro eletromagnético estreito, entre 200 e 380 nm, a luz UV possui quantidade de energia maior do que a da luz visível (380 e 780 nm), pois a energia dos raios é diretamente proporcional à frequência e inversamente proporcional ao comprimento de onda. Portanto, raios UV são responsáveis pelas maiores taxas de oxidação (SILVERSTEIN; WEBSTER, KIEMLE, 2012).

A opacidade e a transparência representam entre si uma relação inversa, uma vez que o aumento da opacidade indica diminuição da transparência. A opacidade das embalagens é uma propriedade que auxilia na prevenção da

deterioração de produtos alimentícios, pois reduz a sua exposição à luz (MA; TANG, YANG, YIN 2013). Na Tabela 11 encontram-se os dados de transmissão de luz no comprimento de onda de 280nm (luz UV) e de 600nm (luz visível). Observa-se que, no comprimento de onda, de 280nm os filmes com maior quantidade de EHRF (7,5% e 10%) apresentaram maior opacidade do que os filmes com menor volume do extrato, sem, contudo exibir diferença entre eles. No comprimento de onda de 600nm, independente do volume do extrato, também não foi evidenciada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na opacidade dos filmes. Os filmes de alginato com o *mix* e com EHRF foram consideravelmente mais opacos do que do filme de alginato (controle). O aumento da opacidade é algo positivo para estes filmes, uma vez pode proteger os alimentos embalados contra o contato direto da luz visível e ultravioleta, retardando a foto-oxidação.

**Tabela 11.** Interferência na transmissão da luz pela adição do *mix* de farinhas de resíduos agroindustriais e do extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas (EHRF) nos filmes de alginato.

Filmes	Transmissão de luz	
	Abs 280 nm (luz UV)	Abs 600 nm (Luz visível)
Controle	4,44 ± 0,22 <sup>c</sup>	1,24 ± 0,17 <sup>b</sup>
A	11,81 ± 0,52 <sup>b</sup>	5,62 ± 0,22 <sup>a</sup>
B	12,07 ± 0,96 <sup>b</sup>	5,87 ± 0,22 <sup>a</sup>
C	14,36 ± 0,49 <sup>a</sup>	6,10 ± 0,54 <sup>a</sup>
D	14,92 ± 0,82 <sup>a</sup>	6,54 ± 0,36 <sup>a</sup>

Controle: sem *mix* de farinhas e sem EHRF; A=2,5% de EHRF; B=5,0% de EHRF; C=7,5% de EHRF; D=10,0% de EHRF. Os valores são apresentados como média e desvio padrão. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

A adição de extratos ou outro material vegetal em filmes, geralmente, aumenta a sua opacidade. A 600nm, Machado (2015) obteve  $7,85 \pm 0,41$  em filmes de quitosana aditivados com extrato hidroetanólico da farinha do resíduo de acerola, valor superior em opacidade, possivelmente devido ao teor utilizado, que foi de 20% de extrato. Em filmes de alginato com nanopartículas de prata a opacidade (600nm) foi de 2,59 a 4,05, enquanto que, no controle este parâmetro foi de 2,09 (RAMACHANDRAIAH, GNOC, CHIN, 2017). Em filmes de alginato com lignina de acácia a capacidade de transmissão de luz ultravioleta a 280 nm ficou entre 4,44 e 28,91 (AADIL, PRAJAPATI, JHA, 2016) e a 600 nm entre 1,81 e 5,88 em enquanto que os filmes controle (sem adição da lignina) os valores foram, respectivamente, de 0,572 e 0,019. A opacidade nos filmes adicionados com farinha de bagaço de azeitona foram maiores do que nos filmes de controle

(CRIZEL *et al.*, 2018). Wang *et al.* (2017) afirmam que o aumento da opacidade ocorre quando se elevam os teores de extrato, conforme ocorreu em filmes aditivados com extrato de madressilva. No caso dos filmes deste estudo, a opacidade decorre tanto da adição do EHRF, como também do *mix* de farinhas.

### 3.7 Propriedades mecânicas

#### a) Resistência à tração, Deformação na ruptura e Módulo elasticidade

A composição e a estrutura física da embalagem influenciam diretamente na forma e na finalidade a que se destina. A sua aplicação no âmbito da indústria de alimentos é regida pelas propriedades mecânicas que devem atender adequadamente ao tipo de alimento a ser embalado. Dentre as propriedades mecânicas a serem estudadas destacam-se a propriedade de resistência à tração (RT) e a de deformação na ruptura (DR), parâmetros que garantem a segurança e a integridade dos produtos embalados aos danos físicos (RUBILAR *et al.*, 2013; MARTINS, CERQUEIRA, VICENTE, 2012; BOURBON *et al.*, 2011). A resistência à tração (RT) ou força de tração máxima explica a resistência mecânica do filme, e está relacionada à coesão entre cadeias, enquanto que a deformação na ruptura mede sua plasticidade, ou seja, refere-se à capacidade do filme de se estender antes de romper (GALUS, LENART, 2013). Sendo assim, filmes com alta resistência à tração (RT) tendem a ter menores valores de deformação na ruptura (DR) e ambos os parâmetros devem ser observados e avaliados em conjunto (SILVA *et al.*, 2009). O Módulo Elasticidade, também denominado Módulo de *Young*, é outro parâmetro importante que avalia o nível de rigidez dos filmes, de modo que, quanto maior o valor, maior a tensão necessária para gerar deformação, ou seja, maior é a rigidez (FERREIRA *et al.*, 2014).

As propriedades mecânicas dos filmes com o *mix* de farinhas e EHRF (Tabela 12) foram significativamente diferentes do filme controle ( $p > 0,05$ ), demonstrando que a farinha associada ao EHRF exerce influência sobre estas propriedades. A RT e o módulo elasticidade (ME) não foram influenciados pela concentração do EHRF ( $p < 0,05$ ), entretanto para deformação específica na ruptura, observa-se que os filmes com 5% de EHRF apresentou valor mais elevado do que os filmes com 2,5% de EHRF, sem contudo diferir de forma significativa dos filmes com 7,5 e 10% de extrato.

**Tabela 12.** Propriedades mecânicas de filmes de alginato com o *mix* de farinhas de resíduos agroindustriais (abacaxi, acerola e goiaba) aditivados com extrato hidroetanólico do *mix* de farinhas (EHRF).

Filmes	Resistência à tração (mPa)	Deformação específica na ruptura (%)	Módulo Elasticidade (mPa)
Controle	28,6 ± 3,4 <sup>a</sup>	6,97 ± 1,20 <sup>c</sup>	501,4 ± 57,8 <sup>a</sup>
A	1,57 ± 0,03 <sup>b</sup>	19,80 ± 0,78 <sup>b</sup>	13,8 ± 1,3 <sup>b</sup>
B	1,39 ± 0,16 <sup>b</sup>	23,52 ± 1,74 <sup>a</sup>	10,38 ± 2,86 <sup>b</sup>
C	1,18 ± 0,16 <sup>b</sup>	21,37 ± 2,21 <sup>ab</sup>	8,06 ± 1,08 <sup>b</sup>
D	1,24 ± 0,50 <sup>b</sup>	21,96 ± 0,93 <sup>ab</sup>	6,78 ± 1,79 <sup>b</sup>

Os valores são apresentados como média e desvio padrão. Controle= sem *mix* de farinhas e sem EHRF; A=2,5% de EHRF; B=5,0% de EHRF; C=7,5% de EHRF; D=10,0% de EHRF. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Os filmes aditivados demonstraram redução na força máxima aplicada quando comparados com o filme controle, porém, sem apresentarem diferenças entre si, independente da concentração de EHRF. Portanto, é possível que a presença do *mix* de farinhas, associado ao EHRF, tenha alterado a resistência à tração dos filmes, tornando-os menos resistentes à tração. A deformação na ruptura, também tratada como alongamento na ruptura, aumentou significativamente ( $p > 0,05$ ) em relação ao controle, indicando maior distensão do que a ocorrida na amostra de controle. O módulo elasticidade demonstrou que rigidez dos filmes aditivados diminuiu, ou seja, a sua elasticidade foi aumentada, independente do volume de EHRF. Sendo assim, os filmes aditivados com *mix* de farinhas e EHRF apresentam características de maior suavidade e flexibilidade, exibindo maior elasticidade e maior deformação, porém com menor resistência.

Filmes de alginato com extrato de ginseng, estudados por Norajit, Kim e Ryu (2010), também, apresentaram diminuição na resistência à tração. Nestes filmes houve aumento no parâmetro deformação na ruptura, porém não apresentaram diferenças no módulo de elasticidade quando comparados ao filme controle. Em filmes de alginato com purê de maçã e glicerol a resistência à tração foi de 2,90 mPa (ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007), valor superior aos dos filmes de alginato aditivados com *mix* de farinhas e EHRF. Em filmes de alginato reticulados com cloreto de cálcio e/ou com benzoato de cálcio a RT variou de 58,7 ± 4,7 a 120,1 ± 7,2 mPa e a DR de 0,71 ± 0,12% a 2,66 ± 0,37% (TURBIANI; KIECKBUSCH, 2011). Evidencia-se, portanto, que em função da reticulação dos



filmes com cálcio estes parâmetros foram muito diferentes dos obtidos pelos filmes com *mix* de farinha e EHRF.

Em filmes aditivados com extrato de semente de uva a RT foi de  $14,64 \pm 2,51$  mPa e a DR de  $30,86 \pm 6,86\%$  (LI *et al.*, 2014), valores, também, superiores aos dos filmes de alginato com *mix* de farinha e EHRF. Filmes de alginato aditivados com lignina de acácia apresentaram valor de RT entre 0,146-0,562 mPa (AADIL; PRAJAPATI, JHA, 2016), enquanto que em filmes de alginato com extrato do bagaço de uvas viníferas tipo *Merlot* foi de  $1,12 \pm 0,18$  mPa (DENG, ZHAO, 2011). A DR em filmes de alginato aditivados com dextrose foi de 5%, sendo inferior aos valores do presente estudo com *mix* de farinhas, porém, os filmes de alginato com maltodextrina atingiram valores mais próximos, chegando a até 20% (KOUSHKI; AZIZI, AZIZIKHANI, KOOHY-KAMALY 2015). É possível que a menor resistência à tração (RT) e elevada deformação na ruptura (DR) dos filmes de alginato com *mix* de farinha e EXHRF seja relacionada ao teor de fibra do *mix* de farinhas.

A incorporação de aditivos aos filmes está relacionada à alteração das propriedades mecânicas, cujos valores variam em função do tipo de matéria-prima incorporada aos filmes (KAYGUSUZ *et al.*, 2017; ANDRADE, FERREIRA, GONÇALVES, 2016; KOUSHKI; AZIZI, AZIZIKHANI, KOOHY-KAMALY, 2015; WANG *et al.*, 2015; MARTELLI *et al.*, 2013; AZEREDO *et al.*, 2012; FARIAS *et al.*, 2012; LOREVICE *et al.*, 2012; ANDRADE-MAHECHA, TAPIA-BLÁCIDO E MENEGALLI, 2011; AZEREDO *et al.*, 2009; ROJAS-GRAÜ *et al.*, 2007). Segundo Adilah, Jamilah, Hanani (2018) as propriedades mecânicas dos filmes são fortemente influenciadas pelos compostos presentes nos aditivos incorporados, alguns deles podem aumentar os valores dos parâmetros das propriedades mecânicas e outros podem reduzi-los. Ressalta-se que as frutas usadas como matéria prima conferem menor força e maior extensibilidade aos filmes do que as hortaliças, em decorrência das diferenças no teor de fibras alimentares e de açúcares totais nesses materiais (MCHUGH; OLSEN, 2004). Entretanto, ainda que as propriedades mecânicas sejam de enorme importância para os filmes, o produto alimentar que será embalado com ele é que indicará as demandas para essas características (OTONI *et al.*, 2017). No entanto, há possibilidade de ajustes dessas propriedades pelo uso de aditivos, tais como agentes aglutinantes,

reticulantes e/ou plastificantes (OTONI *et al.*, 2017), favorecendo adaptações para se ajustar a aplicação ao produto escolhido. Ressalta-se, também, que as propriedades funcionais dos filmes podem ser alteradas com mudanças na temperatura e umidade na etapa de secagem (TAPIA-BLÁCIDO, SOBRAL, MENEGALLI, 2005).

#### 4 CONCLUSÃO

Filmes de alginato com *mix* de farinhas do resíduo de acerola, abacaxi e goiaba, aditivados com extrato hidroetanólico desse *mix* de farinhas (EHFR), apresentam potencial antioxidante em função dos compostos fenólicos incorporados com a adição do *mix* de farinha e do EHFR. Os componentes adicionados aos filmes promoveram o seu escurecimento e o aumento de sua opacidade, além de os tornarem mais flexíveis, mais elásticos e menos resistentes a tração. Os filmes, também, se mostraram altamente solúvel em água e com eficácia moderada a permeabilidade ao vapor de água, entretanto, estas características foram melhoradas com a reticulação dos filmes com cloreto de cálcio. Desta forma, torna-se evidente a viabilidade do aproveitamento de resíduos de frutas na produção de filmes de alginato aditivados, cujas características física, funcionais e propriedades mecânicas permitem empregá-los em embalagem para proteção de alimentos secos que suscetíveis à oxidação lipídica, incluindo a promovida pela foto-oxidação, bem como filmes de desintegração oral.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AADIL, K. R.; PRAJAPATI, D.; JHA, H. Improvement of physico-chemical and functional properties of alginate film by *Acacia* lignin. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 10, p. 25-33, 2016.

ABDOLLAHI, M.A.; REZAEI, M.A.; FARZI, G.B. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan, **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 2, p. 343-350, 2012.

ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian journal Food Technology**, v. 12, p. 257-265, 2009.

ADILAH, Z. A. M.; JAMILAH, B.; HANANI, Z. A. N. Functional and antioxidant properties of protein-based films incorporated with mango kernel extract for active packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 74, p. 207-218, 2018.

AGUEDO, M.; KOHNEN, S.; RABETAFIKA, N.; BOSSCHE, S. V.; STERCKX, J.; BLECKER, C.; BEAUVE, C.; PAQUOT, M. Composition of By-products from cooked fruit processing and potential use in food products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.27, n. 1, p. 61–69, 2012.

AHMADI, R.; KALBASI-ASHTARI, A.; OROMIEHIE, A.; YARMAND, M. S.; JAHANDIDEH, F. Development and characterization of a novel biodegradable edible film obtained from psyllium seed (*Plantago ovata* Forsk). **Journal of Food Engineering**, v. 109, p. 745–751, 2012.

AL-HASSAN, A. A.; NORZIAH, M. H. Starch-gelatin edible films: water vapor permeability and properties as affected by plasticizers. **Food Hydrocolloids**, v. 26, p. 108–117, 2012.

ANDRADE, R. A. M. S., MACIEL, M. I. S., SANTOS, A. M. P.; MELO, E. A. Optimization of the extraction process of polyphenols from cashew apple agro-industrial residues. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 35, n. 2, p. 354-360, 2015.

ANDRADE, R. M. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Development and Characterization of Edible Films Based on Fruit and Vegetable Residues. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 2, p. 412-418, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. v.1 17th ed., Washington, DC: Association Official Analytical Chemists, 2002.

ASTM. Designation E96-95. **Standard test method for water vapor transmission of materials**. In Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 1995.

AYALA-ZAVALA, J. F.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; VEGA-VEGA, V.; GONZÁLEZ-AGUILAR. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own by-products: looking for integral exploitation. **Journal of Food Science**, v. 75, n.8, p.175-181, 2010.

AZEREDO, H. M. C.; MATTOSO, L. H.; WOOD, D.; WILLIAMS, T. G.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H. Nanocomposite edible films from mango puree reinforced with cellulose nanofibers. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 5, p. 31-35, 2009.

AZEREDO, H. M. C.; MIRANDA, K. W. E.; ROSA, M. F.; NASCIMENTO, D. M.; MORA, M. R. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, p. 294–297, 2012.

BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; UPPAL, D. S.; PATIL, R. T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v. 44, p. 391–396, 2011.

BALLESTER-COSTA, C.; SENDRA, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M. Evaluation of the antibacterial and antioxidant activities of chitosan edible films incorporated with organic essential oils obtained from four *Thymus* species. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 8, p. 3374–3379, 2016.

BATISTA-SOBRINHO, I. S. **Propriedades nutricionais e funcionais de resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtora de polpas**: UESB, 2014. 166p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais).

BIERHALZ, A. C. K. **Desenvolvimento de biofilmes de alginato impregnados com natamicina e aferição de seu potencial antimicótico**. Tese (doutorado), Universidade Estadual de Campinas. Engenharia Química. Campinas, São Paulo. 207 p., 2014.

BITENCOURT, C. M.; FAVARO-TRINDADE, C. S.; SOBRAL, P. J. A.; CARVALHO, R. A. Gelatin-based films additivated with curcuma ethanol extract: Antioxidant activity and physical properties of films. **Food Hydrocolloids**, v. 40, p.145-148, 2014.

BOURBON, A. I.; PINHEIRO, A. C.; CERQUEIRA, M. A.; ROCHA, C. M. R.; AVIDES, M. C.; QUINTAS, M. A. C.; VICENTE, A. A. Physico-chemical characterization of chitosan based edible films incorporating bioactive compounds of different molecular weight. **Journal of Food Engineering**, v. 106, n. 2, p. 111–118, 2011.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie / LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n.1, p. 25-30, 1995.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2<sup>a</sup> ed., 2007.

CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; MARTINS, J. T.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Seed extracts of *Gleditsia triacanthos*: Functional properties evaluation and incorporation into galactomannan films. **Food Research International**, v. 43, n. 8, p. 2031–2038, 2010.

CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films – A comparative study. **Food Hydrocolloids**, v. 27, n. 1, p. 175-184, 2012.

CHIRINOS, R.; PEDRESCHI, R.; ROGEZ, H.; LARONDELLE, Y.; CAMPOS, D. Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 145-152, 2013.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, v.38, p.20-27, 2014.

CIE, 1978. **International Commission on Illumination, Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-Difference Equations, Psychometric Color Terms, Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15, Colorimetry, 1971 and 1978.**

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 228-232, 2007.

CRIZEL, T. M.; RIOS, A. O.; ALVES, V. D.; BANDARRA, N. C.; MOLDÃO-MARTINS, M. B.; FLÔRES, S. H. Active food packaging prepared with chitosan and olive pomace. **Food Hydrocolloids**, v. 74, p. 139-150, 2018.

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as active layers. In: Rooney ML, editor. **Active Food Packaging**, p 111-142, 1995.

DENAVI, G. A.; PÉREZ-MATEOS; M., AÑON, M. C., MONTERO; P., MAURI, A. N.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Structural and functional properties of soy protein isolate and cod gelatin blend films. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 8, p. 2094–2101, 2009.

DENG, Q.; ZHAO, Y. Physicochemical, nutritional, and antimicrobial properties of wine grape (cv. Merlot) pomace extract-based films. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 3, p. 309-317, 2011.

DERKUS, B.; EMREGUL, E.; EMREGUL, K. C.; YUCESAN, C. Alginate and alginate-titanium dioxide nanocomposite as electrode materials for anti-myelin

basic protein immune sensing. **Sensors and Actuators B**, v. 192, p. 294–302, 2014.

DICK, M.; COSTA, T. M. H. C.; GOMAA, A.; SUBIRADE, M.; RIOS, A. O.; FLÔRES, S. H. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 130, p. 198-205, 2015.

ESPINOZA-ATENCIA, E. J.; FARIA, J. A. F.; ANJOS, C. A. R. **Efeito de Absorvedor de Ultravioleta em Embalagens de Polietileno Tereftalato para Óleos Comestíveis**. in: Anais do 8th IPRI World Conference on Packaging, 2, p.861, São Paulo – SP (1993).

FALGUERA, V.; CÉRON, J.P.Q.; JIMENEZ, A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science and Technology**, v.22, p. 292-303, 2011.

FARIAS, M. G.; FAKHOURI, F. M.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). **Química Nova**, v. 35, p. 546-552, 2012.

FERREIRA, A. S., NUNES, C., CASTRO, A., FERREIRA, P., COIMBRA, M. A. Influence of grape pomace extract incorporation on chitosan films properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 113, p. 490-499, 2014.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v. 43, p.2291-2296, 2013.

GALLEGO, M. G.; GORDON, M. G.; SEGOVIA, F.; PABLOS, M. P. A. Gelatine-Based Antioxidant Packaging Containing *Caesalpinia decapetala* and Tara as a Coating for Ground Beef Patties. **Antioxidants**, v. 5, p. 10, 2016.

GALUS, S.; LENART, A. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. **Journal of Food Engineering**, v.115, p. 459–465, 2013.

GENSKOWSKY, E.; PUENTE, L. A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNANDEZ-LOPEZ, J.; MUÑOZ, L. A.; VIUDA-MARTOS, M. Assessment of antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with maqui berry (*Aristotelia chilensis*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, p. 1057-1062, 2015.

GÓMEZ-ESTACA, J.; BRAVO, L.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; ALEMÁN, A.; MONTERO, P. Antioxidant Properties of Tuna-Skin and Bovine-Hide Gelatin Films Induced by the Addition of Oregano and Rosemary Extracts. **Food Chemistry**, v. 112, n. 1, p. 18-25, 2009.

GOYENECHÉ, R.; AGÜERO, M. V.; ROURA, S.; SCALA, K. D. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 106–113, 2014.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

HUQ, T.; SALMIERI, S.; KHAN, A.; TIEN, C. L.; RIEDL, B.; FRASCHINI, C.; BOUCHARD, J.; URIBE-CALDERON, J.; KAMAL, M. R.; LACROIX, M. Nanocrystalline cellulose (NCC) reinforced alginate based biodegradable nanocomposite film. **Carbohydrate Polymers**, v. 90, p. 1757–1763, 2012.

JARDINI, F. A.; MANCINI FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes de romã (*Punica granatum* L.). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 137-147, 2007.

JOUKI, M.; MORTAVAZI, S. A.; YAZDI, F. T.; KOOCHEKI, A. Characterization of antioxidant-antibacterial quince seed mucilage films containing thyme essential oil. **Carbohydrate Polymers**, v. 99, p. 537– 546, 2014.

JRIDI, M.; HAJJI, S.; AYED, H. B.; LASSOUED, I.; MBAREK, A.; KAMMOUN, M. SOUISSI, N.; NASRI, M. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin-chitosan composite edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 67, p. 373-379, 2014.

JUDD, D. B.; WYSZECKI, G. **Color in Business**. Science and Industry, 3 ed. New York, John Wiley and Sons, 1975.

KAYGUSUZ, H.; TORLAK, E. M.; AKIN-EVINGUR, G.; OZENM I.; KLITZING, R. V.; ERIM, F. B. Antimicrobial cerium ion-chitosan crosslinked alginate biopolymer films: A novel and potential wound dressing. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 105, p. 1161–1165, 2017.

KHALIL, A. H. P. S.; TYE, Y. Y.; SAURABH, C. K.; LEH, C. P.; LAIM T. K.; CHONG, E. W. N.; FAZITA, M. R. N.; HAFIIDZ, J. M.; BANERJEE, A.; SYAKIR, M. I. Biodegradable polymer films from seaweed polysaccharides: A review on cellulose as a reinforcement material. **Express Polymer Letters**, v. 11, n.4, p. 244–265, 2017.

KOUSHKI, M. R.; AZIZI, M.H.; AZIZIKHANI, M.; KOOHY-KAMALY, P. Effect of Different Formulations on Mechanical and Physical Properties of Calcium Alginate Edible Films. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, v. 2, p. 45-50, 2015.



LEMOS, D. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. S.; SOUSA, E. P.; MATIAS, M. L. Composição físico-química de resíduos de abacaxi *in natura* e desidratado. **Tecnologia and Ciência Agropecuária**, v. 4, p.53-56, 2010.

LEOPOLDINI, M.; RUSSO, N.; TOSCANO, M. The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 125, n. 2, p. 288-306, 2011.

LI, J. H.; MIAO, J.; WU, J. L.; CHEN, S. F.; ZHANG, Q. Q. Preparation and characterization of active gelatin-based films incorporated with natural antioxidants. **Food Hydrocolloids**, v. 37, p. 166-173, 2014.

LIMA, A.; SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L.; SILVA, M. J. M.; ANDRADE, T. J. A. S. Caracterização química e nutricional, e capacidade antioxidante in vitro de resíduo de polpa de abacaxi (*Ananas comosus* L). **Nutrire**, v. 34, p.131-131, 2009.

LIU, J., LU, J. F., KAN, J., TANG, Y. Q., JIN, C. H. Preparation, characterization and antioxidant activity of phenolic acids grafted carboxymethyl chitosan. **International journal of biological macromolecules**, v. 62, p. 85-93, 2013.

LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R.; AOUADA, F. A.; MATTOSO, L. H. C. Development of novel guava puree films containing chitosan nanoparticles. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 12, n. 3, p. 271-2717, 2012.

MA, W.; TANG, C. H.; YANG, X. Q.; YIN, S. W. Fabrication and characterization of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolate–chitosan composite films at acidic pH. **Food Hydrocolloids**, v. 31, n. 2, p. 237-247, 2013.

MA, Z.; MA, Y.; QIN, L.; LIU, J.; SU, H. Preparation and characteristics of biodegradable mulching films based on fermentation industry wastes. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 111, p. 4-61, 2016.

MACHADO, S. D. O. **Desenvolvimento e caracterização de filmes bioativos à base de quitosana aditivados com o extrato do resíduo de acerola**. 2015, 102 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pernambuco, 2015.

MARTELLI, M. R.; BARROS, T. T. MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H.; ASSIS, O. B. G. Effect of chitosan nanoparticles and pectin content on mechanical properties and water vapor permeability of banana puree films. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 1, p. 98-104, 2013.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, P.; MIGUEL, A.; MENESES, A.; JORGE, G. FIGUEROA, A.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, v.135, p. 1520-1526, 2012.

MARTINS, J. T.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A. Influence of  $\alpha$ -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. **Food Hydrocolloids**, v. 27, n. 1, p. 220-227, 2012.

MCHUGH, T. H.; AVENA-BUSTILLAS, R.; KROCHTA, J. M. Hydrophilic edible films: Modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, p. 899–903, 1993.

MCHUGH, T. H.; OLSEN, C. W. Tensile properties of fruit and vegetable edible films. **United States-Japan Cooperative Program in Natural Resources**, p.104–108, 2004.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. A. G. L.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas (Antioxidant capacity of the fruit). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, p. 193–201, 2008.

MORADI, M.; TAJIK, H.; ROHANI, S. M. R.; OROMIEHIE, A. R.; MALEKINEJAD, H.; ALIAKBARLU, J.; HADIAN, M. Characterization of antioxidant chitosan film incorporated with *Zataria multiflora* boiss essential oil and grape seed extract. **LWT - Food Science and Technology**, v.46, p. 477-484, 2012.

NÓBREGA, E. M; OLIVEIRA, E. L.; GENOVESE, M. I.; CORREIA, R. The impact of hot air drying on the physical-chemical characteristics, bioactive compound and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.2, p. 131-141, 2015.

NORAJIT, K.; KIM, K. M. ; RYU, G. H. Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. **Journal of Food Engineering**, v. 98, n. 3, p. 377-384, 2010.

NUNES, J. S.; SILVA, F. B.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. **Caracterização físico-química de farinha de resíduo de polpa de acerola**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Fortaleza, Ceará. 2015

OLIVAS, G. I.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Alginate–calcium films: water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. **LWT – Food Science and Technology**, v. 41, p. 359–366, 2008.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; DE BARROS, M. P.; MANO, C. M.; GOULART, M. O. F. Total phenolic content and free radical scavenging activities of methanolic extract powders of tropical fruit residues. **Food Chemistry**, v. 115, p. 469-475, 2009.

OLIVEIRA, L. M.; ALVES, R. M. V.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; PADULA, M.; GARCIA, E. E. C.; COLTRO, L. **Ensaio para avaliação de embalagens plásticas flexíveis**. Campinas: Centro de tecnologia de embalagem – CETEA. 219 p. 1996.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos - Alimentos de origem animal**, v. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

OTONI, C. G.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; AZEREDO, H. M. C.; LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H. C.; MCHUGH, T. H. Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables - A Review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 16, p. 1151-1169, 2017.

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Active food packaging technologies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 3, p. 185-193, 2004.

PELISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Food Hydrocolloids**, v.30, n. 2, p. 681–690, 2013.

PÉREZ-GAGO, M. B; NADAUD, P.; KROCHTA, J. M. Water vapor permeability, solubility and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 6, p. 1034- 1037, 1999.

PIÑEIRO-SHERNANDEZ, D.; MEDINA-JARAMILLO, C.; LÓPEZ-CÓRDOBA, A.; GOYANES, S. Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 63, p. 488-495, 2017.

PITAK, N.; RAKSHIT, S. K. Physical and antimicrobial properties of banana flour/chitosan biodegradable and self-sealing films used for preserving fresh-cut vegetables. **LWT—Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 2310–2315, 2011.

RAMACHANDRAIAH, K.; GNOC, N. T. B.; CHIN, K. B. Biosynthesis of Silver Nanoparticles from Persimmon Byproducts and Incorporation in Biodegradable Sodium Alginate Thin Film. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 10, p.2329-2337, 2017.

RHIM, J. W. Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 37. p. 323-330. 2004.

ROJAS-GRAÜ , M. A.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; OLSEN, C.; FRIEDMAN, M.; HENIKA, P. R.; MARTIN-BELLOSO, O.; PAN, Z. L.; MCHUGH, T. H.; J. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 3, p. 634–641, 2007.

RUBILAR, J. F., CRUZ, R. M., SILVA, H. D., VICENTE, A. A., KHMELINSKII, I.; VIEIRA, M. C. Physic-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. **Journal of Food Engineering**, v. 115, n. 4, p. 466-474, 2013.

SABINO, L. B. S.; GONZAGA, M. L. C.; SOARES, D. J.; LIMA, A. C. S.; LIMA, J. S. S; ALMEIDA, M. B. B.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W. Bioactive compounds antioxidant activity and minerals in flours prepared with tropical fruit peels. **Acta Alimentaria**, v. 44, p. 520-526, 2015.

SAI-UT; BENJAKUL, RAWDKUEN Retardation of lipid oxidation using gelatin film incorporated with longan seed extract compared with BHT. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 9, p. 5842-5849, 2015.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of Temperature on the Free Radical Scavenging Capacity of Extracts from Red and White Grape Pomace Peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 7, p. 2694-2697, 1998.

SANCHO, S.O.; SILVA, A.R.A.; DANTAS, A.N.S; MAGALHÃES, T.A.; LOPES, G.S.; RODRIGUES, S.; COSTA, J.M.C.; FERNANDES, F.A.N.; SILVA, M.G.V. Characterization of the industrial residues of seven fruits and prospection of their potential application as food supplements. **Journal of Chemistry**, 2015.

SHUI G.; LEONG, L. P. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 277–284, 2006.

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RICARDO, N. M. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143, p. 398–404, 2014.

SILVA M. A.; BIERHALZ, A. C. K.; KIECKBUSCH T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca<sup>2+</sup> ions: Effect of the plasticizer concentration. **Carbohydrate Polymers**, v. 77, p. 736-742, 2009.

SILVA, M. C. F. **Potencial antioxidante do mix de farinhas de resíduo da agroindústria**. 2015, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

SILVA, M. F.; LOPES, P. S.; DA-SILVA, C. F.; YOSHIDA, C. M. P. Active packaging material based on buriti oil – *Mauritia flexuosa* L.f. (*Arecaceae*) incorporated into chitosan films. **Journal of Applied Polymer Science**, v.10, p. 1-9, 2016.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos**. ALENCASTRO, R. B. (trad). Editora LTC. Rio de Janeiro. 7a ed. p. 490, 2012.

SINGH, T. P.; CHAUHAN, G.; AGRAWAL, R. K.; MENDIRATTA, S. K.; KUMAR, R. R.; TAUKDER, S; SINGH, P. Development and process optimization of biodegradable films based on banana ('*Musa sp.*') flour. **Journal of Animal Research**, v. 7, n. 4, p.733-740, 2017.

SIRIPATRAWAN, U.; HARTE, B. R. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 8, p. 770-775, 2010.

SIRIPATRAWAN, U.; VITCHAYAKITTI, W. Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 695-702, 2016.

SIRVIO, J. A.; KOLEHMAINEN, A.; LIIMATAINEN, H.; NIINIMÄKI, J.; HORMI, O. E. O. Biocomposite cellulose-alginate films: promising packaging materials. **Food Chemistry**, v. 151, p. 343–351, 2014.

SOLAK, A. O.; DYANKOVA, S. M. Composite Films from Sodium Alginate and High Methoxyl Pectin - Physicochemical Properties and Biodegradation in Soil. **Ecologia Balkanica**, v. 6, n. 2, p. 25-34, 2014.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, p. 407-415, 2008.

SOUSA, M. S. B.; LIMA, A. Total phenolics and in vitro antioxidant capacity of tropical fruit pulp wastes. **Brazilian Journal of Technology**, v. 14, n.3, p.202-210, 2011.

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 25, p. 7449-7454, 2002.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; SOBRAL, P.J.A.; MENEGALLI, F.C. Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 1731-1738, 2011.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; SOBRAL, P. J.; MENEGALLI, F. Development and characterization of biofilms based on amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 215-223, 2005.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T.; NILSUWAN, K. Emulsion film based on fish skin gelatin and palm oil: Physical, structural and thermal properties. **Food Hydrocolloids**, v. 48, p. 248-259, 2015.

TURBIANI, F. R. B.; KIECKBUSH, T. G. Propriedades mecânicas e de barreira de filmes de alginato de sódio reticulados com benzoato de cálcio e/ou cloreto de cálcio. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 2, p. 82-90, 2011.

TURUMTAY, E. A.; ISLAMOGLU, F.; ÇAVUS, D. S.; SAHIN, H.; TURUMTAY, H.; VANHOLME, B. Correlation between phenolic compounds and antioxidant activity of Anzer tea (*Thymus praecox Opiz subsp. caucasicus var. caucasicus*). **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 687-694. 2014.

UCHOA, A. M. A.; DA COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, p. 58-65, 2008.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca. Cornell University Press/Constrock Publish, 1994, 476 p.

VILLALOBOS-CARVAJAL, R.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALBORS, A.; CHIRALT, A. Barrier and optical properties of edible hydroxypropyl methylcellulose coatings containing surfactants applied to fresh cut carrot slices. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 526–535, 2009.

WANG, L.; WANG, Q.; TONG, J. ZHOU, J. Physicochemical Properties of Chitosan Films Incorporated with Honeysuckle Flower Extract for Active Food Packaging. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, n. 1, 2017.

WANG, Q.; TIAN, F.; FENG, Z.; FAN, X.; PAN, Z.; ZHOU, J. Antioxidant activity and physicochemical properties of chitosan films incorporated with Lycium barbarum fruit extract for active food packaging. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 458-464, 2015.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 1801-1812, 1999.

WU, J.; CHEN, S.; GE, S. MIAO, J.; LI, J.; ZHANG, Q. Preparation, properties and antioxidant activity of an active film from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin incorporated with green tea extract. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 42-51, 2013.

XU, J. B.; BARTLEY, J. P.; JOHNSON, R. A. Preparation and characterization of alginate-carrageenan hydrogel films crosslinked using a water-soluble carbodiimide (WSC). **Journal of Membrane Science**, v. 28, n. 2, p.131-146, 2003.

YUAN, G.; LV, H.; YANG, B.; CHEN, X.; SUN, H. Physical Properties, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Chitosan Films Containing Carvacrol and Pomegranate Peel Extract. **Molecules**, v. 20, p. 11034-11045, 2015.

ZAMUDIO-FLORES, P. B.; TORRES, A. V.; SALGADO-DELGADO, R.; BELLO-PÉREZ, L. A. Influence of the oxidation and acetylation of banana starch on the mechanical and water barrier properties of modifies starch and modified starch/chitosan blend films. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 115, p. 991-998, 2010.

ZHANG, W.; CHEN, J.; CHEN, Y.; XIA, W.; XIONG, Y. L.; WANG, H. Enhanced physicochemical properties of chitosan/whey protein isolate composite film by sodium laurate-modified TiO<sub>2</sub> nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 138, p. 59-65, 2015.