

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – UNIRIO

Roberta Melquiades Silva de Andrade

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS À
BASE DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Rio de Janeiro

2014

Roberta Melquiades Silva de Andrade

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS À
BASE DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Orientadora: Profa. Dra. Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves

Co-orientadora: Profa. Dra. Mariana Simões Larraz Ferreira

Rio de Janeiro

2014

Andrade, Roberta Melquiades Silva de.
A553 Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis à base
de resíduos de frutas e hortaliças / Roberta Melquiades Silva de
Andrade, 2014.
75f.; 30 cm

Orientadora: Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves.
Coorientadora: Mariana Simões Larraz Ferreira
Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade
Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

1. Resíduos orgânicos. 2. Materiais granulados - Permeabilidade.
3. Farinha de resíduo de frutas e hortaliças - Propriedades mecânicas.
4. Filmes biodegradáveis. I. Gonçalves, Édira Castello Branco de
Andrade. II. Ferreira, Mariana Simões Larraz. III. Universidade
Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Biológicas e de
Saúde. Curso de Mestrado em Alimentos e Nutrição. IV. Título.

CDD – 613.2

Roberta Melquiades Silva de Andrade

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS À
BASE DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Carlos Raimundo Ferreira Grosso
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Dra. Milena dos Reis Martelli
Universidade de São Paulo – USP

Dra. Édira Castello Branco de Andrade Gonçalves (orientadora)
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Antonieta e Roberto, que, mesmo em momentos difíceis, não mediram esforços na realização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente.

A minha família pelo amor, carinho e por serem a base de toda minha existência.

Ao Felipe, meu namorado, por todo amor, atenção, companheirismo e paciência em todos esses anos.

À profa. Dra. Édira Andrade, por guiar meus passos no percurso acadêmico, por todo o apoio e atenção ao meu trabalho, pelos ensinamentos proporcionados e pela amizade.

À profa. Dra. Mariana Larraz, pela atenção ao meu trabalho e pela dedicação ao mesmo, pela paciência, pela amizade e pelos ensinamentos proporcionados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) da UNIRIO, pelas aulas ministradas e pelo suporte quando necessário.

Aos membros da banca, Dra. Milena Martelli e Dr. Carlos Grosso, pelo aceite na participação da mesma.

Aos amigos do mestrado: Luana, Mariana, Liza, Daniel, Ândria, Iara e Felipe, pelos momentos de alegria, descontração, companheirismo e pela amizade construída.

Aos amigos do laboratório (Mônica, Camila, Alex e Joel) e da UNIRIO.

A FAPERJ pelo apoio financeiro no início do curso.

RESUMO

Resíduos da indústria de alimentos representam uma rica fonte de biopolímeros e compostos funcionais. A fim de promover a sua utilização, este estudo teve como objetivo desenvolver filmes biodegradáveis à base do resíduo, transformado em farinha, do processamento integral de frutas e hortaliças. A farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) foi caracterizada em função da granulometria, índice de solubilidade em água (ISA) e índices de absorção de água e óleo (IAA e IAO), microestrutura, composição elementar, ligações estruturais (FTIR), teor de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e isoterma de adsorção de umidade. Os filmes foram formulados a partir de extração aquosa de 8 % e 10% de farinha (w/w) e caracterizados por meio da espessura, solubilidade em água, das propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água. As análises de ISA, IAA e IAO, da microestrutura e composição elementar realizadas na FFH (tamanho médio de partícula 350 µm) evidenciaram elevada solubilidade em água, um aspecto granular e o potássio como um dos elementos mais abundantes. Os resultados de FTIR revelaram semelhança entre as bandas características de outras matérias-primas utilizadas em películas biodegradáveis. A isoterma de adsorção da FFH apresentou um perfil típico de alimentos ricos em componentes solúveis tais como açúcares, apesar do elevado teor de fibra insolúvel determinado na FFH. Os filmes formulados apresentaram espessura média de $0,263 \pm 0,003$ milímetros, aspecto homogêneo, de cor amarelo brilhante, odor de fruta pronunciado e elevada solubilidade em água. Além disso, os filmes apresentaram baixa permeabilidade ao vapor de água e resistência à tensão na ruptura quando comparado com filmes a base de amido de frutas. Este estudo demonstrou a viabilidade da utilização de um material multicomposto e biodegradável para produzir filmes comestíveis. Melhoria das condições de extração para a obtenção de filmes com propriedades mecânicas melhoradas é necessária.

Palavras-chave: filmes, resíduos biodegradáveis, frutas e vegetais, permeabilidade, propriedades mecânicas.

ABSTRACT

Food industry residues represent a rich source of biopolymers and functional compounds. In order to promote its use, this study aimed to develop biodegradable films based on the residue, processed into flour (FVR flour), from the processing of whole fruits and vegetables. The flour was chemically and structurally characterized by particle size, water solubility index (WSI), water and oil absorption index (WAI and OAI), content of total, soluble and insoluble dietary fiber, microstructure, elemental composition, structural links (FTIR) and moisture adsorption isotherm. Films were prepared by casting from aqueous extraction of 8% and 10% flour (w/w) and characterized by thickness, water solubility, mechanical properties and water vapor permeability. The analysis of WSI, WAI, OAI, microstructure and elemental composition, performed on flour (mean particle size 350 μm), showed high solubility in water and essentially granular aspect, with the presence of fibrous particles having potassium as one of the most abundant elements. FTIR results showed similarity between the characteristic bands of other raw materials used in biodegradable films. The sorption isotherm of FVR flour showed a typical profile of foods rich in soluble components, such as sugars, despite the high content of insoluble fiber determined at FFH. Dried films presented an average thickness of 0.263 ± 0.003 mm, a homogenous aspect, bright yellow color, pronounced fruit flavor and high water solubility. Moreover, the films presented low tensile strength at break when compared with bio-derived polymers such as fruit starch-based films. This study demonstrated the feasibility of using a multicomposite and biodegradable material to produce edible films. Improvement in extraction conditions for obtaining films with enhanced mechanical properties is required.

Keywords: edible films, biodegradable residues, fruit and vegetables, permeability, mechanical properties.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Composição centesimal da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) _____	18
Figura 2. Curva de tensão versus deformação de filme sintético flexível _____	27
Figura 3. Fluxograma de obtenção da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) _____	30
Figura 4. Células de permeação utilizadas na análise de permeabilidade ao vapor de água com o filme a base de 10% de FFH na superfície _____	37
Figura 5. Micrografias da amostra de farinha (FFH) _____	43
Figura 6. Espectro obtido por EDS da amostra de farinha de resíduos (FFH) _____	45
Figura 7. Espectro de absorção na região do infravermelho (FTIR) da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) _____	46
Figura 8. Isoterma de adsorção de água da FFH a 25°C _____	48
Figura 9. Filme elaborado a partir da extração aquosa de 10% da FFH _____	49
Figura 10. Solubilidade em água (% b.s.) dos filmes elaborados a partir da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (8F e 10F) e com adição de farinha de casca de batata (8F2B e 8F4B) _____	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferentes matérias-primas vegetais (frutas e hortaliças) e formas em que são utilizadas na elaboração de filmes comestíveis/ biodegradáveis _____	23
Tabela 2. Atividade de água de diferentes soluções salinas saturadas, a 25°C _____	34
Tabela 3. Soluções filmogênicas (SF) formuladas à base de diferentes proporções de farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) com adição de farinha de casca de batata _____	35
Tabela 4. Distribuição granulométrica da farinha de resíduos (FFH) _____	39
Tabela 5. Solubilidade em água e capacidade de absorção de água e óleo da farinha de resíduos de frutas e hortaliças _____	41
Tabela 6. Teor de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel da FFH _____	41
Tabela 7. Valores dos parâmetros de ajuste do modelo de GAB _____	48
Tabela 8. Média de espessura dos filmes obtidos _____	50
Tabela 9. Permeabilidade ao vapor de água dos diferentes filmes formulados _____	52
Tabela 10. Resultados dos ensaios de resistência à tração de filmes (Tensão na ruptura (T), alongação na ruptura (E) e módulo de Young (Y)) de diferentes formulações _____	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS	14
3.2 RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS	15
3.2.1 Panorama dos resíduos de frutas e hortaliças	15
3.2.2 Potencial de utilização dos resíduos de frutas e hortaliças	16
3.2.3 Farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH)	18
3.3 FILMES BIODEGRADÁVEIS	19
3.3.1 Caracterização dos filmes	24
3.3.1.1 <i>Espessura</i>	24
3.3.1.2 <i>Solubilidade em água</i>	25
3.3.1.3 <i>Permeabilidade ao vapor de água</i>	25
3.3.1.4 <i>Propriedades mecânica</i>	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 ELABORAÇÃO DA FARINHA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS	29
4.1.1 Matéria prima	29
4.1.2 Processamento da Farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH)	29
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS	30
4.2.1 Granulometria	30
4.2.2 Índice de solubilidade em água (ISA) e Índices de absorção de água (IAA) e óleo vegetal (IAO)	31
4.2.3 Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel	31
4.2.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS)	33
4.2.5 Análise das ligações estruturais por Espectroscopia de Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)	33
4.2.6 Isoterma de adsorção de água	33
4.3 ELABORAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS	35

4.3.1 Soluções filmogênicas	35
4.3.2 Filmes biodegradáveis	35
4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS	36
4.4.1 Espessura	36
4.4.2 Solubilidade em água	36
4.4.3 Permeabilidade ao vapor de água	37
4.4.4 Propriedades mecânicas	38
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS	39
5.1.1 Granulometria	39
5.1.2 Índice de solubilidade em água (ISA) e Índice de absorção de água (IAA) e óleo vegetal (IAO) da FFH	40
5.1.3 Determinação de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel	41
5.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	43
5.1.5 Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS)	44
5.1.6 Espectroscopia por Transformada de Fourier (FTIR)	45
5.1.7 Isoterma de adsorção de água	47
5.2 FILMES BIODEGRADÁVEIS	49
5.2.1 Espessura	50
5.2.2 Solubilidade em água	51
5.2.3 Permeabilidade ao vapor de água	52
5.2.4 Propriedades mecânicas	54
6 CONCLUSÃO	57
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXO A - Lista de publicações decorrentes da dissertação	73

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a indústria alimentícia tem sido marcada pelo grande volume de resíduos produzidos. Aproximadamente um terço das partes comestíveis de alimentos produzidos para o consumo humano, é perdido ou desperdiçado mundialmente, o que representa em torno de 1,3 bilhões de toneladas por ano (GUSTAVSSON et al., 2011). A maior quantidade de perda é verificada por frutas e hortaliças, que representa 0,5 bilhões de toneladas e, em países em desenvolvimento, grande parte da perda ocorre durante o processamento, no entanto, perdas durante a pós-colheita e a distribuição são também significativas (GUSTAVSSON et al., 2011).

No Brasil, o crescimento das atividades de processamento dos alimentos tem acontecido de forma intensa para atender a demanda do mercado por alimentos processados (MAPA, 2006; SANTOS et al., 2008). O processamento de frutas e vegetais resulta em uma quantidade substancial de resíduos na forma de cascas, sementes, polpa e bagaço, e estes subprodutos são conhecidos por serem uma rica fonte de nutrientes, principalmente biopolímeros (como polissacarídeos e fibras alimentares) e compostos bioativos (AJILA; PRASADA RAO, 2013; BABBAR et al., 2011).

Os biopolímeros, como polissacarídeos e proteínas, obtidos a partir de subprodutos de origem agrícola têm sido propostos para formulação de materiais biodegradáveis por serem passíveis de biodegradação (exceto quando modificações químicas severas são aplicadas), oriundos de fontes renováveis e não tóxicos para o solo e para o ambiente (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006; GUILBERT; GONTARD, 2005).

Por essas questões ambientais, grande atenção tem sido voltada para o desenvolvimento de filmes comestíveis/ biodegradáveis. No entanto, estes filmes podem também agregar valor nutricional e melhorar características sensoriais quando consumidos junto com o produto a qual foram aplicados, além de ser uma alternativa às matérias-primas derivadas do petróleo, reforçando a sustentabilidade do processamento (MAYACHIEW; DEVAHASTIN, 2010; PÉREZ-MATEOS; MONTERO; GÓMEZ-GUILLÉN, 2009; HU et al, 2009).

A composição e as propriedades funcionais dos filmes biodegradáveis variam de acordo com o biopolímero utilizado como matéria-prima. Proteínas e polissacarídeos resultam em filmes com boas propriedades mecânicas e organolépticas e são barreiras efetivas a compostos de aroma e gases de baixa massa molar como oxigênio e dióxido de carbono,

embora sejam sensíveis à umidade devido à natureza hidrofílica desses componentes (DEBEAUFORT et al., 2000; YANG; PAULSON, 2000).

Buscando-se fontes alternativas de biopolímeros para elaboração desse tipo de embalagem, tem se estudado a utilização de frutas e hortaliças nesse processo (AZEREDO et al., 2012; DU et al., 2011; MARTELLI et al., 2013; MCHUGH; OLSEN, 2002; SOTHORNVIT; PITAK, 2007). Os filmes elaborados a partir de vegetais apresentam de baixa a moderada permeabilidade ao oxigênio e propriedades mecânicas aceitáveis, sendo sugeridos como alternativa para a produção de embalagens e revestimentos comestíveis (MCHUGH et al., 1996; AZEREDO et al., 2009, 2012; MARTELLI et al., 2013; COFFIN; FISHMAN, 1994). No entanto, ainda há poucos estudos sobre a utilização de resíduos do processamento de frutas e hortaliças na elaboração de filmes biodegradáveis (NASCIMENTO et al., 2012; BARBOSA et al., 2011; DENG; ZHAO, 2011; PARK; ZHAO, 2006).

Diante do exposto, considerando a crescente geração de resíduos pelo processamento de frutas e hortaliças e o potencial destes na síntese de novos produtos, aliado ao impacto ambiental causado por embalagens plásticas, largamente utilizadas na indústria de alimentos, a proposta deste trabalho foi verificar o potencial de utilização dos resíduos do processamento de frutas e hortaliças na elaboração de um filme biodegradável.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e caracterizar filmes biodegradáveis elaborados a partir de resíduo do processamento integral de frutas e hortaliças.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a matéria-prima (farinha de resíduos) quimicamente, estruturalmente e em relação às propriedades funcionais;
- Elaborar filmes biodegradáveis utilizando diferentes proporções de farinha de resíduos de frutas e hortaliças, através do método de *casting*;
- Caracterizar os filmes obtidos quanto a espessura, solubilidade em água, propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água;
- Avaliar, por meio da caracterização, a potencialidade do uso da farinha de resíduos e frutas e hortaliças na formulação de filmes biodegradáveis.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Nas últimas décadas, a produção mundial de frutas e hortaliças tem experimentado um aumento notável. Em 2011, quase 640 milhões de toneladas de frutas e mais de 1 bilhão de toneladas de vegetais foram colhidos em todo o mundo (FAO, 2013). O crescimento da produção mundial foi, em grande parte, impulsionado pela expansão da área cultivável na Ásia, especialmente na China, que emergiu como maior produtor mundial de frutas e hortaliças em 2010. O Brasil ocupa o terceiro lugar no *ranking* mundial de produtores de frutas com uma produção anual de 38.793 mil toneladas e o décimo segundo lugar no *ranking* mundial de produtores de vegetais, com 11.233 toneladas produzidas no ano de 2010 (FAO, 2013).

A estrutura do comércio mundial de frutas e vegetais, no entanto, não espelha plenamente a estrutura da produção. Na China e Índia, por exemplo, onde a forte demanda interna é alimentada pelo crescimento da renda e por uma grande população urbana e em rápido crescimento, apenas uma pequena porcentagem de frutas e vegetais é exportada. Em contraste, os países latino-americanos, como Brasil e Argentina, estão entre os principais exportadores de frutas e vegetais (DIOP; JAFFEE, 2005).

A baixa demanda interna de frutas, verduras e legumes no Brasil se confirma com dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) de 2008-2009 (IBGE, 2009) que revela que o consumo médio de frutas, verduras e legumes pela população brasileira contribuíram apenas com 2,8% das calorias totais em média necessárias para um indivíduo adulto (2.000 kcal), representando cerca de um terço das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) para o consumo desses alimentos (pelo menos 400 gramas ao dia) (WHO, 2003; LEVY et al., 2012). Além disso, a OMS estima que a baixa ingestão de frutas e vegetais contribui para aproximadamente 2,6 milhões de mortes no mundo e que 31% das doenças cardiovasculares podem ser atribuídas ao baixo consumo de frutas e legumes (WHO, 2002).

Frutas e hortaliças são fontes de fitoquímicos com propriedades funcionais (alimentos funcionais), como vitaminas, minerais e fibras alimentares (DUYN; PIVONKA, 2000). Portanto, o aumento do consumo desses pode prevenir doenças na idade adulta, incluindo acidente vascular cerebral, doença arterial coronariana, alguns tipos de câncer, e outras doenças crônicas. Sendo, dessa forma, necessários esforços para promover hábitos

alimentares saudáveis em crianças e adultos, que incluem a adição de frutas e hortaliças na dieta (STEFFEN, 2006).

Uma estratégia de elevar o consumo de alimentos funcionais na alimentação diária é o aproveitamento integral dos alimentos, ou seja, a utilização de resíduos como cascas, bagaço, talos, folhas e etc., que também possuem em sua composição vitaminas, minerais, fibras e compostos antioxidantes, que auxiliam na redução do risco de doenças crônicas, contribuindo para a promoção da saúde. Além disso, a utilização desses resíduos é um meio sustentável de utilização dos mesmos uma vez que são largamente desperdiçados, principalmente pela indústria de alimentos (BABBAR et al., 2011).

3.2 RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS

3.2.1 Panorama dos resíduos de frutas e hortaliças

Cerca de um terço dos alimentos produzidos no mundo todo para o consumo humano é perdido ou desperdiçado, o que representa cerca de 1,3 bilhões de toneladas por ano. Na América Latina, um dos maiores índices de perda está relacionado ao processamento de frutas e hortaliças (GUSTAVSSON et al., 2011).

O cenário para o mercado dos produtos processados de frutas e hortaliças é de crescimento em todos os países, já que os consumidores buscam cada vez mais sucos, molhos e condimentos prontos, por força da praticidade e conveniência encontrada nesses alimentos (SANTOS et al., 2008). Atualmente, no Brasil, o processamento industrial de frutas e hortaliças é intenso e gera, além dos produtos de excelente aceitação no mercado (doces, geleias, sucos, néctares, xaropes concentrados, óleos essenciais, aromas etc), elevada quantidade de resíduos que podem chegar a 50% da matéria-prima (CAVALCANTI et al., 2010; SANTANA; OLIVEIRA, 2005; SOUSA, 2009).

Os elementos vegetais residuais, constituídos por cascas, caroços, sementes, ramas, bagaços etc, embora largamente desperdiçados, são importantes fontes de nutrientes, ricos em fibras e compostos bioativos (SUN-WATERHOUSE et al., 2011), e que poderiam ser aproveitados na produção de diferentes produtos (CARR, 2007; CAVALCANTI et al., 2010).

Com a crescente atenção sobre os resíduos da indústria de alimentos, alguns estudos têm sido realizados buscando-se verificar o valor nutricional dos mesmos. Uchoa et al (2008) verificaram que pós alimentícios elaborados a partir de resíduos de caju, goiaba e maracujá,

obtidos do processamento de polpa de fruta congelada, são boas fontes de vitamina C, açúcar redutor e apresentam altos teores de fibra bruta e alimentar. Além disso, em resíduos de abacaxi na forma de pó, analisados por Costa et al. (2007), foram encontrados elevados teores de fibra, proteína e vitamina C. Gondin et al. (2005) observaram que cascas de abacate, abacaxi, banana, mamão, maracujá, melão e tangerina apresentam, em geral, teores de nutrientes maiores do que os das suas respectivas partes comestíveis.

Devido à suscetibilidade intrínseca dos resíduos alimentares à degradação microbiológica, sua exploração pode ser limitada (FUGEL; CARLE; SCHIEBER, 2006). Desta forma, a secagem e subsequente transformação destes resíduos em pós alimentícios ou farinhas, representam uma alternativa viável para o armazenamento e utilização como matéria-prima para fabricação de produtos funcionais alternativos, pois além de possuírem elevado teor de fibras, vitaminas, minerais, substâncias fenólicas e flavonóides, apresentam efeitos benéficos à saúde (COSTA et al., 2007; SANTOS, 2011).

3.2.2 Potencial de utilização dos resíduos de frutas e hortaliças

A crescente preocupação com os impactos ambientais e o elevado índice de desperdício causado pelas indústrias de alimentos são fatores que têm levado à busca de alternativas viáveis de aproveitamento dos resíduos gerados por essas indústrias (PINTO et al., 2005; SANTOS, 2011). Os resíduos podem ser utilizados no desenvolvimento de novos produtos, aumentando o valor nutricional agregado e reduzindo o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente, em locais inadequados (FERREIRA et al., in press; UCHOA et al., 2008; SUN-WATERHOUSE et al., 2011).

O potencial de utilização dos resíduos vegetais com o objetivo de solucionar a deficiência de nutrientes na dieta de populações carentes ou no caso de erros alimentares tem sido amplamente estudado (CAVALCANTI et al., 2010; PEREZ; GERMANI, 2007; SANTANA; OLIVEIRA, 2005; SILVA; SILVA; CHANG, 1998). Verifica-se na literatura que grande parte dos estudos com resíduos vegetais está relacionada ao desenvolvimento de novos produtos alimentícios, principalmente os de panificação.

Garmus et al (2009) elaboraram biscoitos com diferentes concentrações de farinha de casca de batata e verificaram um elevado teor de fibras no produto, além de boa aceitabilidade. Alves, Machado e Queiroga (2011) reportaram uma excelente aceitação pelos

provedores para os produtos de panificação obtidos com farinha de caju, elaborada a partir do pedúnculo do fruto, que, segundo os autores, é altamente perecível e gera toneladas de perda anualmente. Mauro, Silva e Freitas (2010) elaboraram *cookies* ricos em fibra e com densidade calórica inferior aos presentes no mercado, a partir de farinha de talo de couve e farinha de talo de espinafre.

Entretanto, diante da elevada geração de resíduos de diferentes tipos de frutas e hortaliças, considera-se que ainda existem poucas alternativas para a utilização da maior parte dos resíduos vegetais (FERREIRA et al., in press; MIGUEL et al., 2008). Uma alternativa a ser estudada é a utilização dos resíduos na substituição de matérias-primas não renováveis para produção de embalagens biodegradáveis (PARK; ZHAO, 2006). A fibra de coco, por exemplo, pode ser matéria-prima para elaboração de sacos utilizados na agroindústria para armazenamento de substrato e germinação de mudas, substituindo os tradicionais sacos de plástico (CASTILHOS, 2011).

Grande parte dos estudos desenvolvidos nesta área se baseiam na obtenção de fibras à base de lignocelulose para adição, como material de reforço, na fabricação de filmes biopoliméricos. Resíduos gerados a partir do cultivo de grandes culturas, como milho, trigo, arroz, sorgo, cevada, cana de açúcar, assim como sub-produtos de frutas, tais como abacaxi, banana e coco são as principais fontes de fibras naturais (REDDY; YANG, 2005). Além destes, subprodutos de fibras lignocelulósicas, derivados da cana de açúcar, casca de maçã e de laranja, obtidos da extração do suco de fruta, também foram utilizados para desenvolvendo de filmes biodegradáveis (CHIELLINI et al., 2001; 2004).

Para o agronegócio brasileiro, o uso de plásticos biodegradáveis apresenta um enorme potencial de aplicações e a utilização de resíduos vegetais na elaboração dessas embalagens é promissora. Esse uso está relacionado à presença de polissacarídeos em sua composição, como a pectina, amido, e derivados de celulose, que apresentam capacidade filmogênica, formando matrizes com uma variedade de açúcares, que podem atuar como plastificantes naturais. Dessa forma, a produção de filmes biodegradáveis é uma forma interessante e promissora de utilizar co-produtos do processamento de frutas e hortaliças.

3.2.3 Farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH)

Através da linha de pesquisa denominada “Desenvolvimento de produtos panificáveis à base de ervas medicinais, cascas, sementes e farinhas de frutas visando suplementação de fibras, cobre, ferro e zinco”, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) na Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), é realizada a produção de bebida isotônica, a partir do processamento integral de frutas e hortaliças. Essa produção resulta em quantidade elevada de resíduos vegetais.

Por meio do projeto “Aplicação funcional e tecnológica de farinha de resíduos de frutas e hortaliças”, visando o processamento sem descarte de resíduos e o aproveitamento integral dos alimentos, esses resíduos gerados são transformados em farinha e sua funcionalidade tem sido testada por meio da elaboração de produtos como biscoitos, chocolates e barras de cereais. Em trabalho prévio desenvolvido (Ferreira et al., *in press*) a composição centesimal da farinha de resíduos foi estimada por meio de análises físico-químicas e o resultado é apresentado na figura 1.

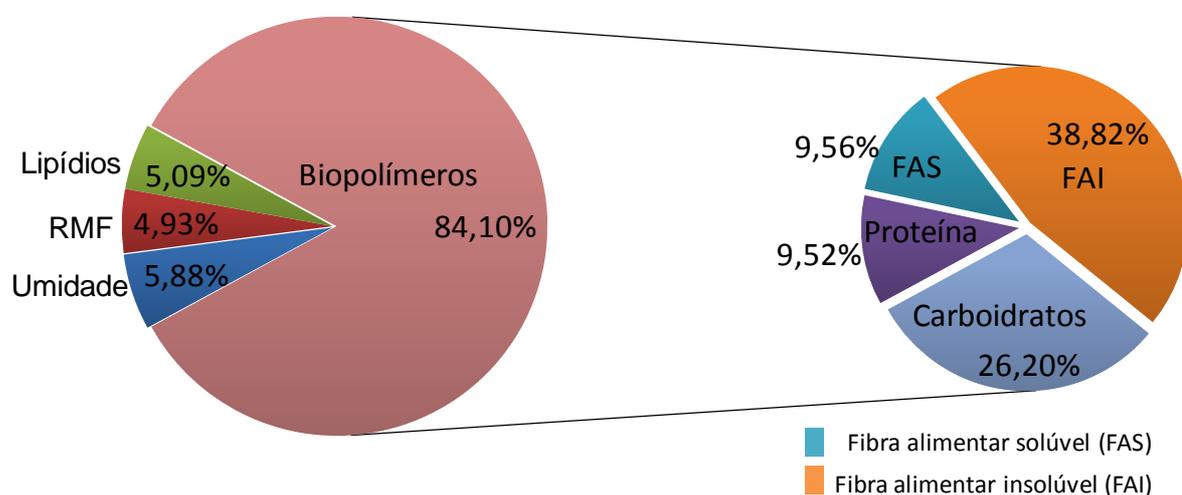


Figura 1. Composição centesimal da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) (Ferreira et al., *in press*, 2013).

Na farinha obtida observa-se elevado teor de proteína (9,52%) quando comparado ao valor encontrado por Mauro, Silva e Freitas (2010) em farinha de talo de couve (1,28 %) e farinha de talo de espinafre (1,51%). O teor de proteína da farinha mista de frutas e hortaliças também foi superior aos teores de proteínas em cascas de frutas determinados por Godim et

al. (2005). Além disso, apresenta valores semelhantes ao da farinha de trigo (HEMERY et al., 2007).

Em relação ao teor de carboidrato encontrado (26,20%), o valor foi inferior ao determinado na casca de tangerina (35%) por Gondim et al. (2005) e ao teor relatado por Cavalcanti et al. (2010) em farinha obtida de resíduos de frutas regionais do Nordeste (80%), que não distinguiram a fração de fibra alimentar do teor total de carboidratos determinado. O teor de fibra alimentar total e suas frações foi determinado no presente estudo e será discutido adiante na seção de “Resultados e Discussões”.

Como visto, os resíduos vegetais são ricos em nutrientes essenciais para a população e por esse motivo são usualmente utilizados no desenvolvimento de produtos alimentícios. Entretanto, devido ao elevado teor de biopolímeros encontrados na farinha (84,10%), a aplicação tecnológica desses resíduos também pode ser explorada, como por exemplo, na elaboração de filmes biodegradáveis. Os polissacarídeos de frutas e vegetais são constituídos principalmente por pectina, amido e derivados de celulose, componentes capazes de formar filmes com propriedades mecânicas aceitáveis e permeabilidade seletiva a oxigênio e dióxido de carbono (AZEREDO et al, 2012; BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012).

Estudos prévios, desenvolvidos no Laboratório de Compostos Bioativos da UNIRIO, visando a caracterização reológica de soluções obtidas a partir da extração aquosa da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH), mostraram o potencial deste material para a produção de filmes, apesar do caráter predominante líquido das amostras. Dessa forma, a farinha de resíduos pode atender às demandas de processadores de alimentos, que visam encontrar materiais biodegradáveis que tenham largo espectro de aplicações e com capacidade para formulação de embalagens biodegradáveis. No entanto, para possível elaboração de tais embalagens, são necessárias pesquisas para avaliar o potencial da farinha de resíduos para tal fim, assim como o desempenho dos filmes obtidos a partir dessa matéria-prima.

3.3 FILMES BIODEGRADÁVEIS

Filmes biodegradáveis podem ser definidos como camadas finas de um material biodegradável, que podem ser aplicados como barreira entre o alimento e o ambiente circundante e, dependendo da matéria-prima utilizada, podem ser consumidos como parte do produto alimentar (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996; KROCHTA; MULDER-

JOHNSTON, 1997; SKURTYS et al., 2009). Os filmes oferecem um potencial para prolongar a vida de prateleira e melhorar a qualidade dos alimentos através do controle da transferência de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, sabor e aroma entre os componentes do alimento e atmosfera que os envolve (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012).

A busca por um material oriundo de fontes renováveis, com durabilidade em uso e degradabilidade após o descarte teve início com o conhecimento do crescente impacto ambiental causado por embalagens plásticas aliado ao crescimento do uso desse tipo de embalagem (CHEN, 1995; FALCONE; AGNELLI; FARIA, 2007). Em 2010, do total de plásticos transformados no Brasil, aproximadamente 40% foram aplicados no setor de embalagens, sendo que, deste total, em torno de 25% foram aplicados em embalagens para o setor alimentício (ABIPLAST, 2010).

Para serem utilizados como embalagens, os filmes biodegradáveis devem atender a um número de requisitos funcionais específicos (barreira ao vapor de água e / ou a gás, solubilidade em água ou lipídio, características mecânicas e reológicas, não-toxicidade, etc). Estas propriedades funcionais são dependentes da composição, do procedimento de formação, do modo de aplicação, do condicionamento e da espessura do filme (GUILBERT, GONTARD; GORRIS, 1996; OLIVEIRA; GRDEN; RIBEIRO, 2007; VICENTINI, 2003).

A formulação dos filmes biodegradáveis implica a utilização de pelo menos um componente capaz de formar uma matriz, tendo coesão e continuidade suficiente. De acordo com a literatura, esses filmes são comumente elaborados a partir de polissacarídeos, proteínas e lipídios (BERTAN, 2003; KARBOWIAK; DEBEAUFORT; VOILLEY, 2007; OLIVEIRA; CEREDA, 2003). Os lipídios, entretanto, em função de sua baixa polaridade, são mais utilizados na elaboração de revestimentos comestíveis ou juntamente com um polissacarídeo na elaboração de filmes com melhores propriedades mecânicas (CAMPOS, GERSCHENSON; FLORES, 2011; GUILBERT; GONTARD, 2005).

Estudos utilizando biopolímeros (amido, proteína ou a mistura destes) de diferentes fontes na formulação de filmes biodegradáveis têm sido amplamente realizados. O objetivo é de reduzir a necessidade de uso de polímeros não-biodegradáveis derivados do petróleo além de criar novos mercados para as fontes de biopolímeros. Utilizando o amido como matéria-prima, Araujo-Farro et al. (2010) elaboraram filmes a partir de amido de quinoa e verificaram a viabilidade desta matéria-prima na formação de filmes. Larotonda et al. (2004), produziram filmes a partir do amido de mandioca, e Mali et al. (2005a) elaboraram filmes a partir de amido de inhame. A mistura de biopolímeros foi estudada por Fakhouri et al. (2007) que

elaboraram filmes com base de amido nativo e gelatina. Em relação à proteína, Tanada-Palmu e Grosso (2003) elaboraram filmes à base de glúten do trigo e concluíram que esta matéria-prima é uma boa fonte para elaboração de filmes proteicos. Outras fontes protéicas também foram estudadas por Kokoszka et al. (2010), que elaboraram filmes a partir da proteína do soro do leite, e por Sobral e Ocuno (2000), que produziram filmes a partir de proteínas miofibrilares de carne bovina.

Os filmes compostos de polissacarídeos (celulose e seus derivados, amido e derivados, gomas etc) ou proteínas (gelatina, zeína, glúten etc) têm adequadas propriedades mecânicas e ópticas globais, mas são altamente sensíveis à umidade e apresentam alto coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água. Em virtude disso, existe uma crescente busca por materiais de reforço, de caráter mais hidrofóbico, como fibras e nanopartículas, a fim de melhorar as propriedades mecânicas e de barreira dos filmes biopoliméricos à base de amido e/ou proteína (MONTAÑO-LEYVA et al., 2013; REDDY & YANG, 2005; SATYANARAYANA et al., 2009).

Em contraste, os filmes compostos de lipídios (ceras, lipídios ou derivados) ou poliésteres (poli-D-β-hidroxitirato, ácido poliláctico etc) apresentam boas propriedades de barreira de vapor de água, mas são geralmente opacos e relativamente inflexíveis. Além disso, filmes lipídicos podem ser também frágeis e instáveis (suscetíveis à oxidação).

A combinação dos biopolímeros, formando filmes denominados multicompostos ou multicomponentes, tem como vantagem agregar os pontos positivos de cada um dos constituintes utilizados (BATISTA, TANADA-PALMU & GROSSO, 2005; GUILBERT, GONTARD; GORRIS, 1996; FAKHOURI et al., 2007).

Os resíduos vegetais, que contém pectina, celulose, pigmentos e outros compostos funcionais podem também ser utilizados como matéria-prima para formulação de filmes biodegradáveis (AZEREDO et al., 2012; BARBOSA et al, 2011; PARK; ZHAO, 2006). Tais filmes proporcionam benefícios adicionais aos tradicionais elaborados por fornecerem sabor e cor únicos dos vegetais, além do conteúdo de antioxidantes naturais presentes (AZEREDO et al., 2008; DU et al., 2011).

Verifica-se na literatura um número considerável de estudos sobre a utilização de frutas e hortaliças, principalmente na forma de purês, como matéria-prima para elaboração de filmes biodegradáveis (Tabela 1). Entretanto, poucos utilizam resíduos do processamento para esse fim. Park & Zhao (2006) elaboraram filmes a partir do bagaço de cranberry e demonstraram a viabilidade da utilização do extrato aquoso desta matéria-prima na elaboração

destes. Segundo os autores, dependendo da aplicação a que se destina o filme, a funcionalidade da película pode ser alterada através da concentração de um agente plastificante e da adição de determinado tipo de pectina. Sothornvit & Pitak (2007) produziram filmes à base de farinha de banana que demonstraram boa capacidade de vedação, o que torna estes filmes adequados para uso como sachês ou sacos para alimentos secos, reduzindo assim a necessidade de materiais de plástico. Du et al. (2011) elaboraram filmes antimicrobianos com boas propriedades físicas a partir do purê de maçã com adição de polifenóis extraídos da casca da maçã.

Tabela 1. Diferentes matérias-primas vegetais (frutas e hortaliças) e formas em que são utilizadas na elaboração de filmes comestíveis/ biodegradáveis.

Fruta ou hortaliça	Forma utilizada	Referência
Pêssego	Fruta madura em forma de purê	McHugh; Huxsoll; Krochta (1996)
Damasco	Fruta madura em forma de purê	McHugh; Huxsoll; Krochta (1996)
Maçã	Fruta madura em forma de purê	McHugh; Huxsoll; Krochta (1996)
Pêra	Fruta madura em forma de purê	McHugh; Huxsoll; Krochta (1996) Senesi; McHugh (2002)
Banana	Amido isolado	Romero-Batista et al. (2005)
Manga	Amido isolado	Romero-Batista et al. (2005)
Cranberry	Extrato do bagaço de <i>Cranberry</i> com adição de pectina e plastificante	Park; Zhao (2006)
Maçã	Fruta madura em forma de purê com adição de óleos essenciais	Rojas-Graü et al. (2006)
Banana	Farinha de banana com adição de glicerol e pectina	Sothornvit; Pitak (2007)
Tomate	Tomate em forma de purê com adição de pectina	Du et al. (2008; 2012)
Manga	Fruta madura, sem pele, em forma de purê	Sothornvit; Rodsamran (2008; 2010)
Manga	Fruta em forma de purê com adição de nanofibra de celulose	Azeredo et al. (2009)
Jaca	Amido extraído do caroço	Barbosa et al. (2011)
Maçã	Fruta em forma de purê com adição de polifenóis extraídos da casca	Du et al. (2011)
Cenoura	Cenoura cozida em forma de purê como principal ingrediente	Wang et al. (2011)
Acerola	Fruta em forma de purê com adição de alginate e reforçado com nanofibras	Azeredo et al. (2012)
Banana	Fruta madura, sem casca, com adição de pectina e nanopartículas de quitosana	Martelli et al. (2013)

Os filmes de amido são geralmente quebradiços e para melhorar as propriedades mecânicas dos mesmos é comum a adição de um agente plastificante, que reduzem as forças intermoleculares e aumentam a mobilidade das cadeias dos polímeros, melhorando a flexibilidades dos filmes. No entanto, com essa adição, pode ocorrer um aumento da permeabilidade ao vapor de água (ANDREUCCETTI; CARVALHO; GROSSO, 2009; IRISSIN-MANGATA et al, 2001; MALI; GROSSMAN; YAMASHITA, 2010). Na verdade, as características higroscópicas dos filmes de amido adicionados de glicerol contribuem para aumentar ainda mais o caráter hidrofílico do filme (GARCÍA et al., 2009).

A pectina é um polissacarídeo natural encontrado na maioria das frutas e hortaliças. Entretanto, a mistura de pectina e amido pode gerar filmes resistentes e facilitar a formação da película. Dessa forma, o adicional teor de pectina em filmes à base de resíduos de frutas e hortaliças pode modificar e proporcionar propriedades funcionais desejáveis nos filmes, sem alterar a permeabilidade do mesmo (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012; SOTHORNVIT; PITAK, 2007).

3.3.1 Caracterização dos filmes

3.3.1.1 Espessura

O controle da espessura dos filmes é importante para definir a uniformidade desses materiais, para a confiabilidade das medidas das propriedades e validade das comparações entre as propriedades dos biofilmes (BUFFO; HAN, 2005; VICENTINI, 2003).

Sobral (2000) reporta que o efeito de possíveis variações das propriedades, como consequência da variação da espessura dos filmes, nem sempre é considerado, mas é fundamental. No estudo realizado pelo autor, a força na perfuração, a permeabilidade ao vapor de água, a diferença de cor e a opacidade de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares (carne bovina e de tilápia-do-nilo), aumentaram linearmente com a espessura dos corpos-de-prova.

3.3.1.2 Solubilidade em água

A solubilidade em água dos filmes biodegradáveis, que pode ser obtida a partir de isotermas de adsorção e análise de solubilidade em água, fornece informações valiosas para caracterização do filme e direciona a aplicação do biofilme como embalagem de produtos alimentícios. Em alguns casos, a sua total solubilização em água pode ser benéfica, como nos produtos semi-prontos destinados ao preparo sob cozimento. Entretanto, quando o alimento é líquido ou então exsuda uma solução aquosa, filmes de elevada solubilidade não são indicados (BERTUZZI et al., 2007; FAKHOURI et al., 2007)

Biopolímeros apresentam várias vantagens em relação a polímeros sintéticos, mas a sua aplicação é limitada pela sua alta afinidade a água. Em função disto, a mistura de polímeros ou a adição de materiais hidrofóbicos tem sido proposta (MONTAÑO-LEYVA et al., 2013; CERQUEIRA et al., 2012; SATYANARAYANA et al., 2009; REDDY & YANG, 2005).

A composição do filme elaborado é determinante para a solubilidade em água do mesmo. Turhan e Şahbaz (2004) reportaram que em filmes compostos de metilcelulose preparados apenas com água ou água/ etanol, apresentaram menor solubilidade em água que amostras de filmes plastificadas com polietileno glicol. Segundo os autores, a menor solubilidade dos filmes de metilcelulose indica a elevada coesão da matriz de metilcelulose devido a numerosas pontes de hidrogênio entre as cadeias de metilcelulose.

Em filmes de amido de quinoa, elaborados por Araujo-Farro et al. (2010), foram observados valores muito baixos de solubilidade em água para esses filmes em consequência do nível elevado de coesão na matriz do filme, resultando em uma estrutura compacta e de menor solubilidade.

3.3.1.3 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água é a propriedade dos filmes mais extensivamente estudada. Esta não deve ser confundida com transporte através de poros, uma vez que a mesma consiste em um processo de solução e difusão onde o vapor se dissolve de um lado do filme e se difunde até o outro lado do mesmo, onde sofre dessorção ou evaporação, sob

condições específicas (CERQUEIRA et al., 2012; GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996; VICENTINI, 2003).

A transmissão de vapor de água depende fortemente da temperatura, umidade relativa prevalente em ambos os lados de barreira e hidratabilidade da barreira. Portanto, é de máxima importância que os estudos sobre propriedade de barreira ao vapor de água de filmes deem referência adequada para estas condições (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996).

Determinar essa propriedade em um filme é fundamental, pois, como uma barreira ao vapor de água, um filme pode estender o prazo de validade e elevar a qualidade dos alimentos, limitando a migração de umidade, que pode acelerar reações deteriorantes (MAUER; SMITH; LABUZA, 2000).

Polissacarídeos e proteínas são materiais muito utilizados na elaboração de filmes, dando origem a filmes com excelentes propriedades mecânicas e estruturais, porém com barreira ao vapor de água reduzida. Portanto, propriedades hidrofóbicas de lipídios são exploradas devido a sua elevada propriedade de barreira a água. Entretanto, a eficiência dessa propriedade nos filmes depende da polaridade e da distribuição uniforme das partículas de lipídios na matriz (KARBOWIAK; DEBEAUFORT; VOILLEY, 2007; YOSHIDA; ANTUNES, 2004). Dessa forma, estudos focados na interação dos compostos adicionados com os demais componentes, são necessários para entender a influência de tais compostos nas propriedades dos filmes (CERQUEIRA et al., 2012).

3.3.1.4 Propriedades mecânicas

Resistência à ruptura e abrasão, para suportar a força de tensão externa e proteger o produto, e flexibilidade, a fim de adaptar-se a possível deformação sem quebrar, são características geralmente necessárias em um filme aplicado como embalagem (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996; PEREDA; ARANGUREN; MARCOVICH, 2010).

O uso pretendido de filmes requer uma clara compreensão das propriedades mecânicas tais como resistência a tensão (T) e alongação na ruptura (E). Estes parâmetros relacionam propriedades mecânicas de filmes com as suas estruturas químicas e dependem fortemente da composição da película (BOURBON et al., 2011). Três propriedades, tensão na ruptura, alongação na ruptura e módulo de Young (Y) ou elasticidade, podem ser obtidas através dos testes de tração. Resistência à tensão indica a tensão de tração máxima que o filme pode

sustentar, alongação na ruptura representa a alteração máxima no comprimento de uma amostra de teste antes de romper, e módulo de Young é uma medida da rigidez da película, calculado pela razão entre tensão e deformação da mesma (PEREDA; AMICA; MARCOVICH, 2012; VICENTINI, 2003).

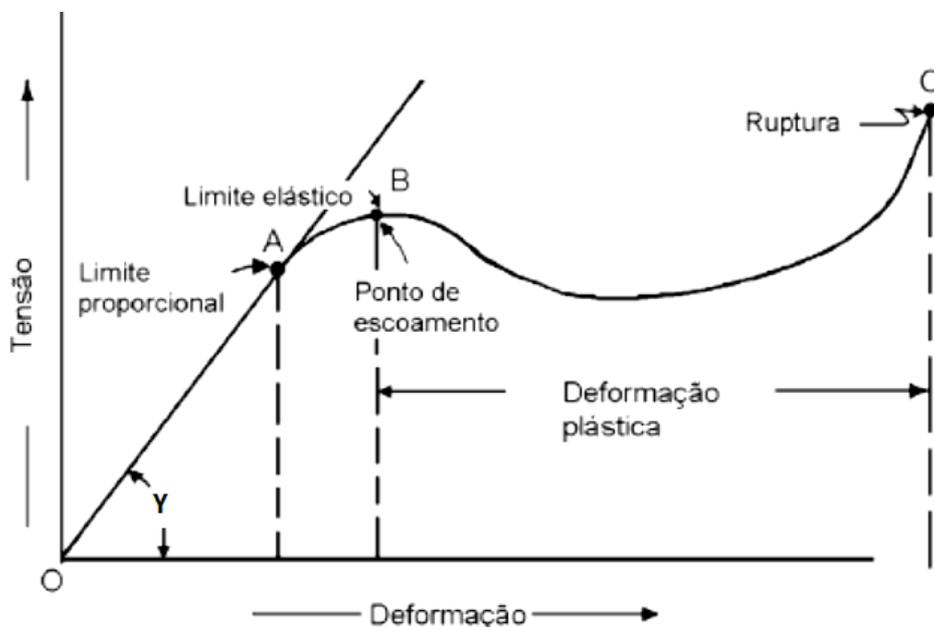


Figura 2. Curva de tensão versus deformação de filme sintético flexível (Adaptado de MILTZ, 1992).

Na figura 2, pode-se observar uma curva característica da relação entre tensão e deformação de filmes flexíveis sintéticos. Inicialmente o material oferece resistência crescente à solicitação de tração, a qual provoca seu alongamento, que é totalmente reversível. A partir do ponto A (limite de proporcionalidade do material), o aumento de resistência passa a ser menor para um mesmo aumento de deformação até o ponto de escoamento (B), a partir do qual a força requerida para deformar a amostra diminui e, uma vez cessada a tensão, o material estará permanentemente deformado. Com o decorrer do alongamento, o material resiste até que ocorra a ruptura no ponto C. A tensão neste ponto é denominada de tensão na ruptura (T) e corresponde a deformação na ruptura ou alongação na ruptura (E). O módulo de Young (Y) representa a inclinação da curva tensão versus deformação, dentro do limite elástico (SARANTÓPOULOS et al, 2002; VICENTINI, 2003).

As propriedades mecânicas dos filmes dependem das interações entre os componentes, ou seja, da formação de ligações moleculares fortes ou numerosas entre as cadeias. A interação de proteínas, hidrocolóides e outros aditivos incluindo água, plastificantes e

compostos bioativos desempenha um papel importante na T e E dos filmes (BOURBON et al., 2011).

Para muitos poliésteres biodegradáveis, a resistência à tensão é muitas vezes semelhante ao do polietileno ou PET, mas a elongação é frequentemente muito mais baixa (quando não há plastificação externa). Hidrocolóides, que geralmente requerem plastificação mostram menor resistência à tensão, mas sua deformação é principalmente dependente do conteúdo do plastificante.

Em estudo realizado utilizando farinha de banana na elaboração de filmes comestíveis, o aumento do conteúdo de farinha de banana e de pectina melhorou a resistência do filme (SOTHORNVIT; PITAK, 2007). Em contraste, o aumento do teor de glicerol (plastificante) reduziu a resistência e aumentou a flexibilidade. Em conclusão, a farinha obtida da fruta apresentou potencial para desenvolvimento de filmes resistentes, sem adição de plastificante.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ELABORAÇÃO DA FARINHA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS (FFH)

4.1.1 Matéria prima

Para elaboração da FFH foi utilizado o resíduo de frutas e hortaliças, obtido através da elaboração de bebida isotônica à base de suco concentrado de frutas e hortaliças (MARTINS et al., 2011), realizada em escala semi-piloto no Laboratório de Compostos Bioativos do Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO).

As frutas e hortaliças utilizadas integralmente foram: alface (*Lactuca sativa*), abobrinha (*Curcubita pepo*), cenoura (*Daucus carota* L.), espinafre (*Spinacea oleracea* L.), hortelã (*Mentha piperita* L.), inhame (*Dioscorea alata*), laranja (*Citrus sinensis* L.), maracujá (*Passiflora edulis*), melancia (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus* L.) e rúcula (*Eruca sativa*). Todas as espécies foram compradas em um supermercado local (Rio de Janeiro, Brasil) e foram levadas ao laboratório para uso imediato. As frutas e as hortaliças foram devidamente lavadas em água corrente depois de terem sido higienizadas durante 30 minutos em um banho contendo 200 ppm de hipoclorito de sódio (NaClO) (FERREIRA et al., in press).

4.1.2 Processamento da Farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH)

Após a produção do suco concentrado, o resíduo sólido restante foi imediatamente transformado em farinha de acordo com o procedimento descrito por Ferreira et al. (in press). O resíduo foi disposto em bandejas antiaderentes, colocadas em estufa com circulação de ar (MARCONI, Brasil) a 65°C por 6 horas. Em seguida, o resíduo desidratado foi moído durante 5 minutos até obtenção de uma farinha visualmente homogênea. Após esta etapa, a farinha foi colocada novamente em estufa com circulação de ar a 90°C por uma hora, visando o controle microbiológico, antes de passar por moagem de 1 minuto. As amostras de farinha (FFH) pronta foram embaladas hermeticamente e armazenadas a temperatura ambiente em embalagens assépticas de alumínio.

O fluxograma de produção da FFH é mostrado na Figura 3.

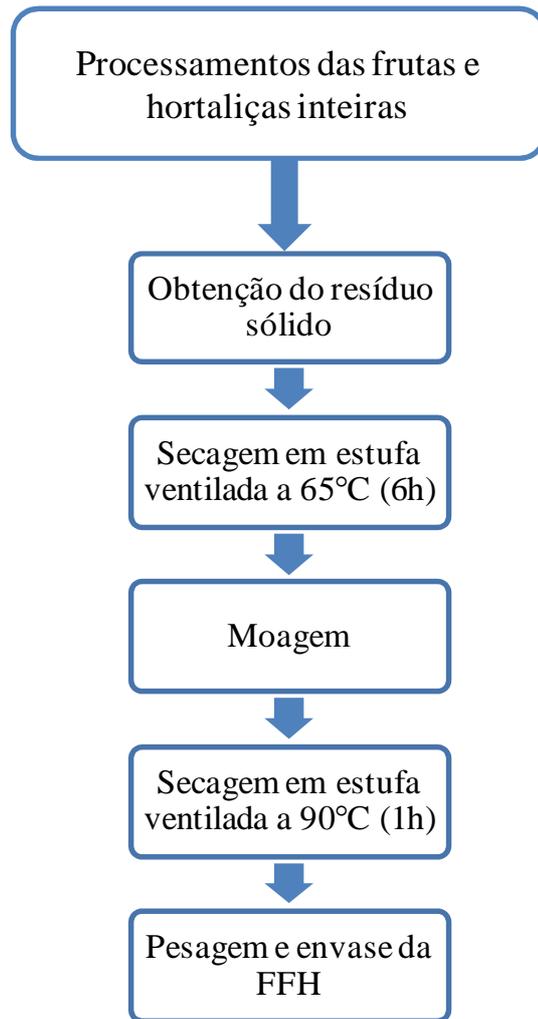


Figura 3. Fluxograma de obtenção da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS

4.2.1 Granulometria

A análise do tamanho de partículas da farinha (FFH) foi realizada através de um agitador de peneiras (BERTEL, Brasil) no Laboratório de Escoamento de Fluidos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Amostras de FFH (100 g) foram peneiradas durante 20 minutos em um conjunto de sete peneiras com os seguintes tamanhos: 28, 32, 42, 48, 65 e 80 “mesh Tyler”, além da base (fundo). O material retido em cada peneira e na base foi pesado e expresso em percentagem de retenção. Também foi calculado o D_{50} da FFH, estimado através da fração mássica (50%) que passa por determinado diâmetro da peneira (ROSA et al., 2013).

4.2.2 Índice de solubilidade em água (ISA) e Índices de absorção de água (IAA) e óleo vegetal (IAO)

A determinação do ISA, IAA e IAO foi realizada em triplicata através da metodologia descrita por Anderson (1982), com modificações. Para essas análises, foi pesado 1 g da amostra de FFH em tubo Falcon (15 mL) previamente tarado e, posteriormente, foram adicionados ao tubo 10 mL de água destilada (ou óleo vegetal para índice de absorção de óleo). Logo após, foi realizada a agitação mecânica dos tubos em um agitador tipo Vortex por 1 minuto e os tubos foram então centrifugados (1597,5 x g por 30 minutos) em centrífuga de bancada (NOVA INSTRUMENTS, Brasil). Ao final da centrifugação, o líquido sobrenadante foi transferido para uma placa de petri e colocado em estufa com circulação de ar a 105°C, por quatro horas. Posteriormente a secagem do sobrenadante, as placas de petri foram pesadas e o ISA calculado através da seguinte equação:

$$ISA = \frac{\text{Peso do resíduo seco (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

O tubo Falcon com o resíduo restante da centrifugação, após remoção do sobrenadante, foi pesado, e o índice de absorção de água ou óleo vegetal calculado através da seguinte equação:

$$IAA \text{ ou } IAO = \frac{\text{Peso do resíduo da centrifuga (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}}$$

4.2.3 Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel

As frações de fibra alimentar solúvel (FAS) e fibra alimentar insolúvel (FAI) foram determinadas em triplicata, de acordo com o Método 991.43 AOAC (2000) com base no procedimento enzimático gravimétrico (PROSKY et al, 1984). As enzimas utilizadas foram TERMAMYL 120L (alfa-amilase), AMG 200 (amiloglicosidase), cedidas pela Novozymes Ltda., e protease obtida no Laboratório de Compostos Bioativos (UNIRIO).

Cadinhos to tipo Gooch foram previamente tarados em mufla a 550°C por 4 horas. Em paralelo, amostras de FFH com cerca de 1g foram colocadas, em quadruplicata, em bécheres de 400 mL com 50 mL de solução tampão de fosfato (pH = 6) cobertos com papel alumínio. Os bécheres foram colocados em banho-maria tipo Dubnoff (M.S. MISTURA, Brasil) a 90°C por 35 minutos. Em seguida, 0,1 mL da enzima alfa-amilase foi adicionada em cada bécher, que, depois de tampados com papel alumínio, foram levados ao banho-maria a 90°C com agitação (200 rpm) por 30 minutos. Os bécheres foram então resfriados e o pH ajustado com NaOH até pH 7,5. Em seguida, os bécheres tampados com papel alumínio foram novamente colocados em banho-maria, porém, com adição de 0,1 mL de enzima protease, por 30 minutos a 60°C. Ao final, os bécheres foram resfriados e ao conteúdo dos mesmos foi adicionado 0,3 mL da enzima amiloglicosidase. Novamente, foram colocados em banho-maria com agitação (200 rpm) por 30 minutos, à 60°C, e posteriormente resfriados.

Para análise de fibra insolúvel, após o tratamento enzimático, foi montado um sistema a vácuo com kitassato, adaptadores de borracha e os cadinhos filtrantes tipo Gooch com filtro “nylon bag”, previamente tarados. As amostras dos bécheres foram filtradas usando vácuo através dos cadinhos. Após a filtração, os resíduos dos cadinhos foram lavados duas vezes com 15 mL de etanol 95% e duas vezes com 15 mL de acetona. Os cadinhos foram então colocados em estufa convencional a 105°C por 24 horas e, depois de resfriados, foram pesados e o valor utilizado para o cálculo da fração insolúvel.

Para análise de fibra solúvel, o filtrado contido no kitassato foi transferido para um bécher e neste, foram adicionados, em volume de etanol 95% aquecido, o equivalente a 4 vezes o volume do filtrado. O volume foi dividido em quatro bécheres, cobertos com folha de alumínio e deixados a temperatura ambiente para formação de precipitado. O conteúdo dos bécheres foi filtrado através do mesmo sistema descrito anteriormente em cadinhos distintos e o resíduo lavado duas vezes com 15 mL de etanol 95% e duas vezes com 15 mL de acetona. Os cadinhos com resíduos foram colocados em estufa convencional a 105°C por 24 horas e, depois de resfriados, foram pesados para o cálculo da fração solúvel.

A fibra alimentar total (FAT) foi calculada através da soma das frações solúveis e insolúveis. Além disso, durante a análise, foram conduzidas provas em branco e os valores finais foram corrigidos com os teores de proteína (Método micro Kjeldahl) e cinzas (Mufla por 24 horas) (AOAC, 1984) da FFH, além do branco.

4.2.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS)

Essas análises foram realizadas através de um Espectrômetro de Energia Dispersiva (Raio-X) (OXFORD Ind., Inglaterra) acoplado ao Microscópio Eletrônico de Varredura Jeol JSM (OXFORD Ind., Inglaterra) no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC – RJ).

Para realização da análise, a amostra de FFH foi mantida em dessecador contendo sílica gel por 24 horas e, antes da análise, a amostra foi fixada sobre suportes de alumínio e recoberta com película de ouro (40-50 nm) por 100 segundos. Para análise das ligações estruturais, seis pontos aleatórios foram utilizados e todas as amostras foram examinadas usando voltagem de aceleração de 5 kv.

4.2.5 Análise das ligações estruturais por Espectroscopia de Infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A análise de ligações estruturais da FFH por meio do FTIR foi realizada no Instituto de Macromoléculas (IMA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os espectros da FFH foram obtidos com pastilhas de KBr, preparadas por meio da homogeneização seguida da prensagem de 99 mg de KBr e de 1 mg da farinha, em espectrofotômetro Excalibur Series (VARIAN Inc., Estados Unidos). Os espectros de absorção foram coletados no mínimo três vezes e a faixa espectral considerada foi de 4000 a 400 cm^{-1} .

4.2.6 Isoterma de adsorção de água

A isoterma de adsorção foi determinada de acordo com o método estático-gravimétrico descrito por Wolf et al. (1984), com modificações. Uma amostra de 100g de FFH foi pré-condicionada em dessecador contendo solução saturada de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) por sete dias, a temperatura ambiente. Amostras secas, em triplicata, foram pesadas (300mg) em recipientes plásticos (10 mL) e colocadas em frascos de vidro com fechamento hermético (1 L) contendo dez diferentes soluções salinas saturadas (Tabela 2), com umidades

relativas constantes, variando entre 11% e 90 %. A temperatura no laboratório foi mantida e monitorada na temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabela 2. Atividade de água de diferentes soluções salinas saturadas, a 25°C .

Sal (Solução Saturada)	Atividade de água
Cloreto de lítio (LiCl)	0,113
Cloreto de magnésio (MgCl ₂)	0,328
Carbonato de potássio (K ₂ CO ₃)	0,432
Nitrato de magnésio (Mg(NO ₃) ₂)	0,529
Brometo de sódio (NaBr)	0,550
Nitrito de sódio (NaNO ₂)	0,645
Cloreto de sódio (NaCl)	0,753
Sulfato de amônio ((NH ₄) ₂ SO ₄)	0,810
Cloreto de potássio (KCl)	0,843
Cloreto de bário (BaCl ₂)	0,902

Fonte: Greenspan (1977).

As amostras foram pesadas em intervalos de 24 horas e o equilíbrio foi determinado quando três pesagens consecutivas mostraram diferença menor que 0,001 g. A umidade de equilíbrio foi calculada através do ganho de massa da amostra seca até peso constante. O teor de umidade de cada amostra foi determinado gravimetricamente após secagem em estufa convencional a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 8 horas (AOAC, 1984).

GAB (Guggenheim-Anderson -de Boer) foi o modelo matemático usado para ajustar os dados obtidos na isoterma de adsorção da FFH. Este modelo pode ser expresso na seguinte equação:

$$M_w = \frac{M_0 \times C \times k \times a_w}{(1 - K \times a_w)(1 - k \times a_w + C \times k \times a_w)}$$

Onde, M_w é o conteúdo de umidade de equilíbrio em uma determinada atividade de água (a_w), M_0 é o valor da monocamada (g de água / g de sólidos) e C e K são as constantes de GAB. Os parâmetros da equação de GAB foram calculados utilizando o software Statistica (STATSOFT Inc., Estados Unidos).

4.3 ELABORAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS

4.3.1 Soluções filmogênicas

As soluções filmogênicas (SF) foram preparadas com duas diferentes proporções (g/g) de FFH (8% e 10%), escolhidas com base em estudos prévios (FERREIRA et al., 2012). (Tabela 3). As soluções de FFH e água foram aquecidas a 70°C em banho-maria tipo Dubnoff (M.S. MISTURA, Brasil), sob constante agitação (200 rpm) por 45 minutos. Após resfriadas a temperatura ambiente, as soluções filmogênicas foram obtidas através da filtragem manual em filtro de poliéster e o filtrado centrifugado (2130 x g) por 10 minutos. Para fins de comparação, soluções filmogênicas com 8% de FFH foram também formuladas com adição de farinha de casca de batata em duas diferentes proporções (2% e 4%). A farinha de casca de batata foi processada de acordo com o processamento da FFH, descrito anteriormente.

Tabela 3. Soluções filmogênicas (SF) formuladas à base de diferentes proporções de farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) com adição de farinha de casca de batata.

SF	FFH (g /100g)	Farinha de casca de batata (g /100g)
8F	8	0
10F	10	0
8F2B	8	2
8F4B	8	4

4.3.2 Filmes biodegradáveis

Os filmes foram elaborados com duas camadas por meio da técnica de “*casting*”, onde as soluções filmogênicas (20 mL) foram dispersas em placas de petri em poliestireno (90 mm de diâmetro) e secas em estufa com circulação de ar a 50 °C por 4 horas. Depois de secos, foi desenvolvida a segunda camada dos filmes por meio de nova dispersão das soluções filmogênicas (20 mL) nas placas e secagem por 4 horas em estufa com circulação de ar a 50 °C. Os filmes formados após a secagem foram removidos manualmente das placas e acondicionados em dessecadores contendo sílica gel e posteriormente utilizados para análises de caracterização.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES BIODEGRADÁVEIS

4.4.1 Espessura

A espessura dos filmes foi medida através de um micrômetro digital (Digimess, 0,25mm) em seis pontos aleatórios dos filmes. A média entre as seis medidas foi considerada a espessura do filme.

4.4.2 Solubilidade em água

A solubilidade dos filmes foi definida, em triplicata, pela razão entre o peso inicial e final da amostra solubilizada, após imersão em água destilada (GONTARD et al., 1994), conforme equação abaixo. Amostras dos filmes, com aproximadamente 2 cm de diâmetro, foram pesadas para determinação do peso inicial. Em paralelo a umidade dos filmes foi determinada para cálculo da massa seca inicial (m_i). As amostras foram imersas em um bécher contendo 50 ml de água destilada e colocadas sob agitação constante em banho-maria (tipo Dubnoff) por 24h à temperatura ambiente (25 °C). Após este período, a solução contida em cada bécher foi filtrada com filtro de papel, previamente tarado, e o mesmo transferido para uma cápsula de porcelana. A massa seca final da amostra não solubilizada (m_f) foi determinada após secagem em estufa a 105 °C até peso constante.

$$\%MS = \frac{|m_i - m_f|}{m_i} \times 100$$

Onde: %MS = porcentagem de material solubilizado, m_i = massa seca inicial da amostra e m_f = massa seca final da amostra não solubilizada.

4.4.3 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada gravimetricamente, em triplicata, de acordo com o método ASTM E96 (ASTM, 1995), com adaptações. As amostras de filmes esféricas (3 cm de diâmetro) foram seladas na parte superior das células de permeação (Figura 4) contendo sílica gel e colocadas em um dessecador contendo água destilada (100% UR) a 25°C. As células de permeação foram pesadas em um intervalo de 24 horas até peso constante. A PVA dos filmes foi determinada através da seguinte equação:

$$PVA = \frac{g}{t \times A} \times \frac{X}{\Delta p}$$

Onde A é a área de permeação da superfície do filme exposta (m^2) e g/t é calculado através da regressão linear entre os pontos de ganho de peso pela sílica gel (g) e tempo (t) no estado estacionário. X é a média de espessura dos filmes (mm) e Δp representa a diferença de pressão de vapor do ambiente contendo sílica gel (0) e contendo água pura (3,16746 kPa, a 25 °C).



Figura 4. Células de permeação utilizadas na análise de permeabilidade ao vapor de água com o filme a base de 10% de FFH na superfície.

4.4.4 Propriedades mecânicas

Tensão na ruptura (T), alongação na ruptura (E) e Módulo de Young (Y) dos filmes foram determinados através do Texturômetro TMS/Pro (FOOD TECHNOLOGY CORPORATION, EUA), de acordo com o método ASTM D882 (ASTM, 1995). Corpos de prova com 15 mm de largura e 60 mm de comprimento foram usados para essa análise, com distância inicial entre as garras de 50 mm e velocidade de teste de 1 mm/s.

A tensão na ruptura foi calculada dividindo-se a força máxima no rompimento do filme, pela área de secção transversal. A alongação na ruptura foi determinada dividindo-se a distância final de separação das garras pela distância inicial de separação (50 mm), multiplicada por 100 (DAVANÇO; TANADA-PALMU; GROSSO, 2007). O módulo de Young representa a inclinação da porção linear da curva de tensão-deformação. Os valores apresentados como resultados representam a média de três aferições para cada amostra.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram analisados através da análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5%, utilizando o software XLSTAT. O teste de Tukey, com intervalo de confiança de 95%, foi utilizado para realizar a comparação entre as médias das amostras.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DE RESÍDUOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS

5.1.1 Granulometria

A distribuição do tamanho de partículas está relacionada ao processo de moagem da matéria-prima e a desuniformidade desta pode afetar a textura e a uniformidade do produto final (SILVA et al., 2013a). Nesse sentido, a importância da avaliação do tamanho de partículas da matéria-prima está relacionada à qualidade do produto final, além de explicar determinadas propriedades químicas do mesmo.

Tabela 4. Distribuição granulométrica da farinha de resíduos (FFH).

<i>mesh Tyler</i>	Abertura (μm)	FFH (% retida)
28	600	22,46
32	500	6,16
42	350	20,17
48	300	12,57
65	212	18,63
80	177	13,05
Fundo	-	7,17

A Tabela 4 representa o resultado de distribuição do tamanho de partículas da FFH. Foi verificado que aproximadamente 50% da amostra de FFH passaram através da peneira de 42 *mesh Tyler* (350 μm). Estima-se que o valor de 350 μm corresponda ao tamanho de partícula médio da amostra (D_{50}). Segundo Larrauri (1999), produtos comerciais ricos em fibras possuem distribuições típicas de tamanho de partícula entre 430 e 150 μm . Contudo, houve significativa retenção (22,46 e 20,17%) da amostra de FFH nas peneiras de 28 e 42 *mesh Tyler* (600 e 350 μm), respectivamente. Estas partículas representam aparas e pedaços de talos que não foram moídos de forma adequada no processo de moagem.

Resultados similares ao do presente estudo foram relatados por alguns autores em produtos elaborados a partir de matérias-primas vegetais. Protzek, Freitas e Wasczynskj (1998), por exemplo, verificaram relativa heterogeneidade no tamanho de partículas de farinha de bagaço de maçã e demonstraram que aproximadamente 60% das partículas da farinha apresentaram tamanho inferior a 350 μm . Silva et al. (2013a) observaram heterogeneidade no tamanho de partículas de farinha de feijão carioca, com frações retidas em todas as peneiras, assim como Padalino et al. (2012), em farinha de vegetais com tamanho

médio de partículas inferior a 500 µm. Como consequência da estrutura do tecido heterogêneo de matérias-primas de origem vegetal, a moagem destas pode produzir partículas heterogêneas em tamanho e composição química (MAAROUFI et al., 2000).

5.1.2 Índice de solubilidade em água (ISA) e Índice de absorção de água (IAA) e óleo vegetal (IAO) da FFH

Na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos de solubilidade em água e capacidade de absorção de água e óleo vegetal da FFH. O percentual de solubilidade em água da farinha de resíduos de frutas e hortaliças foi determinado em 17,27%. Valores similares de solubilidade em água foram relatados em farinhas com elevado teor de carboidratos como farinha de tapioca (ISA = 19,27%) (SILVA et al., 2013b) e farinha de resíduos do processamento da laranja (ISA = 24%) (CLEMENTE et al., 2012).

A solubilidade em água está relacionada à quantidade de sólidos solúveis da amostra seca e, uma vez que o grânulo de amido é, em grande parte, insolúvel em água fria, a solubilidade está relacionada aos demais componentes solúveis presentes, como açúcares, frações solúveis de fibras alimentares e proteínas solúveis (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005; LOUBES; TOLABA, 2014).

Os Índices de absorção de água (IAA) e óleo vegetal (IAO) refletem a capacidade de absorção e retenção de água e/ou óleo vegetal de determinada amostra e dependem da exposição de grupos hidrofílicos e/ou hidrofóbicos das moléculas na mesma. O IAA da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (7,16 g/g FFH) foi superior ao valor do IAO (3,17 g/g FFH). A diferença encontrada pode estar relacionada à composição da FFH, determinada por Ferreira et al. (in press) na qual foi observado elevado teor de carboidratos (53,06%) e fibras (21%). Estes possuem em sua estrutura química grupos hidrofílicos disponíveis que podem associar-se a molécula de água por meio de pontes de hidrogênio (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Semelhante explicação foi relatada por Arogba (1997), que encontrou diferença entre o IAA (1,9) e o IAO (0,9) de farinha processada de caroço de manga, e sugere que na composição da fruta *in natura* e do caroço já exista maior teor de compostos polares e que alterações conformacionais de moléculas, tais como o amido e proteína, poderiam ter ocorrido durante o processamento da farinha de forma a expor mais grupos hidrofílicos do que grupos hidrofóbicos.

Tabela 5. Solubilidade em água e capacidade de absorção de água e óleo da farinha de resíduos de frutas e hortaliças.

Propriedades	Resultados
Índice de absorção de água (g/g farinha)	7,16 ± 1,47
Índice de absorção de óleo (g/g farinha)	3,17 ± 0,45
Solubilidade em água (% , b.s.)	17,27 ± 0,52

5.1.3 Determinação de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel

O termo fibra alimentar se refere a uma combinação de compostos químicos de diferente composição e estrutura, tais como celulose, hemicelulose, lignina, gomas etc. (RODRÍGUEZ et al., 2006). Subprodutos de frutas e vegetais são reconhecidas fontes de fibras alimentares que, de acordo com a proporção de componentes solúveis ou insolúveis em sua composição, podem ser classificadas como fibra alimentar solúvel ou fibra alimentar insolúvel (ELLEUCH et al., 2011; THEBAUDIN et al., 1997).

O conteúdo FAT da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (48,42% b.s.) (Tabela 6) foi semelhante aos relatados na farinha de semente de uva (47%) (OZVURAL; VURAL, 2011), cascas de manga (41%) (AJILA; PRASADA RAO, 2013) e superior ao encontrado no concentrado de fibras extraídas do pêssigo (30-36%) (GRIGELMO-MIGUEL; GORISNSTEIN; BELLOSO, 1999) e na casca de *grapefruit* (44,2%) (FIGUEROLA et al., 2005). No entanto, o teor de FAT da FFH foi consideravelmente menor do que o de bagaços de frutas e vegetais que variaram entre 54-99% (NAWIRSKA; KWAŚNIEWSKA, 2005). Contudo, a FFH pode ser considerada um produto com alto teor de fibras, pois para receber esta denominação o alimento deve ter pelo menos 6 g de fibra alimentar por 100g (CODEX, 2009).

Tabela 6. Teor de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel da FFH.

Parâmetros	Valores (% b.s.)
Fibra alimentar solúvel (FAS)	9,56 ± 0,88
Fibra alimentar insolúvel (FAI)	38,82 ± 0,55
Fibra alimentar total (FAT)	48,42 ± 1,43

Em relação ao teor de fibra bruta da FFH ($21,52 \pm 1,61\%$) determinado em estudo prévio (FERREIRA et al., in press), o teor de FDT foi significativamente mais elevado. Na verdade, o conteúdo de fibra bruta dá apenas uma noção relativa da quantidade total de fibras e pode subestimar a quantidade real de 2 a 16 vezes (DEMAN, 1999). Esta diferença deve-se as etapas realizadas na análise de determinação de fibra bruta, onde a maior parte da fração solúvel é perdida durante a digestão ácida feita para eliminar componentes interferentes, como proteínas e carboidratos.

O teor de fibra insolúvel (38,82 %) da FFH representou 80% da fibra alimentar total. Em comparação com outros estudos, este conteúdo de FDI foi semelhante ao descrito para casca de uva (37%) (FIGUEROLA et al., 2005) e maior que o de cascas de manga (28%) (AJILA; PRASADA RAO, 2013) e concentrados de fibra do pêssego (20-23%) (GRIGELMO-MIGUEL; GORISNSTEIN; BELLOSO, 1999). Além disso, a fração insolúvel da FFH também foi maior que o de bagaços de vegetais, que variou entre 18% a 35% (NAWIRSKA; UKLAŃSKA, 2008).

Fibras alimentares derivadas das frutas (polpas) e dos vegetais (folhas e flores) têm sido descritas com uma proporção significativa de fibra alimentar solúvel em comparação com outros alimentos. No entanto, a proporção de FAI para FAS varia de acordo com a espécie e a parte da planta em que foi extraída. Os resíduos vegetais (ou seja, bagaço, caule e sementes) geralmente têm maior proporção de FAI, principalmente devido ao conteúdo de lignina e celulose (FIGUEROLA et al., 2005; NAWIRSKA; KWAŚNIEWSKA, 2005; LI; ANDREWS; PEHRSSON, 2002).

O conhecimento do teor de fibra alimentar é interessante também no ponto de vista tecnológico. As fibras podem melhorar algumas propriedades funcionais dos alimentos como a capacidade de absorção de água e capacidade de absorção de óleo vegetal e emulsificação e seu potencial vem sendo testado como um componente de reforço na elaboração de filmes biodegradáveis. (ELLEUCH et al., 2011; MA; YU; KENNEDY; 2005). Alguns estudos evidenciaram que a incorporação de fibras melhora as propriedades mecânicas dos filmes além de melhorar significativamente a resistência a umidade dos mesmos (MONTAÑO-LEYVA et al., 2013; ALMEIDA et al., 2013; DIAS et al., 2011; MÜLLER; LAURINDO; YAMASHITA, 2009; SATYANARAYANA et al., 2009; REDDY & YANG, 2005). Dessa forma, o elevado teor de fibra alimentar da FFH pode auxiliar no desenvolvimento de filmes a partir de subprodutos vegetais com adequadas propriedades mecânicas e resistência a umidade.

5.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

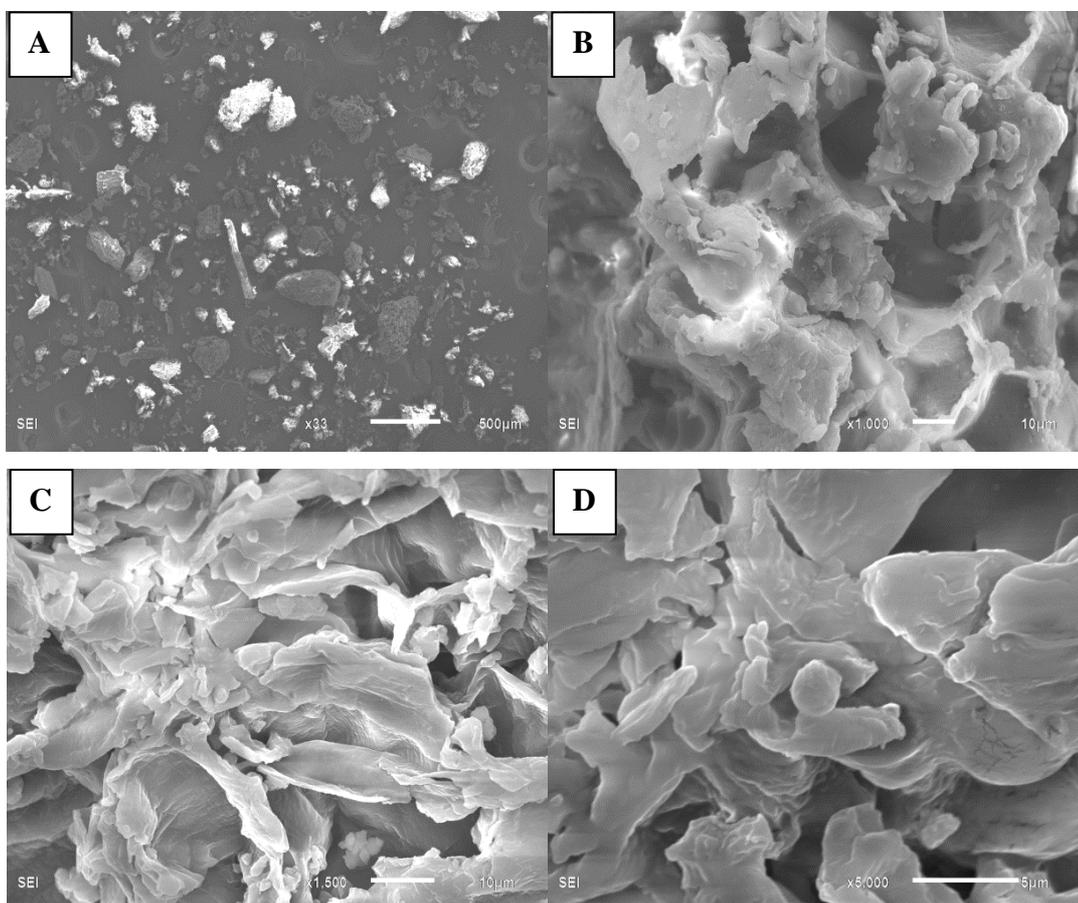


Figura 5. Micrografias da amostra de farinha (FFH). (A - Magnitude x33); (B - Magnitude x 1000); (C - Magnitude x1.500); (D - Magnitude x5.000). Traços horizontais representam a escala 500 µm (A), 10 µm (B e C) e 5 µm (D).

A microscopia eletrônica de varredura tem sido utilizada como ferramenta para caracterização da morfologia e estudo da superfície de materiais poliméricos (DEDAVIS; GOMES; MACHADO, 2007). Na figura 5 é apresentada a microscopia eletrônica de varredura (MEV) da FFH. De acordo com a distribuição de tamanho de partículas da farinha FFH, que revelou uma distribuição heterogênea, a observação das imagens do MEV evidenciou um aspecto granular da farinha, com partículas de diferentes formas e tamanhos e a presença de partículas fibrosas em forma de haste (Figuras 5A).

A observação precisa das partículas de FFH mostra uma estrutura de superfície porosa, de tamanho irregular, com aglomerados de pequenas partículas em sua superfície (Figura 5B e 5C). Segundo Costa (2004) estruturas alongadas e com espessura fina nas micrografias estão

relacionadas a fibras alimentares, constituintes da parede celular do vegetal. Devido ao elevado teor de fibra alimentar da FFH, sugere-se que as estruturas observadas nas micrografias da FFH caracterizem as fibras alimentares presentes na composição da mesma.

Na Figura 5D é possível observar uma estrutura compacta com a presença de pequena partícula de forma esférica em sua superfície. Apesar do grânulo do amido, em sua forma original, ter forma esférica, somente através da figura não é possível apontar grânulos de amido íntegros na composição uma vez que o grânulo pode perder o formato esférico em decorrência da gelatinização quando submetido a elevadas temperaturas, como as aplicadas no processo de fabricação da FFH.

As características da FFH vistas através da microscopia, como forma irregular e irregularidade no tamanho de partícula, podem estar relacionadas às diferentes espécies de frutas e vegetais, com composições distintas, processadas integralmente no processo de fabricação da farinha.

5.1.5 Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS)

A análise qualitativa da composição elementar revelada por meio do EDS é uma técnica analítica utilizada para caracterização química da amostra. A composição elementar da amostra de FFH, analisada por EDS, é apresentada na Figura 6. Foi verificada a presença de picos dos elementos carbono, oxigênio, magnésio, cobre, sódio, cálcio e potássio. Os picos observados entre 2 e 3 KeV na figura estão relacionados ao mineral ouro utilizado na preparação (depuração) da amostra para realização dessa análise.

O elemento mais abundante na amostra, em função da intensidade relativa do pico no espectro, depois do carbono e oxigênio que estão presentes em qualquer material orgânico, é o potássio. Este resultado é consistente com a composição de frutas e hortaliças, que são fontes ricas em potássio, folato, fibras e antioxidantes (HE et al., 2006). Além disso, o potássio foi apontado como o elemento mais importante na composição mineral de diferentes amostras de cereais, frutas e vegetais (EKHOLM et al., 2007).

Aberoumand (2010) verificou a composição elementar de distintas espécies de vegetais por meio de Espectroscopia e mostrou que o caule pode ser uma boa fonte de potássio. Oliveira et al. (2011) avaliaram a composição elementar do Kiwi (*Actinidia deliciosa*) por Espectroscopia e os resultados indicaram o potássio como o elemento em maior

teor na composição. A alta quantidade de potássio chamou a atenção dos autores devido ao potássio ser um elemento essencial para o corpo humano, responsável pelo equilíbrio de água no organismo e pelo mecanismo de contração e relaxamento muscular. O elevado teor desse elemento associado ao conteúdo de fibras alimentares e à capacidade antioxidante da FFH (ANDRADE; FERREIRA; GONÇALVES, 2013¹) sugerem uma ação funcional da FFH no organismo o que agrega valor nutricional aos produtos formulados com a mesma.

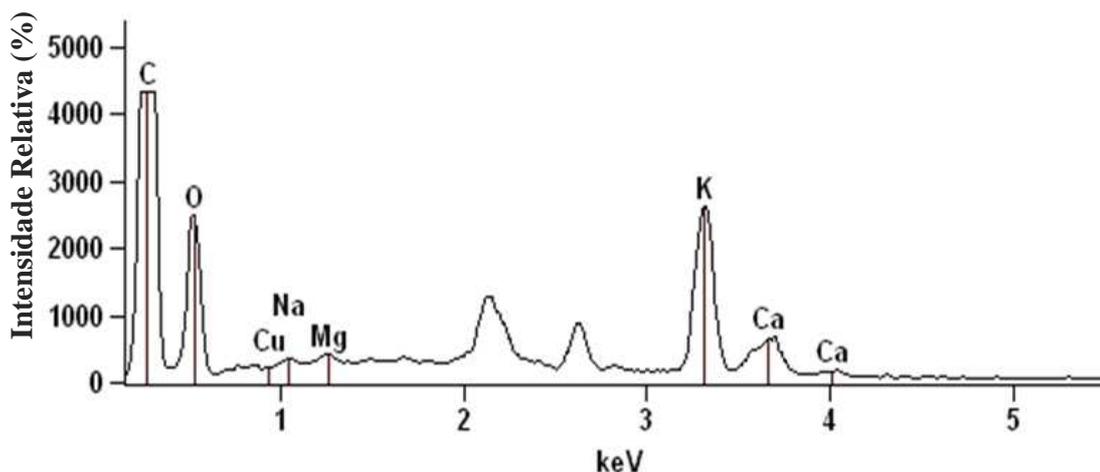


Figura 6. Espectro obtido por EDS da amostra de farinha de resíduos (FFH).

5.1.6 Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

Na Figura 7 é apresentado o espectro da análise da farinha de resíduos de frutas e hortaliças por FTIR. O espectro de FTIR da FFH mostra a contribuição de diferentes grupos funcionais pertencentes a carboidratos, lipídios, proteínas e outros, de acordo com a composição química da farinha.

¹ ANDRADE, R. M. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. **Evaluation of the functional capacity of flour obtained from residues of fruit and vegetables.** Artigo submetido à International Food Research Journal, encontra-se em avaliação.

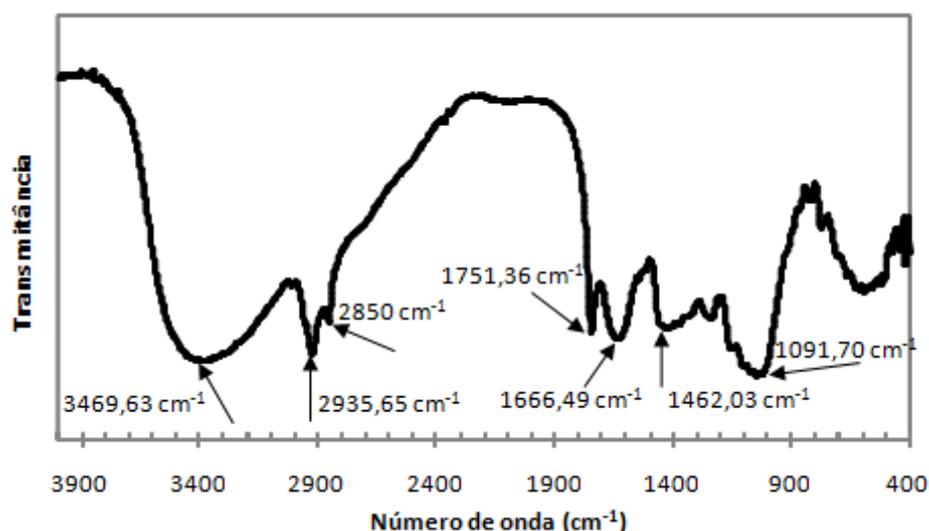


Figura 7. Espectro de absorção na região do infravermelho (FTIR) da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH).

A farinha apresentou um pico intenso na região de $3469,93\text{ cm}^{-1}$ característico dos modos de alongamento simétrico e assimétrico da ligação O-H, que indica a contribuição majoritária da molécula de água (H_2O), que aparece teoricamente em 3500 cm^{-1} (DIAS, 2008).

Foram observados também dois picos bem marcados na região de 2850 cm^{-1} e $2935,65\text{ cm}^{-1}$, atribuídos ao alongamento das ligações C-H presentes em sistemas saturados, como nas ligações saturadas dos polissacarídeos (CERQUEIRA et al., 2012). Outro pico observado foi na região de $1751,36\text{ cm}^{-1}$, que corresponde ao alongamento simétrico da ligação C=O pertencente a moléculas insaturadas. Segundo Araujo-Farro (2008), picos que aparecem na faixa de $1800\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ estão relacionados à composição de lipídios na amostra.

O pico observado na região de $1666,49\text{ cm}^{-1}$ está relacionado à banda amida I (1600 e 1720 cm^{-1}), referente ao grupo amida das proteínas, particularmente do alongamento da ligação C=O (DOGAN; SIYAKUS; SEVERCAN, 2007). O pico em cerca de 1500 cm^{-1} é atribuído a banda amida II, decorrente do alongamento de grupos N-H e alongamento vibrações de grupos N-C (HOQUE; BENJAKUL; PRODPRAN, 2011). A absorção da banda amida I está associada principalmente com as vibrações de alongamento da ligação C=O do grupamento amida da proteína. A absorção da banda amida II surge a partir das vibrações de flexão da ligação N-H da amida (60%), acoplado às vibrações de alongamento da ligação C-N (40%) (DOGAN; SIYAKUS; SEVERCAN, 2007).

As bandas na região 1200 a 1000 cm^{-1} são consideradas bandas características de sacarídeos e atribuídas ao alongamento das ligações C-C, C-O com alguma contribuição das ligações C-O-H (VAN SOEST et al., 1995).

A análise da FFH por meio do FTIR demonstra uma composição química variada e está de acordo com o determinado por Ferreira et al. (in press), no qual a farinha é apresentada como um “multicompósito” por ter em sua composição distintos biopolímeros, principalmente fibras alimentares e carboidratos, porém, quantidade significativa de proteínas e lipídios. Os polissacarídeos de frutas e vegetais são constituídos principalmente por pectina, amido e derivados de celulose, componentes capazes de formar filmes com propriedades mecânicas aceitáveis e permeabilidade seletiva a oxigênio e dióxido de carbono (AZEREDO et al., 2012) e podem ter suas propriedades modificadas/melhoradas por meio da adição de proteínas e lipídios.

5.1.7 Isoterma de adsorção de água

A relação entre o teor de umidade e a atividade água dos alimentos, a uma temperatura constante, produz uma isoterma de sorção de umidade quando expressa graficamente (AL-MUHTASEB; McMINN; MAGEE, 2002). O conhecimento de isotermas de sorção de água de alimentos desidratados é fundamental para o conhecimento da forma de interação dos biopolímeros com a água e para resolução de problemas no processamento de alimentos, tais como secagem, armazenamento, bem como a previsão do prazo de validade (AROGBA, 2001).

O modelo Guggenheim, Anderson e De Boer (GAB), modelo com três parâmetros, é considerado o modelo mais versátil para descrever o comportamento de absorção de alimentos por representar adequadamente os dados experimentais na gama de atividade de água de mais interesse prático em alimentos, isto é, 0,10-0,90, além de ser recomendada pela Cooperação Européia em Ciência e Tecnologia (Projeto COST 90) como a equação fundamental para a caracterização de absorção de água de materiais alimentícios (TIMMERMANN; CHIRIFE; IGLESIAS, 2001; PENG et al., 2006).

A isoterma de adsorção de água da farinha de resíduos de frutas e hortaliças, obtida por ajuste não linear da equação de GAB aos pontos experimentais, é representada na Figura 8 por uma curva exponencial. A isoterma revelou um aumento no teor de umidade da FFH

com o aumento da atividade da água, a uma temperatura constante, representando uma típica curva de isoterma do tipo III (BRUNAUER et al., 1940). Isotermas de sorção de umidade de grande parte dos alimentos são não-lineares, geralmente em forma sigmoidal e têm sido classificadas como Tipo II. No entanto, os alimentos ricos em componentes solúveis, tais como açúcares, têm revelado curvas com comportamento do tipo III, que descreve a absorção de água por polímeros hidrofílicos (DEBEAUFORT; VOILLEY; MEARES, 1994; AL-MUHTASEB, MCMINN; MAGEE, 2002).

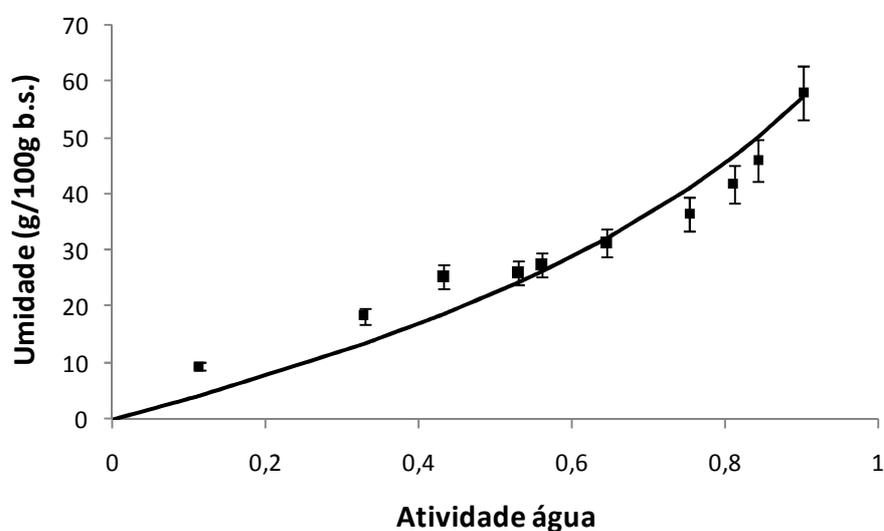


Figura 8. Isoterma de adsorção de água da FFH a 25°C. (Os marcadores (■) representam os valores experimentais).

O comportamento da curva de isoterma da FFH se assemelha ao da curva de isoterma de farinha de pupunha descrita por Ferreira e Pena (2003), que, segundo os autores, evidencia um comportamento higroscópico da farinha. Os parâmetros do ajuste do modelo de GAB são apresentados na Tabela 7, tendo-se obtido um bom ajuste evidenciado pelo valor de R^2 (0,995).

Tabela 7. Valores dos parâmetros de ajuste do modelo de GAB.

Parâmetros					
A_w	T°C	M_0 (% b.s)	C	K	R^2
0,10 – 0,90	25	6,19	10,93	0,89	0,995

A umidade na monocamada (M_0) da amostra de FFH foi pouco superior ao descrito para cupuaçu em pó (4,93) (MEDEIROS et al., 2006) e resíduos da casca do abacaxi (4,45) (OLIVEIRA et al., 2005), evidenciado maior higroscopicidade da FFH. Determinar o valor real do teor de umidade da monocamada (M_0) é interessante, uma vez que indica a quantidade de água que é fortemente adsorvido em sítios específicos do alimento e é considerado como o valor ótimo para a estabilidade, uma vez que produtos alimentícios desidratados mostram melhor estabilidade com conteúdo de umidade comparável ao teor de umidade na monocamada (AL-MUHTASEB, MCMINN; MAGEE, 2002; GABAS et al., 2009).

As constantes do modelo GAB (C e K) determinadas para FFH se encontram dentro da faixa determinada por Lewicki (1997) ($0,24 < K \leq 1$ e $5,67 \leq C \leq \infty$) para ter uma boa descrição da isoterma. Segundo o autor, mantendo as constantes K e C dentro deste intervalo, pode-se assegurar que os valores calculados não diferem de $\pm 15,5\%$ da verdadeira capacidade da monocamada.

5.2 FILMES BIODEGRADÁVEIS

A farinha de resíduos de frutas e hortaliças demonstrou potencial para a elaboração de filmes biodegradáveis. Os filmes resultantes têm espessura homogênea, boa aparência visual, apresentando cor amarela brilhante, superfície visualmente lisa e manuseabilidade aceitável (Figura 9).



Figura 9. Filme elaborado a partir da extração aquosa de 10% da FFH.

5.2.1 Espessura

Apesar de importante para uniformidade dos filmes e para confiabilidade das medidas realizadas, o controle da espessura de filmes é difícil, sobretudo nos processos de produção do tipo *casting* (SOBRAL, 2000). Os diferentes filmes obtidos a partir da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) apresentaram espessura média de $0,242\text{mm} \pm 0,033$, sem diferença significativa entre si (Tabela 8), evidenciando homogeneidade entre os filmes.

Tabela 8. Média de espessura dos filmes obtidos

Amostra	Espessura
8F	$0,176 \pm 0,033^a$
10F	$0,263 \pm 0,003^a$
8F2B	$0,262 \pm 0,001^a$
8F4B	$0,263 \pm 0,003^a$

Resultados expressos como média \pm desvio padrão (n=6). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

A média de espessura dos filmes obtidos foi superior a de filmes elaborados com biopolímeros, como filmes à base de glúten do trigo (0,127 mm) (GENNADIOS; WELLER; TESTIN, 1993), amido de mandioca, cera de carnaúba, glicerol e ácido esteárico (0,130 mm) (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014), gelatina e amido de batata (0,063 mm) (FAKHOURI et al., 2007) e celulose (0,014 mm) (AYRANCI; ÇETIN, 1995). Entretanto, o valor está dentro da faixa relatada para filmes à base de zeína de trigo (0,120-0,310 mm) (PARK; CHINNAN, 1995). A concentração das matérias-primas utilizadas pode interferir na espessura dos filmes formados, pois soluções mais viscosas tendem a formar filmes mais espessos (CUQ et al., 1995). Entretanto, a diferença observada entre as espessuras relatadas com as dos filmes obtidos no presente estudo pode estar relacionada à elaboração destes filmes com dupla camada.

A homogeneidade na espessura dos filmes pode afetar os resultados encontrados nas análises de caracterização dos filmes como permeabilidade ao vapor de água e propriedades mecânicas (CUQ et al., 1996). De acordo com Park et al. (1993), a elongação na ruptura de filmes à base de metilcelulose aumentou levemente com o aumento da espessura dos filmes. Em filmes à base de proteínas e celulose (PARK; CHINNAN, 1995) a permeabilidade ao vapor de água aumentou com o aumento da espessura. Segundo SOBRAL (2000), em seu

estudo com filmes à base de proteínas miofibrilares, o autor verificou diferença de cor, opacidade e um aumento linear da permeabilidade ao vapor de água com o aumento da espessura.

5.2.2 Solubilidade em água

A solubilidade em água dos filmes obtidos é apresentada na Figura 8. Embora o aumento na proporção de FFH e na proporção de farinha de casca de batata na elaboração dos filmes tenham diminuído ligeiramente a solubilidade em água, todos os filmes apresentaram alta solubilidade (cerca de 90%) e não houve diferença significativa entre as amostras (Figura 10). Geralmente, uma elevada solubilidade pode indicar baixa resistência a água pelos filmes. No entanto, a alta solubilidade pode ser uma vantagem para algumas aplicações como em situações em que os filmes serão consumidos com um produto semipronto, que é aquecido antes do consumo (BOURTOOM; CHINNAN, 2008).

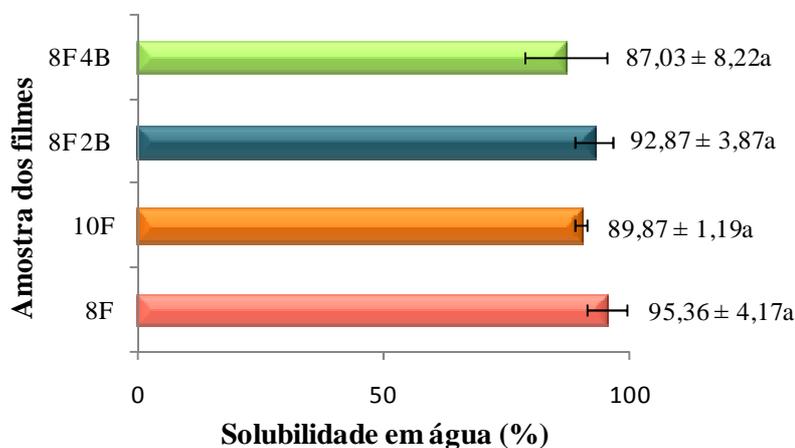


Figura 10. Solubilidade em água (% b.s.) dos filmes elaborados a partir da farinha de resíduos de frutas e hortaliças (8F e 10F) e com adição de farinha de casca de batata (8F2B e 8F4B). Os valores representam a média (%) ± desvio padrão. Não houve diferença significativa utilizando o teste de Tukey ($p \geq 0,05$). Barras indicam desvio-padrão ($n=3$).

A adição de farinha de casca de batata, que possui considerável teor de amido (45% b.s.) (FERNANDES et al., 2008), não teve influência sobre a solubilidade em água dos filmes. A solubilidade possui uma ligação direta com os componentes estruturais do filme, e como consequência, filmes à base de concentrado de proteínas ou carboidratos, pela natureza

hidrofílica, são normalmente altamente higroscópicos e desintegram-se rapidamente em água (SHIH, 1996; FARIAS et al., 2012).

Estudos prévios mostraram elevada solubilidade em água de filmes baseados em biopolímeros (proteínas e carboidratos), tais como filmes de fécula de mandioca (73%) (TONGDEESOONTORN et al., 2011), filmes de gelatina (88%) (PÉREZ-MATEOS; MONTERO; GÓMEZ-GUILLÉN, 2009), filmes à base de concentrado de pululana (76%) (SHIH, 1996) e filmes à base de extrato do bagaço de uva com adição de pectina de baixa metoxilação (53%) (DENG; ZHAO, 2011).

Segundo Farias et al. (2012), a elevada solubilidade não desqualifica o filme uma vez que a adequação da solubilidade dependerá do produto a ser aplicado. Uma alternativa para aplicação de filmes com elevada solubilidade, como citado anteriormente, é a utilização em produtos que necessitem de hidratação prévia ao consumo, na encapsulação de aditivos alimentares ou uso na cobertura de sementes agrícolas que necessitem de rápida germinação no campo (BATISTA; TANADA-PALMU; GROSSO, 2005; BERTUZZI; ARMADA; GOTTIFREDI, 2007).

5.2.3 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) pode ser definida como a taxa de transmissão de vapor de água por unidade de área de um material plano, de espessura definida, induzida por uma diferença de pressão de vapor entre duas superfícies específicas, sob condições de temperatura e umidade especificadas (ASTM, 1995). Resultados de PVA podem ser úteis para entender os possíveis mecanismos de transferência de massa e interações entre polímeros e soluto em filmes comestíveis (BERTUZZI et al., 2007).

Tabela 9. Permeabilidade ao vapor de água dos diferentes filmes formulados.

Amostras	Umidade relativa (%)	PVA (g.mm/m ² .h.kPa)
8F	100 – 0	2.45 ± 0.31 ^a
10F	100 – 0	2.48 ± 0.21 ^a
8F 2P	100 – 0	2.60 ± 0.27 ^a
8F 4P	100 – 0	2.78 ± 0.32 ^a

Resultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3) onde, F = concentração de farinha na solução e FB = concentração de farinha com adição de casca de batata. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p ≥ 0,05).

De acordo com os dados apresentados na tabela 9 é possível verificar que a variação da concentração de FFH e a adição de farinha de casca de batata não afetaram a permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes de dupla camada desenvolvidos. A espessura dos filmes foi estritamente controlada ($0,263 \pm 0,003$ mm) para minimizar o seu efeito sobre a PVA.

Os valores de PVA encontrados neste estudo foram menores do que o PVA medido em filmes à base de purê de banana (PVA = $3,03$ g.mm / m².h.kPa) (MARTELLI et al., 2013), de purê de maçã (PVA = $7,04$ g.mm / m².h.kPa) (ROJAS-GRAÛ et al., 2006), semelhante aos filmes de purê de manga (PVA = $2,66$ g.mm / m².h.kPa) (AZEREDO et al., 2009) e maiores que o valor de PVA de filmes à base de amido de batata (PVA $\cong 1,5$ g.mm / m².h.kPa) (RODRÍGUEZ et al., 2006). No entanto, os valores de PVA relatados para o polietileno de alta densidade ($0,00079$ g.mm / m².h.kPa) e polietileno de baixa densidade ($0,00310$ g.mm / m².h.kPa) (CUQ; GONTARD; GUILBERT, 1995) são muito inferiores aos observados em filmes preparados no presente estudo, evidenciando a limitação destes para aplicação em produtos que não necessitem de elevada barreira ao vapor de água.

A transferência de vapor de água geralmente ocorre através da porção hidrofílica do filme, logo, a PVA depende da relação de componentes hidrofílico-hidrofóbicos dos filmes (GARCIA; MARTINO; ZARITZKY, 2006). Substâncias pécicas e celulose são os principais polissacarídeos de frutas e, conseqüentemente, a matriz de filmes à base de frutas é composta principalmente por esses componentes. Além disso, as variedades de açúcares prevalentes nas frutas, com natureza hidrofílica, atuam como agente plastificante em filmes à base de frutas (MCHUGH; HUXSOLL; KROCHTA, 1996).

Conforme salientado anteriormente, o plastificante hidrofílico pode ser inserido entre as cadeias poliméricas, diminuindo atrações intermoleculares e aumentando a mobilidade molecular, além de aumentar a absorção de moléculas polares, tais como água, facilitando a migração de moléculas de vapor de água (RODRÍGUEZ et al., 2006). O efeito de agentes plastificantes hidrofílicos sobre a permeabilidade ao vapor de água foi verificado em filmes de amido de batata (Bertuzzi et al., 2007), em filmes de amido de sagu e gelatina (Al-Hassan, Norziah, 2012) e em filmes de purê de cenoura (Wang et al., 2011), demonstrando a capacidade dessas substâncias de diminuir as interações intermoleculares da cadeia polimérica, aumentando a flexibilidade dos filmes, porém, reduzindo a capacidade de barreira dos filmes, principalmente à moléculas polares.

5.2.4 Propriedades Mecânicas

Filmes com adequadas propriedades mecânicas devem ser resistentes à ruptura e abrasão, para proteger o produto no qual é aplicado, e flexíveis, a fim de se adaptar a possíveis deformações, sem se romper (GUILBERT; GONTARD; GORRIS, 1996). As propriedades mecânicas dos filmes, no entanto, dependem das interações entre os componentes, ou seja, da formação de fortes ligações moleculares ou numerosas entre as cadeias (DAVANÇO; TANADA-PALMU; GROSSO, 2007).

A tensão na ruptura indica a tensão máxima que o filme pode suportar, antes de se romper (PEREDA, AMICA E MARCOVICH, 2012). Com os dados apresentados na Tabela 10 pode-se observar que a tensão na ruptura para os filmes obtidos com a adição de farinha de casca de batata (8F2B e 8F4B) foi significativamente maior do que os demais filmes testados. A farinha de casca de batata, no entanto, não provocou nenhuma mudança significativa no alongamento na ruptura dos filmes, apesar de um aumento de aproximadamente 20%.

Tabela 10. Resultados dos ensaios de resistência à tração de filmes (Tensão na ruptura (T), alongação na ruptura (E) e módulo de Young (Y)) de diferentes formulações.

Amostra	T (MPa)	E (%)	Y (MPa)
8F	0.027 ± 0.010 ^b	31.38 ± 6.34 ^a	0.003 ± 0.0002 ^b
10F	0.028 ± 0.002 ^b	30.51 ± 3.65 ^a	0.003 ± 0.0001 ^b
8F 2B	0.070 ± 0.009 ^a	32.01 ± 2.59 ^a	0.003 ± 0.0004 ^{ab}
8F 4B	0.084 ± 0.021 ^a	34.49 ± 5.11 ^a	0.004 ± 0.0001 ^a

Resultados expressos como média ± desvio-padrão (n=3) onde, F = concentração de farinha na solução e FB = concentração de farinha com adição de casca de batata. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si, utilizando o teste de Tukey (p < 0,05).

Considerando-se que um nível significativo de amido, cerca de 40%, está presente na farinha de cascas de batata (FERNANDES et al., 2008), a sua adição em filmes baseados em resíduos de frutas e hortaliças aumenta o teor de amido nos filmes, resultando em filmes com maior resistência a tensão (T) uma vez que este polímero é capaz de aumentar o grau de interação da matriz (MALI; GROSSMAN; YAMASHITA, 2010). Entretanto, mesmo com a adição da farinha de casca de batata, os valores de tensão na ruptura (T) para todas as amostras de filmes do presente estudo são inferiores aos de filmes elaborados com matérias-

primas semelhantes como filmes à base de purê de maçã (0,64 MPa) (ROJAS-GRAÜ et al., 2006), purê de manga (4,09 MPa) (AZEREDO et al., 2009), purê de pêssego (2 MPa) (MCHUGH; OLSEN, 2002) e purê de banana (2,7 MPa) (MARTELLI et al., 2013).

A baixa tensão na ruptura encontrada pode ser explicada pela diversidade de compostos químicos da matéria-prima que podem interferir na integração da matriz polimérica além do elevado teor de açúcares totais presentes nas frutas e algumas hortaliças que podem atuar como plastificante e, dessa forma, interagir com as cadeias de polímeros gerando volumes "livres" entre as cadeias, enfraquecendo as forças intermoleculares (MARTELLI et al., 2013) e, conseqüentemente, reduzindo a resistência dos filmes.

A alongação na ruptura é a variação máxima de comprimento de uma amostra de teste, submetido a uma tensão, antes de se romper (PEREDA, AMICA E MARCOVICH, 2012). As amostras de filmes de FFH com e sem adição de farinha não apresentaram diferença entre si, nesse parâmetro. A média de alongação dos filmes (32%) foi similar a de filmes elaborados com amido de manga por gelatinização térmica (30%) (ROMERO-BATISTA et al., 2005), e está dentro da faixa relatada por McHugh e Olsen (2002) para filmes à base de frutas (27 a 38%) e muito superior a faixa de alongação de filmes à base de vegetais (2 a 7%), relatada pelo mesmo autor. Assim, como na tensão a ruptura, a alongação dos filmes sofre influência pela ação plastificante dos açúcares totais que reduzem a força da matriz, mas aumentam a mobilidade das cadeias poliméricas, melhorando a flexibilidade e extensibilidade dos filmes (PARRA et al., 2004).

O módulo de Young (Y) ou módulo de elasticidade é a medida da rigidez dos filmes, logo, quanto maior o valor do módulo de Young, maior a rigidez do material. Os valores de Y dos filmes obtidos a partir da FFH não apresentaram diferença significativa entre si, exceto para o filme formulado com adição de 4% de farinha de casca de batata (8F4B), em que o valor foi superior aos das demais amostras.

Em estudo em andamento com as soluções filmogênicas utilizadas no presente estudo (Laboratório de Compostos Bioativos, UNIRIO), foi verificado que essa solução filmogênica (8F4B) possui maior viscosidade que as demais. A maior viscosidade pode ter gerado filmes com a matriz mais densa, tornando mais difícil o movimento entre as cadeias poliméricas, resultando em filmes menos flexíveis e pouco mais resistentes (MALI et al., 2005b). No entanto, comparando os resultados obtidos no presente estudo com a literatura (ROMERO-BATISTA et al., 2005; SOTHORNVIT; PITAK, 2007; AZEREDO et al., 2009; MARTELLI

et al., 2013), foi verificado que o valor de Y para todas as amostras é muito inferior ao de filmes com matérias-primas vegetais.

Como descrito anteriormente, os tipos de carboidratos como os açúcares totais, frutose e sacarose presentes em frutas e vegetais desempenham um papel importante no fornecimento de maior flexibilidade dos filmes, porém, com menor resistência. Mali et al. (2005b), constataram em filmes de amido de mandioca que a adição de plastificante resultou em filmes com menor módulo de Young e mais flexíveis. A mesma constatação foi feita por Sothornvit e Pitak (2007) em filmes de farinha de banana e por MALI et al. (2005a) em filmes de amido de inhame. Dessa forma, fica evidente a influência da composição da matéria-prima sobre esses parâmetros dos filmes e, como consequência, a elevada fragilidade dos mesmos, demonstrando a necessidade de mais estudos visando a melhora das propriedades mecânicas dos filmes obtidos, principalmente da resistência a tensão e da rigidez (Y).

Entretanto, é interessante notar que a FFH pode ser usada para formar filmes flexíveis independente da adição de plastificantes, considerando que a formulação de filmes à base de amido requer a presença de plastificante para formar filmes com flexibilidade adequada (ARAUJO - FARRO et al, 2008; BERTUZZI; GOTTIFREDI; ARMADA et al. 2012).

6 CONCLUSÃO

A farinha de resíduos de frutas e hortaliças (FFH) demonstrou bom potencial para aplicação na preparação de filmes biodegradáveis e pode ser um meio para promover o uso desses resíduos em grande parte descartados pela indústria de alimentos. Somente com a extração aquosa da mesma, foram formados filmes com flexibilidade acentuada sem a necessidade de adição de plastificantes. Além disso, os filmes formulados exibiram características promissoras como aspecto homogêneo e alta solubilidade em água, o qual pode ser utilizado para fins específicos em alimentos.

A incorporação de outro resíduo, casca de batata na forma de farinha, melhorou a resistência à tensão dos filmes e reforça a proposta de recuperação de resíduos de alimentos.

O alto teor de compostos solúveis na FFH, tais como carboidratos, tem um papel importante na concessão da elevada flexibilidade verificada nos filmes, mas também menor resistência quando comparados a filmes à base de amido de frutas.

Assim, apesar da viabilidade de utilização da FFH na formulação de filmes biodegradáveis, devido à fraqueza observada nos filmes, novos estudos estão em andamento para melhorar a extração de polímeros para obtenção de filmes com propriedades mecânicas melhoradas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEROUMAND, A. A Comparative study of nutrients and mineral molar ratios of some plant foods with recommended dietary allowances. **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 2, n. 2, p. 104-108, 2010.
- ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. (2010). Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/>.
- AJILA, C. M.; PRASADA RAO, U. J. S. Mango peel dietary fibre: Composition and associated bound phenolics. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 1, p. 444-450, 2013.
- AL-HASSAN, A. A.; NORZIAH, M. H. Starch–gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. **Food Hydrocolloids**, v. 26, n. 1, p. 108-117, 2012.
- ALMEIDA, D. M.; WOICIECHOWSKI, A. L.; WOSIACKI, G.; PRESTES, R. A.; PINHEIRO, L. A. Propriedades físicas, químicas e de barreira em filme formados por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata. **Polímeros**, v. 23, n. 4, p. 538-546, 2013.
- AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M; MAGEE, T. R. A. Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 80, n. 2, p. 118–128, 2002.
- ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir de farinha de caju, obtida por secagem. **Revista Verde**, v.6, n.3, p.131–138, 2011.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting (D 882-95). In: **Annual Book of ASTM Standards**. Philadelphia, PA, 1995.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard test methods for water vapor transmission of materials (E96-95). In: **Annual Book of ASTM Standards**. Philadelphia: ASTM, p. 785-792, 1995.
- ANDERSON, R. A. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. **Cereal Chemistry**, v. 59, p. 265-269, 1982.
- ANDRADE, R. M. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Evaluation of the functional capacity of flour obtained from residues of fruit and vegetables. In: **EFFoST Annual Meeting: Bio-based Technologies in the Context of European Food Innovation Systems**. Bologna, Italy, 2013
- ANDREUCCETTI, C.; CARVALHO, R. A.; GROSSO, C. R. F. Effect of hydrophobic plasticizers on functional properties of gelatin-based films. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 1113–1121, 2009.

ARAUJO-FARRO, P. C. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de derivados do grão de quinoa (*Chenopodium quinoa Willdenow*) da variedade “Real”. 303p., 2008. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ARAUJO-FARRO, P. C.; PODADERA, G.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, n. 4, p. 839-848, 2010.

AROGBA, S. S. Effect of temperature on the moisture sorption isotherm of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica*) kernel flour. **Journal of Food Engineering**, v. 48, n. 2, p. 121-125, 2001.

AROGBA, S. S. Physical, chemical and functional properties of nigerian mango (*Mangifera indica*) kernel and its processed flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, United States, v. 73, n. 3, p. 321-328, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. 17 ed., v. II, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**, 14.ed., 1984.

AYRANCI, E.; ÇETIN, E. The effect of protein isolate of *Pistacia terebinthus* L. on moisture transfer properties of cellulose-based edible films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 241-244, 1995.

AZEREDO, H. M. C.; MATTOSO, L. H. C.; 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.; MATTOSO, C.; OLSEN, C.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H. Caracterização de filmes comestíveis de purê de manga. In: **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**. 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, Vitória – ES, 2008.

AZEREDO, H. M. C.; MIRANDA, K. W. E.; ROSA, M. F.; NASCIMENTO, D. M.; MOURA, M. R. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. **Food Science and Technology**, v. 46, n.1, 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.

BALDWIN, E. A.; HAGENMAIER, R.; BAI, J. **Edible coatings and films to improve food quality**. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press. 448p., 2012.

BARBOSA, H. R.; ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido de caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). **Revista Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 73-88, 2011.

BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 781-788, ou./dec. 2005.

BERTAN, L. C. Desenvolvimento e caracterização de filmes simples e compostos à base de gelatina, ácidos graxos e breu branco. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

BERTUZZI, M. A.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. Physicochemical characterization of starch based films. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 1, p. 17-25, 2007.

BERTUZZI, M. A.; CASTRO VIDAURRE, E. F.; ARMADA, M.; GOTTIFREDI, J. C. Water vapor permeability of edible starch based films. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 972–978, 2007.

BERTUZZI, M. A.; GOTTIFREDI, J. C.; ARMADA, M. Mechanical properties of a high amylose content corn starch based film, gelatinized at low temperature. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n.3, p. 219-227, 2012.

BORBA, A. M., SARMENTO, S. B. S., LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 835-843, 2005.

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.

BOURTOOM, T.; CHINNAN, M. S. Preparation and properties of rice starch–chitosan blend biodegradable film. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, n. 9, p. 1633–1641, 2008.

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W. E.; TROLLER, E. On the theory of Van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 62, n. 7, p. 1723–1732, 1940.

BUFFO, R. A.; HAN, J. H. Edible films and coatings from plant origin proteins. In: HAN, J. H. (ed.). **Innovations in food packaging**. Elsevier Academic Press: California, 2005.

CAMPOS, C. A.; GERSCHENSON, L. N.; FLORES, S. K. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 6, p. 849–875, 2011.

CARR, L. G. Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de fécula de mandioca. Tese de Doutorado, 93p., 2007 (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo). Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASTILHOS, L. F. F. Aproveitamento da Fibra de Coco. **Dossiê Técnico**. Instituto de Tecnologia do Paraná. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT). 2011. Disponível online: <http://sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY0MA==>

CAVALCANTI, M. A.; SELVAM, M. M.; VIEIRA, R. R. M.; COLOMBO, C. R.; QUEIROZ, V. T. M. Pesquisa e desenvolvimento de produtos usando resíduos de frutas regionais: Inovação e integração no mercado competitivo. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos – SP, 2010.

CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; 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.

CHIELLINI, E.; CINELLI, P.; CHIELLINI, F.; IMAM, S. H. Environmentally degradable bio-based polymeric blends and composites. **Macromolecular Bioscience**, v. 15, n. 3, p. 218-231, 2004.

CHIELLINI, E.; CINELLI, P.; IMAM, S. H.; MAO, L. Composite films based on biorelated agro-industrial waste and poly(vinyl alcohol). Preparation and mechanical properties characterization. **Biomacromolecules**, v. 2, n. 3, p. 1029-1037, 2001.

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.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 11, p. 2563-2583, 1995.

CLEMENTE, E.; FLORES, A. C.; ROSA, C. I. L.; OLIVEIRA, D. M. Características da farinha de resíduos do processamento de laranja. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p.257-269, 2012.

CODEX. Report of the 30th session of the codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. ALINORM 09/32/26, 2009.

COFFIN, D. R.; FISHMAN, M. L. Physical and mechanical properties of highly plasticized pectin/starch films. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 54, n. 9, p. 1311-1320, 1994.

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. **Revista Ciência Agrônômica**, v.38, n. 2, p. 228-232, 2007.

COSTA, L. A. **Caracterização do resíduo da fabricação de farinha de mandioca e seu aproveitamento no desenvolvimento de alimento em barra**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

CUQ, B.; AYMARD, C.; CUQ, J.-L.; GUILBERT, S. Edible Packaging Films Based on Fish Myofibrillar Proteins: Formulation and Functional Properties. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 6, p. 1369–1374, 1995.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.-L.; GUILBERT, S. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 3, p. 580–584, 1996.

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as active layers. In: Rooney, M. L. (Ed.). **Active food packagings**. Glasgow, p.111-142, Blackie Academic & Professional, 1995.

DAVANÇO, T.; TANADA-PALMU, P.; GROSSO, C. Filmes compostos de gelatina, triacetina, ácido esteárico ou capríco: efeito do pH e da adição de surfactantes sobre a funcionalidade dos filmes. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 27, n.2, p. 408-416, 2007.

DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A.; MEARES, P. Water vapor permeability and diffusivity through methylcellulose edible films. **Journal of Membrane Science**, 91 n. 1–2, p. 125–133, 1994.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J-A.; DELPORTE, B.; VOILLEY, A. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. **Journal of Membrane Science**, v. 180, p. 47-55, 2000.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparações de amostras**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

DEMAN, J. M. **Principles of Food Chemistry**. 3th ed. Aspen Publishers, 1999.

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, A. B.; Müller, C. M. O.; LAROTONDA, F. D. S.; LAURINDO, J. B. Mechanical and barrier properties of composite films based on rice flour and cellulose fibers. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 2, p. 535-542, 2011.

DIAS, A. M. V. (2008). **Análise estrutural de farinhas e alguns dos seus componentes**. 2008. 148p. Dissertação (Mestrado em Química e Qualidade dos Alimentos) - Universidade do Aveiro, Portugal.

DIOP, N.; JAFFEE, S.M. Fruits and Vegetables: Global trade and competition in fresh and processed product markets. In: AKSOY, M. A; BEGHIN, J. C. **Global Agricultural Trade and Developing Countries**. The World Bank, 2005.

DOGAN, A.; SIYAKUS, G.; SEVERCAN, F. FTIR spectroscopic characterization of irradiated hazelnut (*Corylus avellana* L.). **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1106–1114. 2007.

DU, W.-X., OLSEN, C. W., AVENA-BUSTILLOS, R. J., FRIEDMAN, M.; MCHUGH, T. H. Physical and antibacterial properties of edible films formulated with apple skin polyphenols. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 2, p. 149-155, 2011.

DU, W. -X.; OLSEN, C. W.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M. Antibacterial activity against *E. coli* O157:H7, physical properties, and storage stability of novel carvacrol-containing edible tomato films. **Journal Food Science**, v. 73, n. 7, p. 378–383, 2008.

DU, W. -X.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; WOODS, R.; BREKSA, A. P.; MCHUGH, T. H.; FRIEDMAN, M.; LEVIN, C. E.; MANDRELL, R. Sensory evaluation of baked chicken wrapped with antimicrobial apple and tomato edible films formulated with cinnamaldehyde and carvacrol. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 32, p. 7799-7804, 2012.

DUYN, M. A. S. V.; PIVONKA, E. Overview of the Health Benefits of Fruit and Vegetable Consumption for the Dietetics Professional. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 100, n. 2, p. 1511-1521, 2000.

EKHOLM, P.; REINIVUO, H.; MATTILA, P.; PAKKALA, H.; KOPONEN, J.; HAPPONEN, A.; HELLSTROM, J.; OVASKAINEN, M. -L. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n.6, p. 487-495, 2007.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 411-421, 2011.

FAKHOURI, F. M.; FONTES, L. C. B.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 369–375, 2007.

FALCONE, D. M. B.; AGNELLI, J. A. M.; FARIA, L. I. L. Panorama setorial e perspectivas na área de polímeros biodegradáveis. **Polímeros**, v. 17, n. 1, p. 5-9, 2007.

FARIAS, M. G.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ASCHERI, J. L. R. O efeito da permeabilidade ao vapor de água, atividade de água, molhabilidade e solubilidade em água em filmes de amido e polpa de acerola. In: VI Workshop da Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, 2012, Fortaleza. **Acesso Livre à Informação Científica da Embrapa**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2012, p.3.

FERNANDES, A. F.; PEREIRA, J.; GERMANI, R.; OIANO-NETO, J. Effect of the partial replacement of wheat flour for potato skin flour (*Solanum Tuberosum* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 56-65, 2008.

FERREIRA M. S. L.; SANTOS M. C. P.; MORO T. M. A.; BASTO G. J.; ANDRADE R. M. S.; GONÇALVES, E. C. B. A. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, DOI: 10.1007/s13197-013-1061-4 (in press).

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FERREIRA, M. S. L.; AZERO, E. G.; ANDRADE, C. T.; GONÇALVES, E. C. B. A. Development and characterization of film-forming solutions and edible films from biodegradable residues. In: **Proceedings of the 16th IUFoST World Congress of Food Science and Technology (ISSN 2304-7992); Foz do iguaçu, Brazil, 2012.**

FIGUEROLA, F.; HURTADO, M. L.; ESTÉVEZ, A. M.; CHIFFELLE, I.; ASENJO, F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, v. 91, n. 3, p. 395-401, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **FAO statistical year book 2013.** Roma: FAO, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis - uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.

FUGEL, R.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Determination of the fruit content of cherry fruit preparations by gravimetric quantification of hemicellulose. **Food Chemistry**, v. 95, n. 1, p. 163-168, 2006.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; GIRALDO-GOMEZ, G. I.; TELIS, V. R. N. Propiedades termodinámicas de sorción de agua de la pulpa de lulo en polvo con encapsulantes. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 911-918, 2009.

GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 941-947, 2006.

GARCÍA, M. A.; PINOTTI, A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Characterization of starch and composite edible films and coatings. In: **Edible Films and Coatings for Food Applications**, p.169-210. New York: Springer, 2009.

GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de carinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 2, p. 56-65, 2009.

GONDIM, J. A. M., MOURA, M. F. V., DANTAS, A. S., MEDEIROS, R. L. S., SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GENNADIOS, A.; WELLER, C. L.; TESTIN, R. F. Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films. **Cereal Chemistry**, v.70, n.4, p.426-429, 1993.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.-L.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat and lipids: Water vapour permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 39-50, 1994.

GREENSPAN L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National Bureau of Standards Section A: Physics and Chemistry**, v. 81, p. 89–96, 1977.

GRIGELMO-MIGUEL N. G; GORISNSTEIN S.; BELLOSO O. M. Characterization of peach dietary fibre concentrates as food ingredient. **Food Chemistry**, v. 65, n. 2, p. 175-181 1999.

GUILBERT S.; GONTARD, N. Agro-polymers for edible and biodegradable films: review of agricultural polymeric material, physical and mechanical characteristics. Chapter 4.16, In: HAN, J. H. (ed). **Innovations in food packaging**. Elsevier Academic, p. 263-276, 2005.

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, p.10-17, 1996.

GUSTAVSSON J.; CEDERBERG C.; SONESSON U.; VAN OTTERDIJK R. A. M. (eds). **Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2011.

HE, F. J.; NOWSON, C. A.; MACGREGOR, G. A. Fruit and vegetable consumption and stroke: meta-analysis of cohort studies. **The Lancet**, v. 367, n. 28, p. 320-326, 2006.

HEMERY, Y., ROUAU, X., LULLIEN-PELLERIN, V., BARRON, C., ABECASSIS, J. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. **Journal of Cereal Science**, v. 46, p. 327-347, 2007.

HOQUE, MD. S.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T. Effects of partial hydrolysis and plasticizer content on the properties of film from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 1, p. 82–90, 2011.

HU, G.; CHEN, J.; GAO, J. Preparation and characteristics of oxidized potato starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n. 2, p. 291-298, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009/

IRISSIN-MANGATA, J.; BAUDUIN, G.; BOUTEVIN, B.; GONTARD, N. New plasticizers for wheat gluten films. **European Polymer Journal**, v. 37, n. 8, p. 1533-1541, 2001.

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A. Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films. **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 5-6, p. 879–888, 2007.

KOKOSZKA, S., DEBEAUFORT, F., LENART, A., & VOILLEY, A. Water vapour permeability, thermal and wetting properties of whey protein isolate based edible films. **International Dairy Journal**, v. 20, n. 1, p. 53-60, 2010.

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, v.51, n.2, p.60-74, 1997.

LAROTONDA, F. D. S., MATSUI, K. N., SOLDI, V.; LAURINDO, J. B. Biodegradable films made from raw and acetylated cassava starch. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 477-484, 2004.

LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, n.1, p. 3-8, 1999.

LEVY, R. B.; CLARO, R. M; MONDINI, L.; SICHIERI, R.; MONTEIRO, C. A. Distribuição regional e socioeconômica da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil em 2008-2009. **Revista de Saúde Pública**, v. 46, n. 1, p. 6-15, 2012.

LEWICKI, P. The applicability of the GAB model to food water sorption isotherms. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 32, n. 6, p. 553-557, 1997.

LI, B. W.; ANDREWS, K. W.; PEHRSSON, P. R. Individual sugars, soluble and insoluble dietary fibre contents of 70 high consumption foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, n. 6, p. 715-723, 2002.

LOUBES, M. A.; TOLABA, M. P. Thermo-mechanical rice flour modification by planetary ball milling. **LWT - Food Science and Technology**, jan. 2014. DOI 10.1016/j.lwt.2013.12.048 (in press).

MA, X.; YU, J.; KENNEDY, J. F. Studies on the properties of natural fibers-reinforced thermoplastic starch composites. **Carbohydrate Polymers**, v. 62, n. 1, p. 19-24, 2005.

MAAROUFI, C.; MELCION, J. -P.; MONREDON, F.; GIBOULOT, B.; GUILBERT, D.; LE GUEN, M., -P. Fractionation of pea flour with pilot scale sieving. I. Physical and chemical characteristics of pea seed fractions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 85, n. 1-2, p. 61-78, 2000.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Mechanical and thermal properties of yam starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 1, p. 157-164, 2005a.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, n. 3, p. 283-289, 2005b.

MARTELLI, M. R. Síntese e Caracterização de filmes comestíveis de purê de banana com adições de nanopartículas de quitosana. Relatório Final de Pós-Doutorado Júnior. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos – SP, 2011.

MARTELLI, M. R.; BARROS, T. T.; MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H. C.; 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.

MARTINS R. C., CHIAPETTA S. C., PAULA F. D., GONÇALVES E. C. B. A. Evaluation isotonic drink fruit and vegetables shelf life in 30 days. **Brazilian Journal of Food Nutrition**, v. 22, n. 4, p. 623–629, 2011.

MAUER, L. J.; SMITH, D. E; LABUZA, T. P. Water vapor permeability and mechanical properties of edible b-casein films. **International Dairy Journal**, v. 10, p. 353–358, 2000.

MAURO, A. K.; SILVA, V. L. M.; FREITAS, M. C. J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n.3, p. 719-728, 2010.

MAYACHIEW, P.; DEVAHASTIN, S. Effects of drying methods and conditions on release characteristics of edible chitosan films enriched with Indian gooseberry extract. **Food Chemistry**, v. 118, n. 3, p. 594-601, 2010.

MCHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C.; KROCHTA, J. M. Permeability properties of fruit puree edible films. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 1, p. 88–91, 1996.

MCHUGH, T. H.; OLSEN, C. W. Tensile properties of fruit and vegetable edible films. In: **Annual Meeting and Food Expo**, Anaheim, California. 2002.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. M.; LANNES, S. C. S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. **Journal of Food Engineering**, v. 73, n. 4, p.402-406, 2006.

MILTZ, J. Food packaging. In: HELDMAN, D. R.; LUND, D. B. (Ed.). **Handbook of food engineering**. New York: Marcel Dekker INC., p. 667-718, 1992.

MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F; DIAS, J. R. P.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 733-737, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Contribuições das Câmaras Setoriais e Temáticas à Formulação de Políticas Públicas e Privadas para o Agronegócio. Brasília: MAPA/SE/CGAC. 496 p., 2006.

MONTAÑO-LEYVA, B.; DA SILVA, G. D.; GASTALDI, E.; TORRES-CHÁVEZ, P.; GONTARD, N.; ANGELLIER-COUSSY, H. Biocomposites from wheat proteins and fibers: Structure/mechanical properties relationships. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 545-555, 2013.

MÜLLER, C. M. O.; LAURINDO, J. B.; YAMASHITA, F. Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 5, p. 1328-1333, 2009.

NASCIMENTO, T. A.; CALADO, V.; CARVALHO, C. W. P. Development and characterization of flexible film based on starch and passion fruit mesocarp flour with nanoparticles. **Food Research International**, v. 49, n. 1, p. 588-595, 2012.

NAWIRSKA A.; UKLAŃSKA C. Waste products from fruit and vegetable processing as potential sources for food enrichment in dietary fibre. **Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria**, v.7, n. 2, p. 35-42, 2008.

NAWIRSKA, A.; KWAŚNIEWSKA, M. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. **Food Chemistry**, v. 91, n. 2, p. 221-225, 2005.

OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Pós-colheita de pêsegos (*Prunus pérsica* L. Bastsch) revestidos com filmes à base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 28-33, 2003.

OLIVEIRA, A. S. C.; DE OLIVEIRA, M. L.; SILVA, L. C. A. S.; ALMEIDA, E.; ARTHUR, V. Analysis of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) by energy dispersive X-ray fluorescence spectra. In: **International nuclear atlantic conference – INAC**. 2011, Belo Horizonte, MG, p. 24–28. ISBN: 978-85-99141-04-5.

OLIVEIRA, C. S.; GRDEN, L.; RIBEIRO, M. C. O. Utilização de filmes comestíveis em alimentos. **Série em Ciência e tecnologia de Alimentos: Desenvolvimentos em Tecnologia de Alimentos**, v. 1, p. 52 – 57, 2007.

OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de sorção do resíduo agroindustrial de casca do abacaxi (*Ananas comosus* L. Mer). **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 565-569, 2005.

ÖZVURAL, E. B; VURAL, H. Grape seed flour is a viable ingredient to improve the nutritional profile and reduce lipid oxidation of frankfurters. **Meat Science**, v. 88, n. 1, p.179-183, 2011.

PADALINO, L.; MASTROMATTEO, M.; LECCE, L.; COZZOLINO, F.; DEL NOBILE, M. A. Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour. **Journal of Cereal Science**, v. 57, n. 3, p. 333-342, 2013.

PARK, H. J.; CHINNAN, M. S. Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials. **Journal of Food Engineering**, v. 25, n. 4, p. 497-507, 1995.

PARK, H. J.; WELLER, C. I.; VERGANO, P. J.; TESTIN, R. F. Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 6, p. 1361–1364, 1993.

PARK, S.; ZHAO, Y. Development and Characterization of edible films from cranberry pomace extracts. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 2, p. 95-101, 2006.

PARRA, D. F.; TADINI, C. C.; PONCE, P.; LUGÃO, 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.

PENG, G.; CHEN, X.; WU, W.; JIANG, X. Modeling of water sorption isotherm for corn starch. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 2, p. 562–567, 2007.

PEREDA, M.; AMICA, G.; MARCOVICH, N. E. Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, n. 2, p. 1318-1325, 2012.

PEREDA, M.; ARANGUREN, M. I.; MARCOVICH, N. E. Caseinate films modified with tung oil. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 8, p. 800–808, 2010.

PÉREZ-MATEOS, M.; MONTERO, P.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 1, p. 53-61, 2009.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2007.

PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; ANDRADE, A. M. R.; FRAGA, S. L. P.; TEIXEIRA, R. B. Fermentação em estado sólido: uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais tropicais. Embrapa Agroindústria Tropical, **Comunicado Técnico 102**, 5p., 2005.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; FURDA, I.; DEVRIES, J. W.; SCHWEIZER, T.; MARLAND, B. Determination of total dietary fibre in foods, food products, and total diets: Interlaboratory study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists International**, v. 67, n. 4, p. 1044–1052, 1984.

PROTZEK, E. C.; FREITAS, R. J. S.; WASCZYNSKJ, N. Aproveitamento do bagaço de maçã na elaboração de biscoitos ricos em fibra alimentar. **Boletim CEPPA**, v. 16, n. 2, 1998.

REDDY, N., YANG, Y. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. **Trends in Biotechnology**, v. 23, n. 1, p. 22-27, 2005.

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, n. 8, p. 840-846, 2006.

RODRÍGUEZ, R.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 1, p. 3-15, 2006.

ROJAS-GRAÜ, M. A.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; FRIEDMAN, M.; HENIKA, P. R.; MARTÍN-BELLOSO, O.; MCHUGH, T. H. Mechanical, barrier and antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 24, p. 9262–9267, 2006.

ROMERO-BASTIDA, C. A.; BELLO-PEREZ, L. A.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; SOLORZA-FERIA, J.; ZARITZKY, N. E. Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 60, p. 235–244, 2005.

ROSA, N. N., BARRON, C., GAIANI, C., DUFOUR, C., MICARD, V. Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran. **Journal of Cereal Science**, v. 57, n.1, p. 84-90, 2013.

SANTANA, A. F.; OLIVEIRA, L.F. Aproveitamento da casca de melancia (*curcubita citrullus, shrad*) na produção artesanal de doces alternativos. **Alimentos e Nutrição**, v.16, n. 4, p. 363-368, 2005.

SANTOS, C. X. Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais. 61p., 2011. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia.

SANTOS, J. A. N.; COÊLHO, J. D.; CARNEIRO, W. M. A.; BRAINER, M. S. C. P.; SOUZA, G. S.; SILVA, C. H. G. A agroindústria de alimentos de frutas e hortaliças no Nordeste e demais áreas de atuação do BNB: desempenho recente e possibilidades de políticas – Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagens Plásticas Flexíveis: Principais Polímeros e Avaliação de Propriedades. 267p., 2002.

SATYANARAYANA, K.G.; ARIZAGA, G.G.C.; WYPYCH, F. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—an overview. **Progress in Polymer Science**, v. 34, n. 9, p. 982–1021, 2009.

SENESI, E.; MCHUGH, T. H. Film e coperture eduli com matrici a base di frutta. **Industrie Alimentari**, v. 41, n. 420, p. 1289–1294, 2002.

SHIH, F. F. Edible films from rice protein concentrate and pullulan. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 3, p. 406–409, 1996.

SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; TEBA, C. S. Efeito da extrusão termoplástica nas características de viscosidade de pasta, solubilidade e absorção de água de farinhas pré-gelatinizadas de milho e feijão carioca (BRS Pontal). **Boletim CEPPA**, v. 31, n. 1, p. 99-114, 2013a.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa Mart.*) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 25-34, 1998.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v. 43, n.1, p. 185-191, 2013b.

SKURTYYS, O.; ACEVEDO, C. A.; PEDRESCHI, F.; ENRIONE, J.; OSORIO F.; AGUILERA, J. M. Food hydrocolloid edible films and coatings. In: CLARENCE, S. H. (Eds.), **Food hydrocolloids: Characteristics, properties and structures**. Nova Science, 2009.

SOBRAL, P. J. A. Influência da espessura de biofilmes feitos à base de proteínas miofibrilares sobre suas propriedades funcionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.6, p. 1251-1259, 2000.

SOBRAL, P. J. A.; OCUNO, D. Permeabilidade ao vapor de água de biofilmes à base de proteínas miofibrilares de carne. **Brazil Journal of Food Technology**, v. 3, n. 6, p. 11-16, 2000.

SOUSA, B. A. A. Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus L.*) e goiaba (*Psidium guajava L.*). 120p., 2009. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.

SOTHORNVIT, R.; PITAK, N. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. **Food Research International**, v. 40, n. 3, p. 365–370, 2007.

SOTHORNVIT, R.; RODSAMRAN, P. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 3, p. 407-415, 2008.

SUN-WATERHOUSE, D. The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 5, p. 899-920, 2011.

STEFFEN, L. M. Eat your fruit and vegetables. **The Lancet**, v. 367, n. 9507, p. 278-279, 2006.

TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Development and characterization of edible films based on gluten from semi-hard and soft brazilian wheat flours. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 264-269, 2003.

THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, n. 2, p. 41-48, 1997.

TIMMERMANN, E. O.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Water sorption isotherms of foods and foodstuffs: BET or GAB parameters? **Journal of Food Engineering**, v. 48, n. 1, p. 19-31, 2001.

TONGDEESOONTORN, W.; MAUER, L. J.; WONGRUONG, S.; SRIBURI, P.; RACHTANAPUN, P. Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. **Chemistry Central Journal**, v. 5, n. 6, p. 1–8, 2011.

TURHAN, K. N.; ŞAHBAZ, F. Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 459–466, 2004.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, 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, n. 2, p. 58-65, 2008.

VAN SOEST, J. J. G.; TOURNOIS, H.; WIT, D.; Vliegenthart, J. F. G. Short-range structure in (partially) crystalline potato starch determined with attenuated total reflectance Fourier-transform IR spectroscopy. **Carbohydrate Research**, v. 279, n. 27, p. 201-214, 1995.

VICENTINI, N. M. Elaboração e caracterização de filmes comestíveis de fécula de mandioca para uso em pós-colheita. 198p., 2003. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

WANG, X.; SUN, X.; LIU, H.; LI, M.; MA, Z. Barrier and mechanical properties of carrot puree films. **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 2, p. 149-156, 2011.

WOLF, W.; SPIESS, W. E. L.; JUNG, G.; WEISSER, H.; BIZOT, H.; DUCKWORTH, R. B. The water-vapour sorption isotherms of microcrystalline cellulose (MCC) and of purified potato starch. Results of a collaborative study. **Journal of Food Engineering**, v. 3, n. 1, p. 51-73, 1984.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. **World Health Report 2003**, Geneva: WHO, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Reducing risks, promoting healthy life. **World Health Report 2002**. Geneva: WHO, 2002.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**, v. 33, n. 7, p. 571-578, 2000.

YOSHIDA, C. M. P.; ANTUNES, A. J. Characterization of whey protein emulsion films. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 21, n. 2, p. 247 – 252, 2004.

ANEXO A - Lista de publicações decorrentes da dissertação

1. Artigos aceitos para publicação:

ANDRADE, R. M. S., FERREIRA, M. S. L., GONÇALVES, E. C. B. A. Functional capacity of flour obtained from residues of fruit and vegetables. **International Food Research Journal**, *in press*.

FERREIRA, M. S. L., SANTOS, M. C. P., MORO, T. M. A., BASTO, G. J., ANDRADE, R. M. S., GONCALVES, E. C. B. A. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, *in press*.

2. Artigo submetido (em revisão):

ANDRADE, R. M. S., FERREIRA, M. S. L., GONÇALVES, E. C. B. A. Development and characterization of biodegradable films based on fruit and vegetable residues. **Food and Bioproducts Processing**, em revisão.

3. Apresentação oral em eventos científicos:

ANDRADE, R. M. S., FERREIRA, M. S. L., GONÇALVES, E. C. B. A. Technological application of fruit and vegetable flour residue in developing biodegradable films. In: **EFFoST Annual Meeting: Bio-based Technologies in the Context of European Food Innovation Systems**. Bologna, Italy, 2013

ANDRADE, R. M. S., FERREIRA, M. S. L., GONÇALVES, E. C. B. A. Influence of different extraction processes for development of biodegradable films from residues of fruits and vegetables. In: **Latin American Symposium of Food Science (SLACA), 2013, São Paulo**.

ANDRADE, R.M.S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Elaboração e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de resíduos de frutas e hortaliças. 2013. **XXII Encontro de Nutrição e I Simpósio de Alimentos e Nutrição da UNIRIO**.

4. Trabalho completo publicado em anais de eventos:

ANDRADE, R.M.S., FERREIRA, M. S. L., PICCIANI, P. H. S., ANDRADE, C. T., GONCALVES, E.C.B.A. Obtenção de filmes biodegradáveis a partir de resíduos industriais de frutas e hortaliças In: *Agrobioenvases - IV Jornadas Internacionais sobre avanços na tecnologia de filmes e coberturas funcionais em alimentos, 2012, Florianópolis.*

5. Resumos publicados em anais de eventos:

ANDRADE, R. M. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Evaluation of the functional capacity of flour obtained from residues of fruit and vegetables. In: **EFFoST Annual Meeting: Bio-based Technologies in the Context of European Food Innovation Systems.** Bologna, Italy, 2013

ANDRADE, R. M. S., ANTUNES, V. C., MARIANO, P. H. F. C., GONÇALVES, E. C. B. A. Aproveitamento de resíduo de frutas e hortaliças como fonte de fibras. In: **Latin American Symposium of Food Science (SLACA), 2013, São Paulo.**

ANDRADE, R. M. S., FERREIRA, M. S. L., GONÇALVES, E. C. B. A. Influence of different extraction processes for development of biodegradable films from residues of fruits and vegetables. In: **Latin American Symposium of Food Science (SLACA), 2013, São Paulo.**

ANDRADE, R.M.S., FERREIRA, M. S. L., ANDRADE, C. T., GONCALVES, E. C. B. A. Development and characterization of biodegradable films based on fruit and vegetable residues In: **São Paulo School of Advanced Science Advances in Molecular Structuring of Food Materials, 2013, Pirassununga.**

ANDRADE, R.M.S., FERREIRA, M. S. L., GONCALVES, E. C. B. A. Microstructural analysis of biodegradable films based on industrial residue of fruits and vegetables In: **IV Congresso Internacional de Ciência e Tecnologia de Alimentos- Challenges towards a sustainable and competitive food production, 2012, Córdoba.**