



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE QUÍMICA

GRADUAÇÃO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

Isabella Jacomini Piassa

**Produção e caracterização de embalagens
(tubetes) biodegradáveis a partir do resíduo de
maçã.**

Uberlândia - MG

2018

Isabella Jacomini Piassa

**Produção e caracterização de embalagens (tubetes)
biodegradáveis a partir do resíduo de maçã.**

Monografia apresentada ao Curso de Química Industrial da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Química Industrial.

Orientadora: Prof. Dra. Harumi Otaguro

Uberlândia - MG

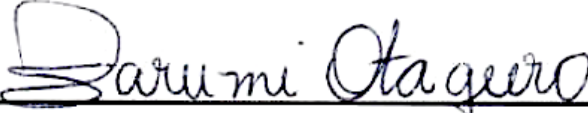
2018

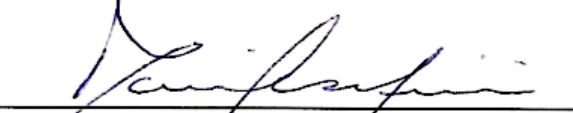
Isabella Jacomini Piassa

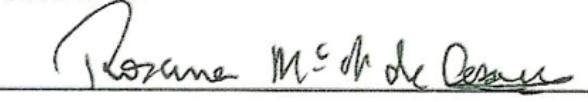
**Produção e caracterização de embalagens (tubetes)
biodegradáveis a partir do resíduo de maçã.**

Monografia apresentada ao Curso de
Química Industrial da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito
para obtenção do título de Bacharelado
em Química Industrial.

Banca examinadora:


Prof. Dra. Harumi Otaguro, IQUFU/UFU


Prof. Dr. Daniel Pasquini, IQUFU/UFU


Prof. Dra. Rosana Maria Nascimento de Assunção, ICENP/UFU

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. Obtenção do bagaço de maçã	12
1.2. Celulose e Hemicelulose.....	13
1.3. Lignina.....	14
1.4. Pectina	14
1.5. Utilização dos tubetes no replantio de mudas.....	15
1.6. Principais nutrientes (NPK)	16
2. OBJETIVOS.....	17
3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	18
3.1. Caracterização do resíduo de maçã.....	18
3.1.1. Determinação de Lignina Klason	18
3.1.2. Determinação de Holocelulose	19
3.1.3. Determinação de α - Celulose	20
3.1.4. Determinação de Hemiceluloses	20
3.1.5. Determinação de Pectina	20
3.2. Produção do filme a partir do resíduo de maçã.....	21
3.3. Preparação das embalagens	21
3.4. Incorporação dos nutrientes aos protótipos	22
3.5. Análise termogravimétrica (TGA)	22
3.6. Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	23
3.7. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	23
3.8. Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho.....	23
3.9. Plantação das embalagens (tubetes) no solo	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1. Caracterização do resíduo de maçã.....	25
4.2. Caracterização do filme inicial.....	29
4.3. Caracterização das embalagens	30
5. CONCLUSÃO	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Torta de bagaço de maçã úmido após etapa de processamento do suco.....	12
Figura 2: Representação da unidade repetitiva da celulose.....	13
Figura 3: Representação da estrutura da hemicelulose	13
Figura 4: Representação da estrutura da lignina.....	14
Figura 5: Representação da estrutura da pectina	15
Figura 6: Tubetes de polipropileno	16
Figura 7: Imagem do resíduo de maçã in natura como recebido e utilizado no preparo dos filmes.....	25
Figura 8: Micrografias de MEV para o resíduo de maçã como recebido com ampliação de 500 e 100 X.....	26
Figura 9: Curva de TGA do resíduo de maçã.....	26
Figura 10: Espectro de infravermelho com reflectância atenuada do resíduo de maçã.	27
Figura 11: Curva de DSC da primeira varredura do resíduo de maçã.	28
Figura 12: Curva de DSC da segunda varredura do resíduo de maçã.....	28
Figura 13: Filme produzido a partir do resíduo de maçã e glicerol.....	29
Figura 14: Micrografias de MEV (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.	29
Figura 15: Curvas de TGA do resíduo de maçã e do filme contendo apenas glicerol.....	30
Figura 16: Protótipo com a formulação 1.	31
Figura 17: No topo os protótipos da formulação 4, no meio os protótipos da formulação 5 e mais embaixo os protótipos da formulação 6.....	32
Figura 18: Micrografias de MEV da F1 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.....	32
Figura 19: Micrografia de MEV da superfície do filme para F2.....	32
Figura 20: Micrografias de MEV da F3 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.....	33
Figura 21: Micrografias de MEV da F4 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.....	33

Figura 22: Micrografias de MEV F5 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.....	33
Figura 23: Micrografias de MEV da F6 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.....	34
Figura 24: Espectro de ATR do resíduo de maçã e das 6 formulações de embalagens (tubetes).....	34
Figura 25: Curvas de DSC para as amostras F0, F1, F2 e F3 da primeira varredura.....	35
Figura 26: Curvas de DSC para as formulações F0, F4, F5 e F6 da primeira varredura.....	35
Figura 27: Curvas de DSC para as formulações F0, F1, F2 e F3 da segunda varredura.....	36
Figura 28: Curvas de DSC para as formulações F0, F4, F5 e F6 da segunda varredura.....	36
Figura 29: Dimensão dos protótipos.....	38
Figura 30: Imagens das formulações F4, F5 e F6 após colocar a semente e o substrato da esquerda para a direita.....	38
Figura 31: Embalagens com F4, F5 e F6 dispostas no vaso em duplicata.	38
Figura 32: Após 15 dias da plantação.....	39
Figura 33: Partes dos protótipos encontradas após 15 dias.	39
Figura 34: Após 30 dias de plantação.....	40
Figura 35: Partes dos protótipos encontradas após 30 dias.	40
Figura 36: Após 45 dias de crescimento das mudas de couve. 1) 15 dias, 2) 30 dias, 3) 45 dias e 4) 55 dias.	41
Figura 37: Partes dos protótipos da F5 após 45 dias.....	41
Figura 38: Partes dos protótipos da F6 encontradas após 45 dias.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de caracterização do resíduo de maçã e seus valores de composição em comparação com valores obtidos na literatura.....	25
Tabela 2: Dados de entalpia observados nas curvas de DSC.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLO

NPK: representação dos elementos químicos nitrogênio, fósforo e potássio

TA: Temperatura ambiente

TGA: Análise termogravimétrica

DSC: Calorimetria exploratória diferencial

MEV: Microscopia eletrônica de varredura

ATR: Espectro de infravermelho com transformada de Fourier Atenuada

F0: Formulação apenas com o resíduo de maçã

F1: Formulação contendo resíduo de maçã, glicerol e amido

F2: Formulação contendo resíduo de maçã, glicerol, amido e 0,5% de ácido fosfórico

F3: Formulação contendo resíduo de maçã, glicerol, amido e 1,0% de ácido fosfórico

F4: Formulação contendo resíduo de maçã e emulsificante

F5: Formulação contendo resíduo de maçã, emulsificante e 0,5% de ácido fosfórico

F6: Formulação contendo resíduo de maçã, emulsificante e 1,0% de ácido fosfórico

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Teresa de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora da Rosa Mística por sempre guiar meus passos para que eu conseguisse conquistar mais essa etapa na minha vida.

À minha família por todo apoio e confiança, principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado Bruno que sempre se fez presente me ajudando em vários momentos para que eu conseguisse finalizar esse trabalho.

À Professora e Dra. Harumi Otaguro pela dedicação, confiança e auxílio durante a realização deste trabalho.

À Profa. Mara Zeni da Universidade de Caxias do Sul por fornecer o resíduo de maçã.

À Ingrid por todas as contribuições na realização deste trabalho.

Ao laboratório do professor Antônio Otávio pelo uso do infravermelho.

Ao instituto de agronomia, ao William e ao professor Hamilton Kikute, responsável pela casa de vegetação do campus Umuarama.

A todos os meus amigos que fizeram com que minha graduação se tornasse menos pesada, deixando momentos inesquecíveis durante esses 4 anos que passamos juntos.

A todos os professores, técnicos e funcionários do instituto de Química e também a Empresa Júnior de Química da UFU - QuímEJ que contribuíram para que eu me tornasse uma Química competente e apaixonada por essa profissão.

RESUMO

No preparo e no plantio de diversas mudas são utilizados como suportes materiais não biodegradáveis na forma de saquinhos, bandejas, ou tubetes plásticos de polipropileno ou polietileno. Esses materiais provocam prejuízos às mudas no momento do replantio, descarte dos tubetes, a decomposição destes recipientes na natureza, etc. O presente trabalho visa produzir embalagens biodegradáveis que possam ser utilizadas durante a etapa de plantio e replantio de mudas utilizando o resíduo da produção do suco de maçã como matéria-prima. Este resíduo em presença de aditivos (amido e glicerol; emulsificante) será avaliado com o intuito de desenvolver embalagens para o cultivo de mudas de diferentes espécies. A incorporação de ácido fosfórico (H_3PO_4) na formulação das embalagens, tanto aquelas compostas por amido e glicerol quanto aquelas compostas por emulsificante, nas proporções de 0,5 e 1% (m/m) se fizeram presente devido ao potencial de acelerar a degradação que esse ácido, mesmo em baixas concentrações, provoca na celulose. A primeira formulação avaliada foi a mistura de uma solução de resíduo de maçã, glicerol e água com outra solução de amido e água. A segunda formulação foi preparada misturando uma solução de resíduo de maçã e água destilada a uma solução de emulsificante solubilizado em solução aquosa em meio básico. Em ambas as formulações foram adicionadas 0, 0,5 e 1% de H_3PO_4 . Os recipientes foram preparados por imersão de moldes na solução até a formação de uma parede espessa. O resíduo e os protótipos foram caracterizados através das técnicas de FTIR-ATR, TGA, MEV, DSC e degradação diretamente no solo utilizando sementes de couve crespa (*B. Oleracea*) para avaliar o crescimento da planta e degradação dos recipientes que foram retirados do vaso após 15, 35, 45 e 55 dias. A melhor formulação foi a que continha 2,5g de resíduo de maçã solubilizados em 25 mL de água e 2,3% (m/m) de emulsificante (F4).

Palavras-chave: Resíduo de maçã, embalagens, biodegradável, ácido fosfórico e couve crespa.

ABSTRACT

In the preparation and planting of several seedlings, non-biodegradable material supports in the form of sachets, trays, or plastic tubes of polypropylene or polyethylene are used. These materials cause damage to the seedlings at the time of replanting, disposal of the tubes, the decomposition of these containers in the nature, etc. The present work aims to produce biodegradable packages that can be used during the planting and replanting of seedlings using the residue of the production of apple juice as raw material. This residue in the presence of additives (starch and glycerol, emulsifier) will be evaluated in order to develop packages for the cultivation of seedlings of different species. The incorporation of phosphoric acid (H_3PO_4) in the packaging formulation, both those composed of starch and glycerol and those composed of emulsifier, in the proportions of 0,5 and 1% (w/w) were present due to the potential to accelerate the degradation that this acid, even at low concentrations, causes in cellulose. The first formulation evaluated was the blending of a solution of apple residue, glycerol and water with another starch solution and water. The second formulation was prepared by mixing a solution of apple residue and distilled water to a solution of emulsifier solubilized in aqueous solution in basic medium. In both formulations 0, 0,5 and 1% H_3PO_4 were added. The containers were prepared by immersing the molds in the solution until a thick wall formed. The residues and the prototypes were characterized by FTIR-ATR, TGA, MEV, DSC and soil degradation using curly cabbage seeds (*B. Oleracea*) to evaluate the growth of the plant and the degradation of the containers that were removed from the vessel after 15, 35, 45 and 55 days. The best formulation was that containing 2.5 g of solubilized apple residue in 25 mL of water and 2.3% (w/w) of emulsifier (F4).

Keywords: Apple residue, packaging, biodegradable, phosphoric acid, curly cabbage.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Obtenção do bagaço de maçã

Para a produção do suco de maçã comercialmente vendido no Brasil, as indústrias brasileiras utilizam como matéria-prima as maçãs que não são comercializadas, pelo simples fato de não atenderem aos padrões adequados como formato, tamanho, coloração e presença de cicatrizes.^{1,2}

O principal subproduto da produção do suco de maçã é o bagaço, o qual representa de 20 a 40% da matéria-prima utilizada, dependendo da região e do tipo de plantação que é realizada. Este por sua vez, é constituído de casca, polpa, sementes e parte central da maçã, produtos que apresentam uma quantidade significativa de celulose, lignina, pectina e hemiceluloses. Em base fresca a torta de bagaço de maçã contém 80% de umidade, apresentando de 11,6 a 44,5 % de fibras, fração composta por 12 a 23,2% de celulose, 6,4 a 19 % de lignina, 3,5 a 18% de pectina e 5 a 6,2 % de hemiceluloses, por isso é necessário avaliar qual o material utilizado e a concentração de cada uma dessas fibras.¹

Esse fato faz com que esse subproduto do processamento de maçã (de acordo com a figura 1) possa ser utilizado para outras finalidades, ao invés de ser apenas descartado pela indústria alimentícia.¹

Uma dessas finalidades pode ser observada no seguinte projeto, que visa reutilizar o bagaço de maçã, na forma de farinha, para a produção de tubetes biodegradáveis, os quais deverão ser testados em solo.

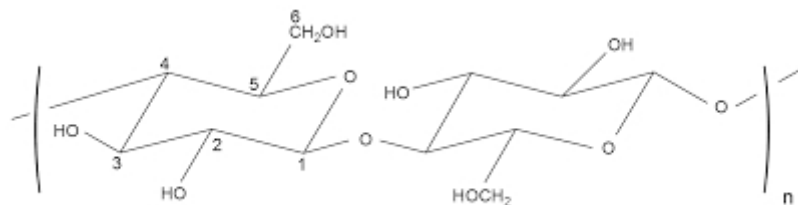
Figura 1: Torta de bagaço de maçã úmido após etapa de processamento do suco.³



1.2. Celulose e Hemicelulose

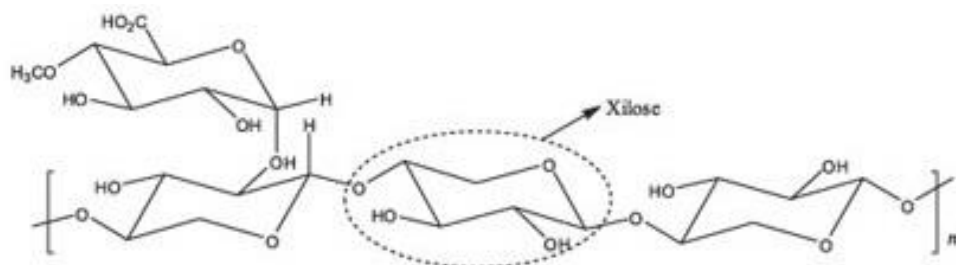
A celulose é o biopolímero mais abundante na Terra, sendo um polissacarídeo composto por unidades de D-glicose unidas por ligações glicosídicas β -(1 \rightarrow 4). Sua longa cadeia repetitiva, denominada de celobiose, contém seis grupos hidroxila, as quais estabelecem interações conhecidas como ligação de hidrogênio intramoleculares (vide figura 2). Essas interações são responsáveis pela rigidez, elevada resistência mecânica e insolubilidade da celulose em água e na maior parte dos solventes orgânicos.⁴

Figura 2: Representação da unidade repetitiva da celulose.⁵



Hemiceluloses são heteropolissacarídeos complexos que se derivam principalmente da celulose, possuindo outros monossacarídeos na cadeia principal como a manose e a xilose (figura 3). As ligações formadas em ambos os casos também são β -(1 \rightarrow 4), proporcionando às moléculas uma conformação linear. As hemiceluloses apresentam diversos tipos de ramificações, as quais podem interagir facilmente com a celulose promovendo uma boa estabilidade e flexibilidade ao agregado. A suscetibilidade a hidrólise ácida das hemiceluloses é maior quando comparada a celulose, devido ao caráter amorfo deste polissacarídeo.⁶

Figura 3: Representação da estrutura da hemicelulose.⁶

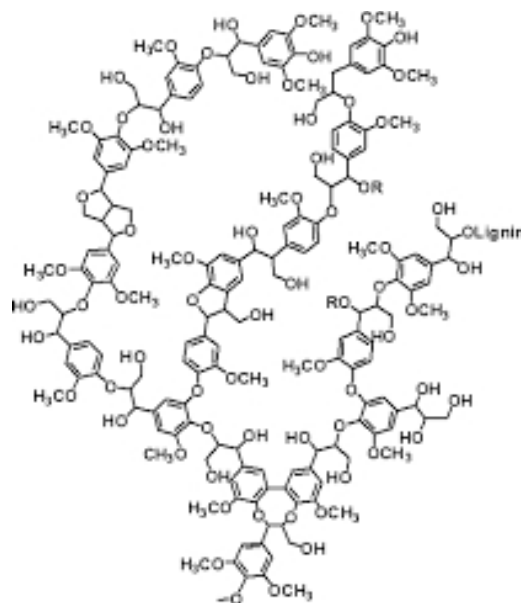


1.3. Lignina

A lignina é um heteropolímero amorfo que consiste em três diferentes unidades de fenilpropanos: álcool *p*-cumarílico, álcool coniferílico e álcool sinapílico.⁷

A proporção desses álcoois na estrutura resulta em diferentes tipos de lignina. A lignina apresenta funções importantes à parede celular da planta como rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais.⁷

Figura 4: Representação da estrutura da lignina.⁷

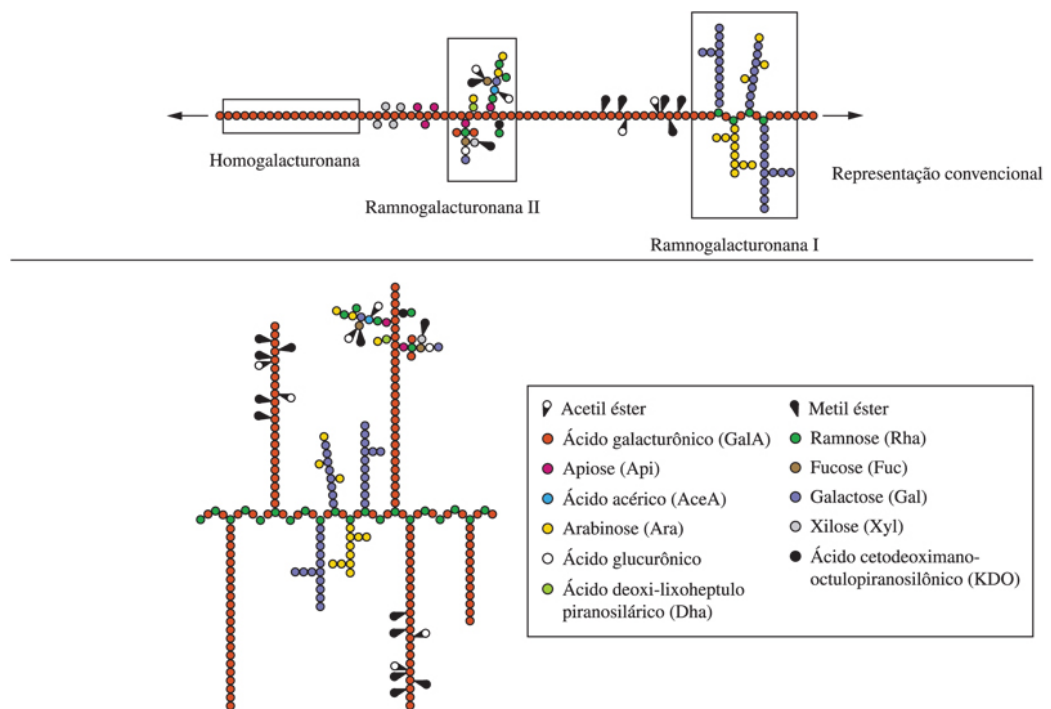


1.4. Pectina

A pectina é um polissacarídeo que está presente na parede celular das plantas. A determinação da porosidade da parede celular, a adesão celular, a resistência mecânica e a participação em mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de patógenos são funções atribuídas às pectinas. A composição e estrutura da pectina são formadas principalmente por ácido galacturônico, com grupos de hexoses, pentoses e metil-pentoses.⁸

É possível classificar a pectina em três subgrupos de polissacarídeos: as Homogalacturonanas, as Ramnogalacturonanas I e as Ramnogalacturonanas II, como mostra a figura 5.⁸

Figura 5: Representação da estrutura da pectina.⁸



1.5. Utilização dos tubetes no replantio de mudas

O plantio de diversas mudas pode ser feito por meio de saquinhos plásticos, bandeja de isopor ou tubetes. Algumas plantações, como por exemplo, o de café e de várias árvores frutíferas utiliza o plantio de mudas em tubetes, conforme mostrado na figura 6.^{9,10}

Entretanto, a obtenção de mudas para o plantio com os tubetes requer um maior cuidado, principalmente na retirada da muda do tubete, para que esta não seja arrancada do torrão. Quando esse fenômeno acontece a muda se quebra e o seu desenvolvimento será comprometido, acarretando prejuízos na plantação.^{9,10}

Buscando diminuir esses danos, vários projetos sugerem métodos para produção de tubetes biodegradáveis, os quais não precisam ser retirados do solo após o plantio e ainda podem conter nutrientes necessários para um melhor desenvolvimento da muda.^{9,10}

Figura 6: Tubetes de polipropileno. ¹¹



1.6. Principais nutrientes (NPK)

A fertilidade do solo é um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade de diversos tipos de cultura. Isso acontece por causa da falta de nutrientes presentes no solo, deixando-o pobre e pouco fértil.¹²

Os principais nutrientes utilizados para enriquecer o solo, tornando-o mais acessível ao plantio são os compostos de nitrogênio, fósforo e potássio, conhecidos pela sigla NPK, referente ao símbolo de cada elemento químico.¹²

O nitrogênio é o nutriente que mais influência na produção de grãos, por isso o estudo de fontes nitrogenadas apresenta grande importância na agricultura. O fertilizante nitrogenado mais usado no Brasil é a ureia, já que possui um baixo custo. Entretanto, a ureia apresenta uma séria limitação quando aplicada na superfície do solo, devido a possibilidade de perdas por volatilização de NH_3 .¹²

Em determinados solos que possuem um tipo de natureza mineralógica e reação ácida, apresentam necessidade de adubações fosfatadas, garantindo assim máxima produtividade. Contudo, a capacidade de adsorção de fósforo dos solos, está ligada diretamente na resposta das plantas à aplicação de fertilizantes fosfatados como o P_2O_5 .¹²

No caso do potássio, a qualidade da cultura é o principal alvo desse nutriente, possuindo influência positiva na massa individual de grãos e números de grãos por espiga. Além disso, o potássio é responsável por promover a absorção de água e auxiliar no transporte e armazenamento de carboidrato. O composto de potássio mais utilizado na fertilização é o K_2O .¹²

Neste sentido, a incorporação de alguns nutrientes no tubete é um aspecto muito interessante e importante na aplicação deste material.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral:

Avaliar a produção de tubetes biodegradáveis a serem utilizados na etapa de maturação de mudas vegetais, oriundos do resíduo do bagaço de maçã proveniente da indústria de suco.

Objetivos específicos:

Avaliar a composição química do resíduo de maçã em termos de fibras (celulose, lignina, hemicelulose e pectina).

Caracterização estrutural e de estabilidade térmica do resíduo *in natura*.

Preparar os filmes das melhores formulações de resíduo de maçã e da adição de aditivos e de ácido fosfórico, seguida da etapa de caracterização dos mesmos.

Obtenção e caracterização de protótipos (tubetes) das formulações dos melhores filmes obtidos. Avaliação em termos de suas propriedades estruturais e morfológicas.

Teste de campo dos protótipos no cultivo de mudas de couve crespa (*Brassica Oleracea*).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. Caracterização do resíduo de maçã

A caracterização do resíduo de maçã, proveniente do processo de obtenção do suco, foi feita por meio da determinação da porcentagem de lignina (solúvel e insolúvel), hemicelulose, celulose e pectina, comparando estes dados com os valores obtidos na literatura¹, além da caracterização de sua propriedade térmica.

3.1.1. Determinação de Lignina Klason

Para a determinação do teor de lignina Klason insolúvel, pesou-se 1 g do resíduo de maçã, e em um almofariz adicionou-se 15 mL de ácido sulfúrico 72% (preparado anteriormente). A mistura foi macerada por 2 horas e em seguida colocada em refluxo juntamente com 560 mL de água destilada. O refluxo durou 4 horas contadas após ter pingado a primeira gota.

Posteriormente a solução foi filtrada em um funil nº 4 e o sistema (funil + lignina extraída) foi levado para secar na estufa à 105°C por 24 horas. Ao final desse período, pesou-se a massa final (funil + lignina extraída). A porcentagem de lignina Klason insolúvel foi determinada com base na massa de amostra de lignina insolúvel e com a massa da amostra inicial, como mostra a equação 1.

$$\text{Teor de lignina insolúvel \%} = \left(\frac{m_1}{m_2} \right) \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

% lignina = é o teor percentual de lignina na amostra analisada

m_1 = a massa (g) de lignina insolúvel seca

m_2 = a massa (g) de amostra seca

A porcentagem de lignina solúvel solubilizada em meio ácido foi analisada por Espectrometria na região ultravioleta, de acordo com a norma TAPPI T13M-54 modificada. As soluções foram preparadas com o filtrado proveniente da determinação de lignina Klason insolúvel e diluiu-se com água destilada até concentração de 0,05 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico. Preparou-se uma solução de referência a partir do ácido sulfúrico 72% de concentração de 0,05 mol L⁻¹.

Mediu-se a absorvância do filtrado nos comprimentos de onda de 215nm e 280 nm . A concentração em g/L de lignina Klason solúvel foi calculada de acordo com a equação 2.

$$C(gL^{-1}) = \frac{(4,53 \times A_{215}) - A_{280}}{300}$$

Eq. 2

Onde:

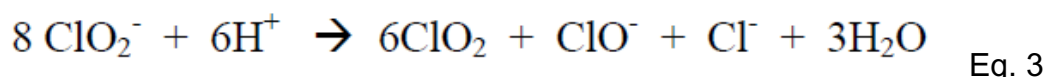
$C(gL^{-1})$ = concentração de lignina Klason solúvel em meio ácido.

A_{215} = valor de absorvância a 215 nm.

A_{280} = valor de absorvância a 280 nm.

3.1.2. Determinação de Holocelulose

A holocelulose é o produto resultante da extração da lignina e é constituída por celulose e hemiceluloses. A reação que ocorre no processo de deslignificação é representada na equação 3.



Eq. 3

Na determinação do teor de holocelulose, pesou-se 5 g do resíduo de maçã em um erlenmeyer e adicionou-se 100 mL de água destilada. O erlenmeyer foi deixado em banho de óleo sobre um agitador a temperatura de 75°C e em seguida adicionou-se 2mL de ácido acético e 3 g de clorito de sódio.

Após essa adição o erlenmeyer contendo a mistura foi tampado com um outro erlenmeyer menor. Foram feitas mais 3 adições de ácido acético e clorito de sódio (nas mesmas quantidades) com um intervalo de 1 hora entre cada adição, resultando em 4 horas de processo.

Em seguida, a solução foi esfriada à 10°C e só assim filtrada em um funil nº2 (previamente pesado), lavando com água gelada até que o pH ficasse neutro. Deixou-se secar na estufa à 105°C por 24 horas, e depois resfriado em dessecador e pesado para quantificar o rendimento da holocelulose.

3.1.3. Determinação de α - Celulose

Para a determinação do teor de celulose, foi necessário transferir a quantidade de holocelulose extraída anteriormente (em torno de 2,5g) para um erlenmeyer e adicionar 100 mL de KOH (5%). O erlenmeyer foi vedado e mantido sob agitação por 2 horas em um agitador magnético. Filtrou-se a solução, lavando-a com 50 mL de KOH (5%) e em seguida 100 mL de água. Repetiu-se o mesmo procedimento anterior utilizando dessa vez o KOH (24%).

Esta nova solução foi filtrada novamente e lavada com KOH (24%), água e ácido acético até atingir um pH neutro. Após atingir esse pH a solução foi lavada com acetona e deixada secar na estufa à 105°C por 24 horas. O teor de α - celulose foi determinado pela diferença entre a massa do funil + celulose extraída e a massa apenas do funil. Esse valor obtido foi dividido pela massa inicialmente pesada e assim obteve-se a porcentagem de α - celulose presente no material.

3.1.4. Determinação de Hemiceluloses

O teor de hemiceluloses foi determinado através da diferença entre os teores de holocelulose e da celulose em relação à massa inicial da mostra seca, levando em consideração o rendimento calculado na obtenção da holocelulose.

3.1.5. Determinação de Pectina via meio ácido

Para a determinação do teor de pectina, foi feita uma extração ácida, utilizando ácido cítrico 0,75 mol/L. Em um balão de fundo redondo foi adicionado 3g de bagaço de maçã com 120 mL de água destilada. Em outro balão, adicionou-se 120 mL de ácido cítrico. Os dois balões foram deixados em refluxo até atingirem a temperatura de ebulição e em seguida as duas soluções foram colocadas em um único balão, o qual permaneceu em refluxo por mais 1 hora.

Após esse período, o balão foi colocado em banho de gelo e precipitou-se a pectina com etanol em uma proporção de 1mL de solução obtida no refluxo para 2 mL de etanol. Assim que toda a pectina fora precipitada, a solução foi centrifugada e apenas o precipitado foi recolhido e deixado secar em uma placa de Petri (previamente pesada) na estufa à 50°C por 24 horas. O teor de pectina foi determinado pela diferença entre a massa da placa + pectina

extraída e a massa apenas da placa. Esse valor obtido foi dividido pela massa inicialmente pesada e assim obteve-se a porcentagem de pectina presente no material.

3.2. Produção do filme a partir do resíduo de maçã

Após as caracterizações iniciaram-se os testes para a produção de filmes a partir do resíduo de maçã visando à obtenção das melhores formulações e a dos protótipos. Esses testes foram realizados por meio da variação de diversos parâmetros, como por exemplo, a temperatura, a quantidade de água e de resíduo utilizado, a mistura da solução de resíduo de maçã com distintos aditivos (os quais promoveriam um aspecto mais consistente ao filme), o tempo que o material permaneceu sob agitação e posteriormente o tempo que o mesmo foi deixado na estufa para a evaporação do solvente e a formação do filme.

Todas essas condições foram testadas a fim de se obter ao final dos processos um filme com aspecto adequado para que fosse possível a produção das embalagens (tubetes). A formulação inicial obtida para o filme foi o que possui 2g de bagaço de maçã dissolvidos em 30 mL de água e 0,4g de glicerol. Essa mistura foi realizada a TA e levada para secar na estufa à 40°C em uma placa de plástico por 24 horas.

Porém essa formulação não se mostrou adequada para a produção das embalagens, pois não apresentava a viscosidade adequada para moldar os tubetes. No entanto o filme formado poderia ser utilizado para termoformar o recipiente através do processo de termoformagem à vácuo.

3.3. Preparação das embalagens

A partir da avaliação dos filmes produzidos através de aspecto visual como a presença de rachaduras ou deformações, a formulação realizada em seguida para a produção das embalagens foi baseada na formulação do filme inicial acrescentando o amido, com a finalidade de aumentar a viscosidade da solução, favorecendo a moldagem dos protótipos.

As embalagens foram preparadas com a mistura de 2g de resíduo de maçã, 0,4g de glicerol e 20 mL de água com outra solução contendo 1g de amido em 10 mL de água. As soluções foram aquecidas separadamente à 70°C por 20 minutos. Em seguida as soluções foram misturadas e agitadas por mais 10 minutos. Finalizada esta etapa a mistura foi mantida por 48 h sob agitação a TA. Contudo, não foi possível reproduzir em maior escala as embalagens produzidas utilizando essa formulação, pois a viscosidade

desejada nem sempre era obtida e a estufa também alterou seu funcionamento durante o período de testes com essa nova formulação.

Assim, alterou-se a formulação contendo os aditivos amido e glicerol por uma contendo apenas um emulsificante como aditivo.

A melhor formulação para a produção das embalagens foi baseada nos testes anteriores promovidos com adição de amido e glicerol, porém desta vez utilizou-se como aditivo apenas o emulsificante Tylose[®] HS 30000 YP2 composto por hidroxietilcelulose com viscosidade de aproximadamente 30000 mPa.s.

A solução foi feita misturando 2,5g de resíduo de maçã e 25 mL de água destilada a outra solução contendo 2,3% (m/m) de emulsificante solubilizado em água destilada e 5 gotas de NaOH (0,1 mol/L). Essa solução foi deixada agitando durante 48 horas a TA, e após esse tempo atingiu-se a viscosidade adequada para que as embalagens fossem moldadas. Os protótipos foram produzidos por meio de moldes (copos plásticos de café 50 mL), os quais foram imersos na solução viscosa e em seguida deixados na estufa à 35°C para secar. Foram realizadas 3 imersões (camadas) para que a embalagem final fosse resistente mecanicamente e permitisse seu manuseio.

3.4. Incorporação dos nutrientes aos protótipos

A incorporação dos nutrientes nos protótipos foi pensada para ajudar no desenvolvimento da planta durante o teste em solo. Assim, observou-se, por meio de pesquisas à literatura, que o aditivo que poderia ser testado à priori seria o Ácido Fosfórico, pois esse teoricamente auxiliaria na degradação da celulose presente no protótipo e forneceria nutrientes como o fosfato (fonte de fósforo) para que a semente escolhida pudesse germinar mais rapidamente e que posteriormente a muda estivesse bem mais nutrida.¹³

Assim, para ambas as formulações (contendo amido e glicerol; e somente o emulsificante) foi incorporado ácido fosfórico nas concentrações 0,5 e 1% (m/m) à solução final.

3.5. Análise termogravimétrica (TGA)

As análises foram feitas em um equipamento modelo DTG-60H da Shimadzu. As análises foram realizadas utilizando em torno de 5 mg de amostra em um porta amostra de alumínio, no intervalo de temperatura de 25 a

600°C, a uma taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹ em atmosfera de nitrogênio com fluxo de 30 mL min⁻¹.

3.6. Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

Os experimentos foram realizados em um equipamento modelo Q-20 - da, TA Instruments. Foram utilizadas panelinhas de alumínio com tampa, onde cerca de 5 mg de amostra foram aquecidas de 20 a 250°C na primeira varredura seguida de uma isoterma de 1 minuto. Já para a segunda varredura o intervalo de temperatura foi de 20 a 200°C. A taxa de aquecimento foi de 10°C min⁻¹ em atmosfera de nitrogênio para ambas as varreduras.

3.7. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As amostras já preparadas adequadamente e fixadas no porta-amostra foram metalizadas com uma fina camada de ouro e analisadas quanto à superfície e secção transversal em um Microscópio Eletrônico de Varredura modelo EVO/MA10, ZEISS CARL com uma tensão de 5kV.

3.8. Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho por Transformada de Fourier com o auxílio do acessório de Refletância Total Atenuada (ATR)

As amostras foram analisadas diretamente no equipamento espectrômetro Perkin Elmer modelo FT-IR Frontier Single Range – MIR, na região de 4000 a 220 cm⁻¹. As medidas foram realizadas no estado sólido, com o auxílio do acessório de Refletância Total Atenuada (ATR) com cristal de diamante.

3.9. Análise das embalagens (tubetes) no solo

As embalagens (tubetes) foram enterradas em recipientes adequados na casa de vegetação do Instituto Agrônomo da UFU no campus Umuarama. Para este ensaio foram utilizados vasos de plástico e uma mistura de terra com substrato. Apenas os protótipos com emulsificante nas concentrações de 0; 0,5 e 1% de ácido fosfórico foram testados em solo, já que apenas essas três

formulações foram reprodutivas. Em cada vaso, colocou-se 6 embalagens (duas com 0%, duas com 0,5% e duas com 1% de ácido fosfórico) realizando assim as análises em duplicata. No total foram plantados 24 tubetes ocupando 4 vasos, que seriam retirados com um período de 15, 30, 45 e 55 dias para avaliação do processo de degradação. Em cada tubete foram colocadas aproximadamente 6 sementes de couve crespa (*B. Oleracea*). Os vasos eram agitados uma vez por semana.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização do resíduo de maçã

Inicialmente o resíduo de maçã (figura 7) foi devidamente caracterizado, avaliando seu teor de lignina, pectina, hemicelulose e celulose presentes no material. Os valores obtidos podem ser analisados na tabela 1, na qual se encontram os valores obtidos para o resíduo de maçã com o valor teórico obtido da literatura para o mesmo tipo de resíduo¹.

Figura 7: Imagem do resíduo de maçã *in natura* como recebido e utilizado no preparo dos filmes.



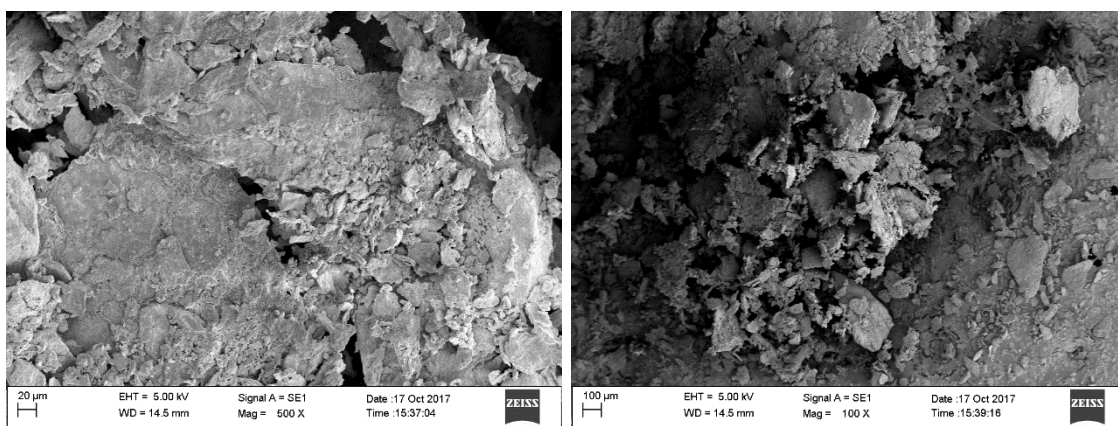
Tabela 1: Dados de caracterização do resíduo de maçã e seus valores de composição em comparação com valores obtidos na literatura.

	Resíduo de maçã (%)	Valor obtido na literatura (%)
Lignina	9,9 ± 1,90	6,4 - 19
Pectina	26,6 ± 2,83	3,5 - 18
Celulose	30,1 ± 4,84	12 - 23,2
Hemicelulose	24,7 ± 9,86	5 - 6,2
Outros	8,7	33,6 - 73,1

Como observado na tabela 1, os valores obtidos experimentalmente foram diferentes do comparado com a literatura, o que pode ser explicado pelo fato do resíduo de maçã analisada neste trabalho ser de espécie, solo e clima distinto do resíduo de maçã utilizado como base no artigo e também a maneira como foi realizada a extração dessas fibras.

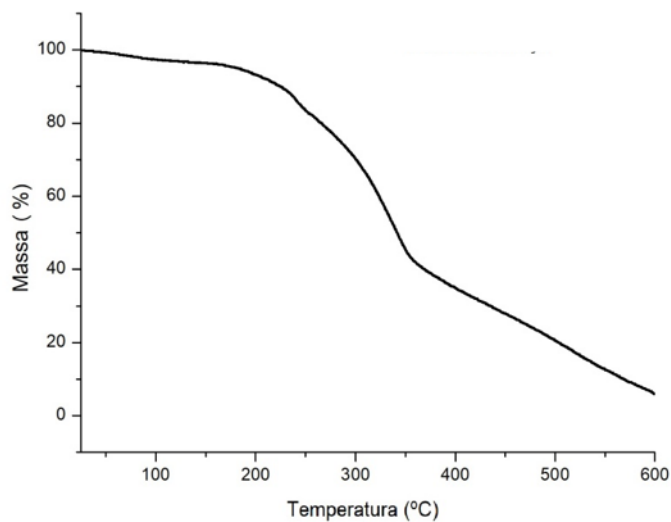
O resíduo de maçã também foi caracterizado através das técnicas de MEV, TGA, FTIR-ATR e DSC como apresentado nas figuras 8, 9, 10 e 11.

Figura 8: Micrografias de MEV para o resíduo de maçã como recebido com ampliação de 500 e 100 X.



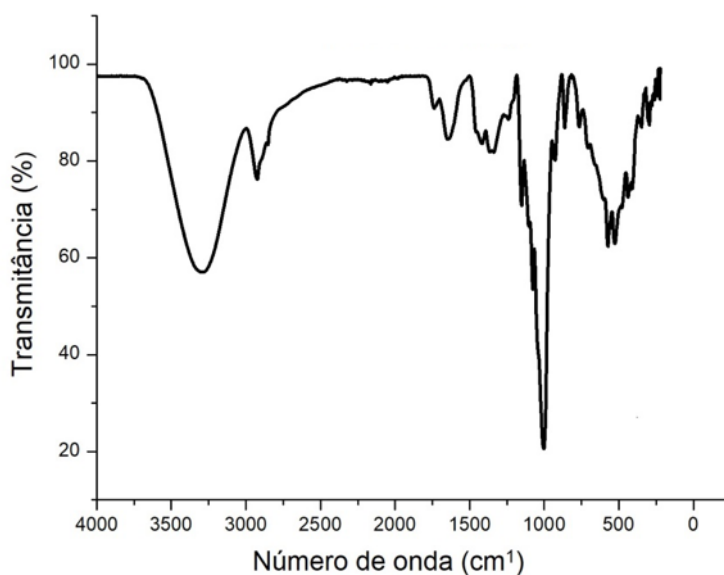
Na figura 8 é possível observar que pelo fato do resíduo de maçã ser composto por grânulos, as micrografias não apresentam uma estrutura bem definida.

Figura 9: Curva de TGA do resíduo de maçã.



A análise da curva de TGA apresentada na Figura 9 demonstra que o comportamento de perda massa para o resíduo de maçã é consistente com os encontrados na literatura, demonstrando 3 eventos principais.¹⁴ A degradação do resíduo, o qual acontece numa temperatura em torno de 228°C. Outro evento correspondente a perda de água do composto que ocorre por volta de 100°C. Observa-se que a 600°C o material já foi quase todo degradado, no entanto ainda há um resíduo de 10%.

Figura 10: Espectro de infravermelho com reflectância atenuada do resíduo de maçã.



Os dados de espectroscopia de infravermelho apresentam uma banda alargada característica de OH ($3000-3500\text{ cm}^{-1}$), outra banda em 2900 cm^{-1} característico do estiramento CH alifático. A banda observada em 1000 cm^{-1} é característica de estiramento C-O. Esses grupos funcionais são observados nas estruturas da pectina, celulose e lignina. Os dados obtidos por meio desse gráfico são semelhantes ao encontrado na literatura.¹⁴

Já as curvas de DSC da primeira e segunda varredura para o resíduo de maçã são apresentados nas figuras 11 e 12.

Figura 11: Curva de DSC da primeira varredura do resíduo de maçã.

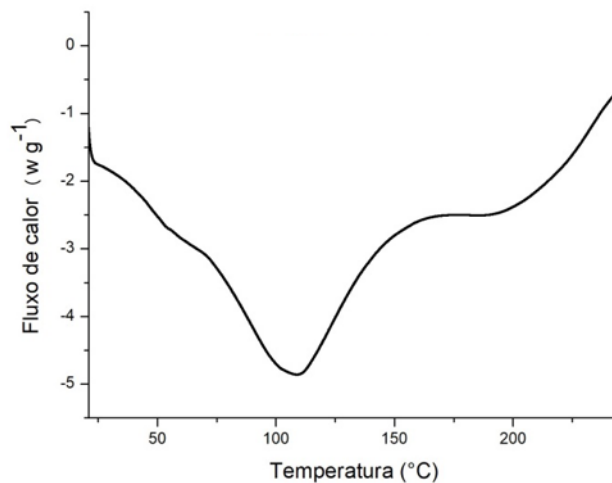
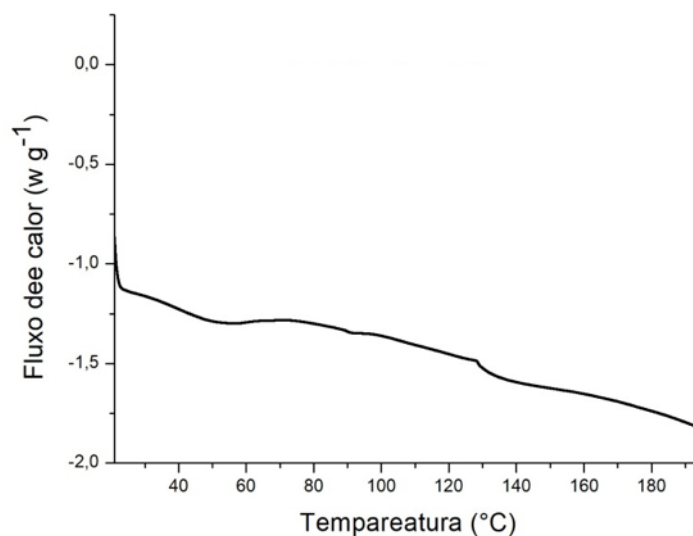


Figura 12: Curva de DSC da segunda varredura do resíduo de maçã.



Analisando ambas as isotermas, é possível observar a saída de água na primeira varredura, devido à presença da endoterma próximo de 100°C. Já na segunda varredura essa endoterma não está mais presente. No entanto, foi possível observar uma mudança na linha de base na região em torno de 40°C, sendo um indicativo da temperatura de transição vítrea do material (resíduo de maçã) .

4.2. Caracterização do filme inicial

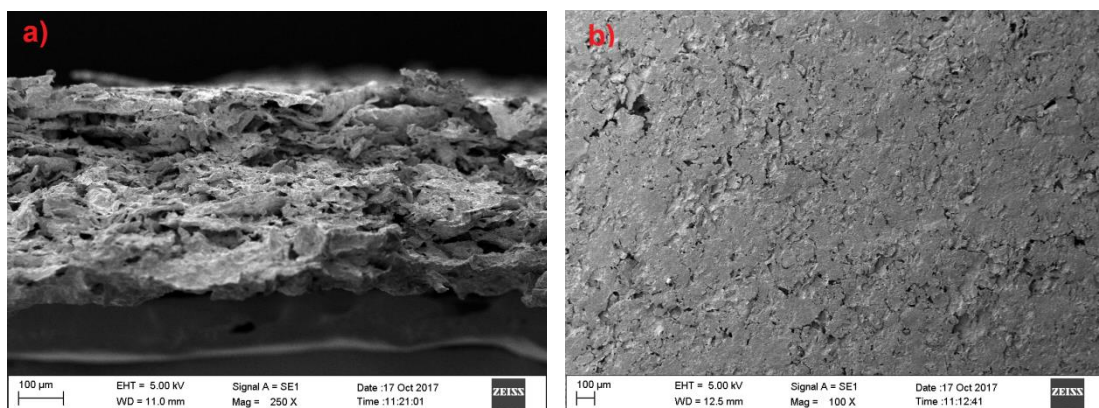
O filme que apresentou boa trabalhabilidade (figura 13) inicialmente, e que serviu de base para os testes realizados posteriormente, possui em sua formulação o resíduo de maçã e glicerol como aditivo. Este filme foi caracterizado apenas por MEV e TGA, pois sua formulação não era a mesma utilizada na produção dos primeiros protótipos, os quais foram produzidos com resíduo de maçã, glicerol e amido como aditivos. Entretanto, nem mesmo a formulação que possuía glicerol e amido como aditivo apresentou boa produtividade em maior escala, sendo necessária a alteração do aditivo por um emulsificante (Tylose[®] HS 30000 YP2 composto por hidroxietilcelulose).

Figura 13: Filme produzido a partir do resíduo de maçã e glicerol.



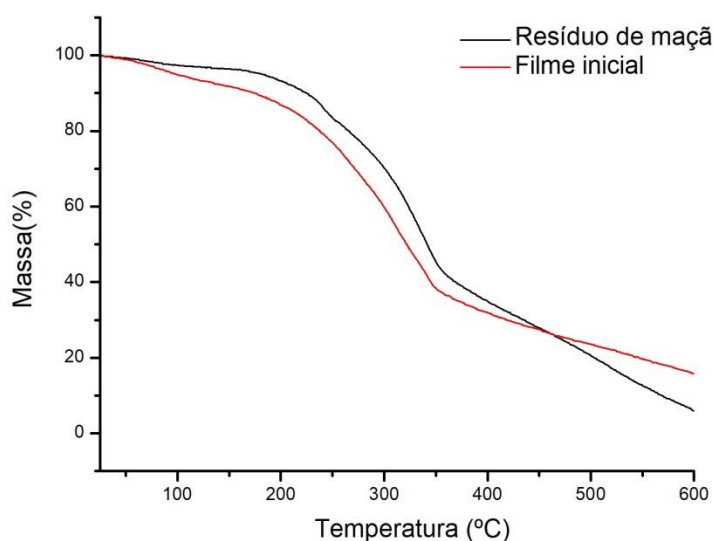
O MEV foi realizado do filme acima analisando a região de fratura e de superfície, como observado na figura 14.

Figura 14: Micrografias de MEV (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.



Nas duas micrografias é possível observar que o filme apresenta regiões de trincas e poros em outras, ou seja, o filme não possui um aspecto compacto e homogêneo e possivelmente não seja tão resistente quando comparado a amostra de formulação contendo amido e glicerol. Isso torna essa formulação pouco viável na produção das embalagens, já que como a intenção é que essas fossem plantadas, provavelmente essa formulação não resistiria ao tempo de germinação da semente escolhida.

Figura 15: Curvas de TGA do resíduo de maçã e do filme contendo apenas glicerol.



A análise das curvas de TGA apresentadas na figura 15 demonstra que o comportamento de perda de massa para ambas as amostras avaliadas são similares. Embora os valores de temperatura de degradação do resíduo sejam ligeiramente superior (228°C) ao do filme (211°C), essa diferença pode ser atribuída à incorporação do aditivo (glicerol). Além do que o filme apresentou um teor de resíduo em torno de 20% superior ao comparado ao resíduo *in natura*.

4.3. Caracterização das embalagens

Com as embalagens processadas a partir da adição de amido e glicerol, assim como as produzidas com a adição do emulsificante foram caracterizadas através das seguintes técnicas: Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho por Transformada de Fourier com o auxílio do acessório de Refletância Total Atenuada (ATR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC).

Os ensaios de TGA estão em andamento para essas amostras.

As formulações testadas para as embalagens foram:

Formulação 0 (F0): Apenas o resíduo de maçã;

Formulação 1 (F1): Resíduo de maçã, amido e glicerol;

Formulação 2 (F2): Resíduo de maçã, amido, glicerol e 0,5% de H_3PO_4 ;

Formulação 3 (F3): Resíduo de maçã, amido, glicerol e 1% de H_3PO_4 ;

Formulação 4 (F4): Resíduo de maçã e emulsificante;

Formulação 5 (F5): Resíduo de maçã, emulsificante e 0,5% de H_3PO_4 ;

Formulação 6 (F6): Resíduo de maçã, emulsificante e 1% de H_3PO_4 .

A partir da formulação 1 foi possível obter apenas um protótipo (Figura 16).

Figura 16: Protótipo com a formulação 1.



A melhor formulação obtida para a produção do protótipo e que pode ser reproduzida em maior escala sem o problema citado acima foram as formulações 4, 5 e 6 que apresentam 2,3% (m/m) de emulsificante em relação à massa da solução total e 0,5 e 1% (m/m), respectivamente, de ácido fosfórico. Na figura 17 é possível observar todas as embalagens (tubetes) que foram produzidas.

Figura 17: No topo os protótipos da formulação 4, no meio os protótipos da formulação 5 e mais embaixo os protótipos da formulação 6.



A primeira caracterização realizada foi o MEV de fratura e superfície dos protótipos, porém a formulação 2 não formou filme para que pudesse ser analisada por fratura.

Figura 18: Micrografias de MEV da F1 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.

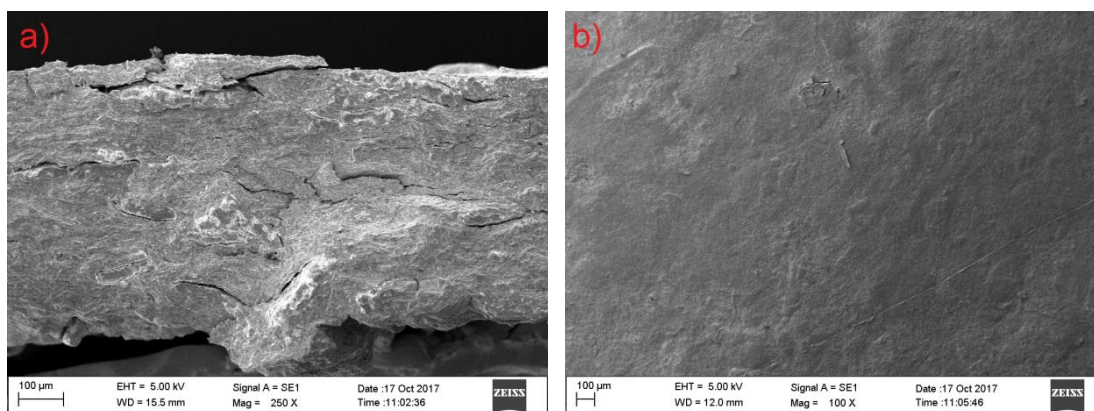


Figura 19: Micrografia de MEV da superfície do filme para F2.

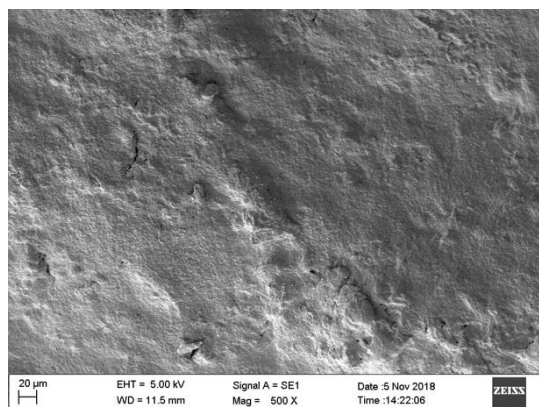


Figura 20: Micrografias de MEV da F3 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.

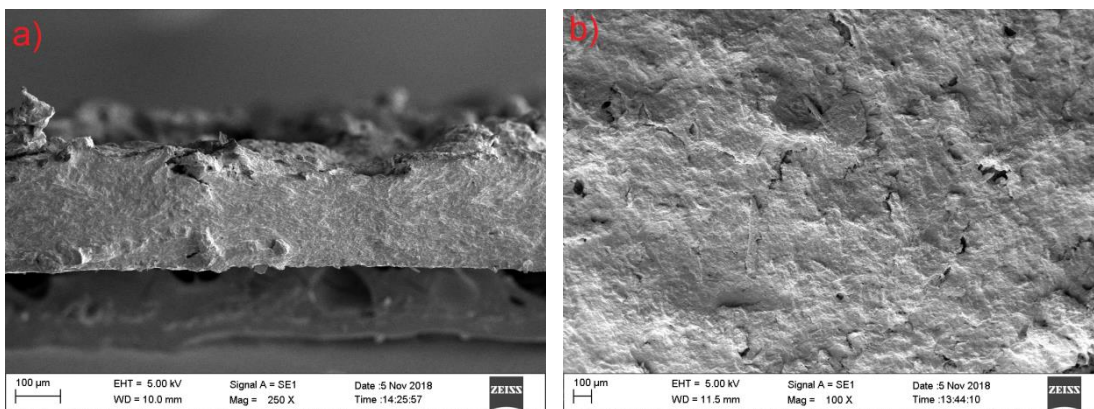


Figura 21: Micrografias de MEV da F4 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.

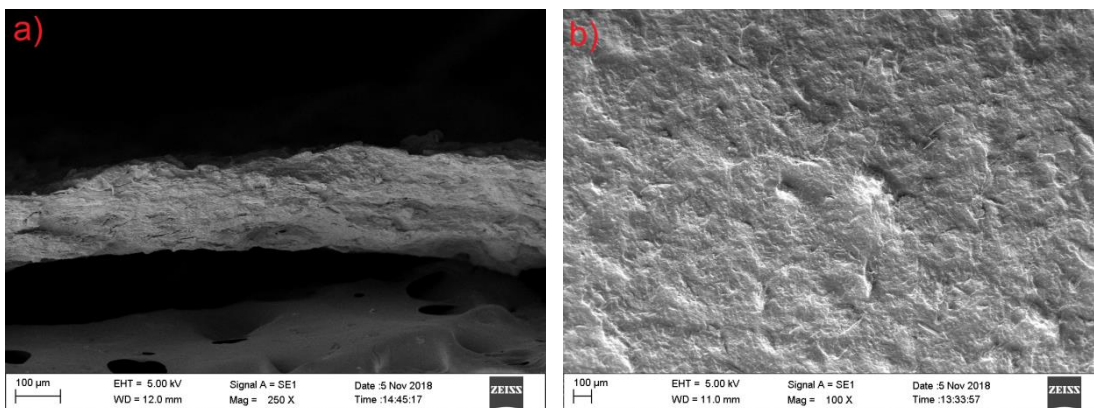


Figura 22: Micrografias de MEV F5 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.

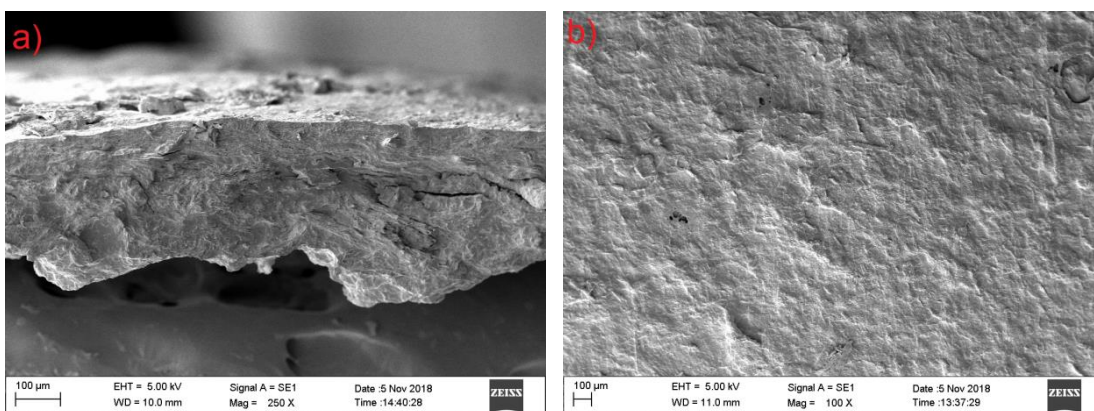
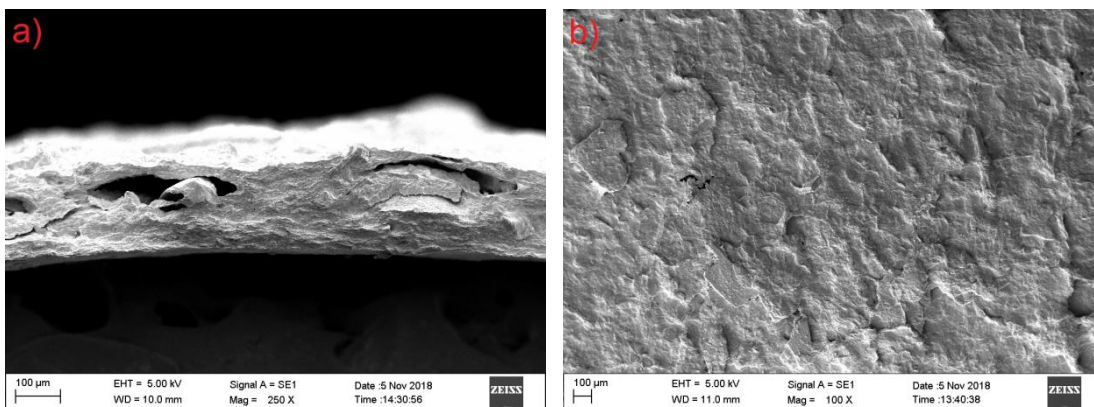


Figura 23: Micrografias de MEV da F6 (a) Fratura do filme e (b) Superfície do filme.

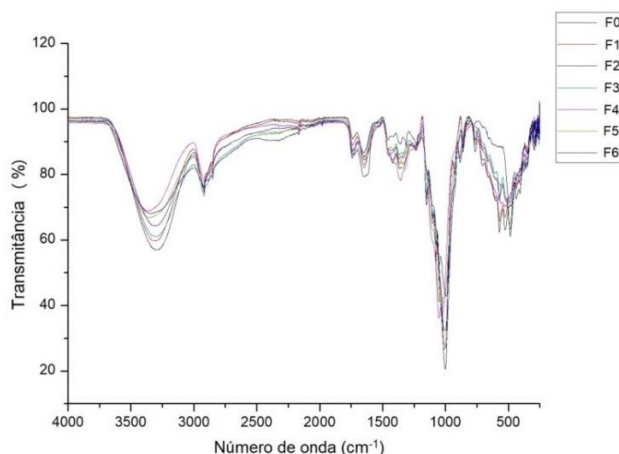


Foi possível observar por meio da análise das micrografias das 6 formulações que a maioria apresentava uma superfície rugosa e com fissuras na superfície, com exceção da F1 (figura 18 b), a qual apresentou uma superfície mais lisa e com poucas fissuras, provavelmente pelo fato de que o protótipo analisado (figura 16) era mais uniforme e não apresentava tantas deformações. Entretanto, essa formulação não foi reprodutiva, inviabilizando sua utilização nos testes realizados em solo.

Em relação às fraturas das demais formulações, foi possível observar a uniformidade das embalagens, não apresentando ou apresentando pouca fissura (no caso da figura 18 a), com exceção da F6 (figura 23 a), a qual apresentou a presença de buracos, o que pode estar relacionado com a quantidade de ácido (1%), aditivos (2,5g de resíduo de maçã) e emulsificante (2,3%) que foram incorporados nessa embalagem.

Já as curvas na região do infravermelho das 6 formulações são visualizadas na figura 24.

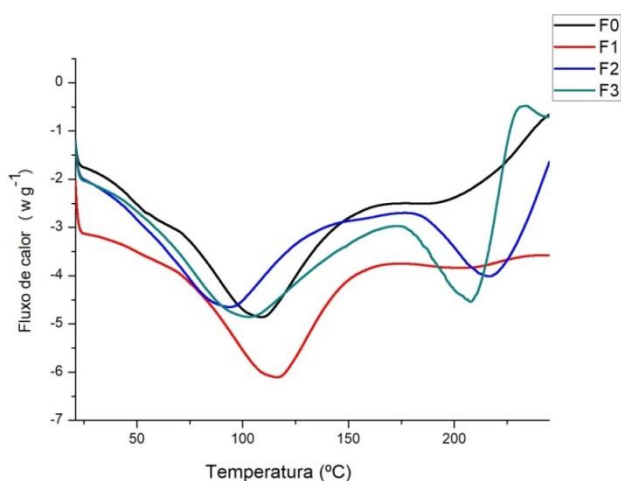
Figura 24: Espectro de ATR do resíduo de maçã e das 6 formulações de embalagens (tubetes).



É possível observar pela figura 24 que mesmo com a incorporação de aditivos e do ácido fosfórico o perfil dos espectros de infravermelho do resíduo de maçã não foram alteradas e sim intensificadas em alguns casos, com intensidade aumentada ou diminuída principalmente na banda característica do estiramento O-H ($3000 - 3500 \text{ cm}^{-1}$) e na banda característica do estiramento C-O ($1000 - 1300 \text{ cm}^{-1}$).

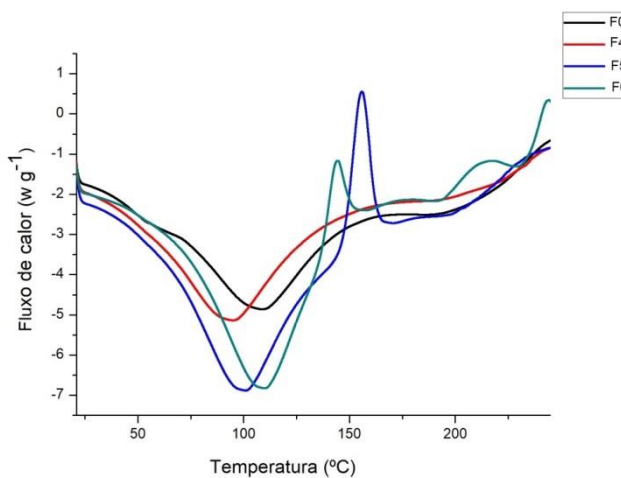
As curvas de DSC obtidas na primeira varredura das embalagens para as formulações F0, F1, F2 e F3, são apresentadas na figura 25.

Figura 25: Curvas de DSC para as amostras F0, F1, F2 e F3 da primeira varredura.



O resultado da análise da primeira varredura para F0, F4, F5 e F6 pode ser observado na figura 26.

Figura 26: Curvas de DSC para as formulações F0, F4, F5 e F6 da primeira varredura.



O resultado da segunda varredura para F0, F1, F2 e F3 está presente na figura 27. E a figura 28 apresenta a segunda varredura para F0, F4, F5 e F6.

Figura 27: Curvas de DSC para as formulações F0, F1, F2 e F3 da segunda varredura.

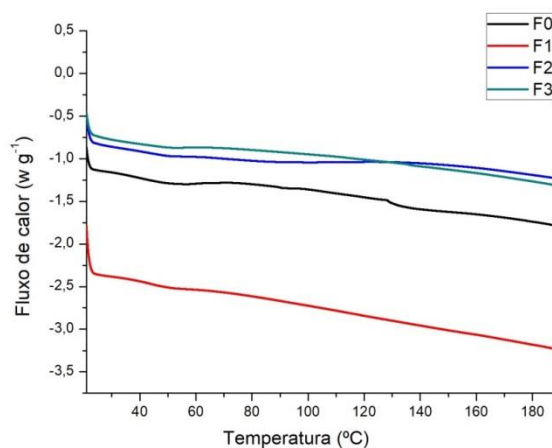
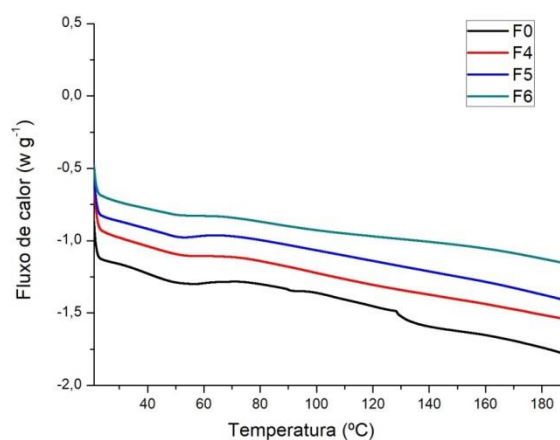


Figura 28: Curvas de DSC para as formulações F0, F4, F5 e F6 da segunda varredura.



Nas análises realizadas por DSC, observou-se a presença de uma endoterma próxima a 100°C para todas as formulações. Esse evento está associado a liberação de água absorvida pela matriz polimérica.

Nas formulações que possuíam o ácido fosfórico, observou-se o efeito de degradação acentuada para as formulações (F2, F3, F5 e F6). Além da presença e picos exotérmicos, principalmente para as formulações F5 e F6 entre 150 a 200°C. Provavelmente esse evento está relacionado à saída do emulsificante que estava presente nas embalagens contendo essas formulações.

É possível observar nos gráficos da segunda varredura uma inflexão na linha de base característica da temperatura de transição vítrea (T_g), principalmente na F1 em torno de 43°C. Os dados de entalpia referente à saída de água destas amostras encontram-se dispostos na Tabela 2. Pode-se observar que a incorporação do aditivo (glicerol e emulsificante) assim, como ácido reduziram o valor de entalpia da saída de água.

Tabela 2: Dados de entalpia observados nas curvas de DSC.

Amostra	$T_{H_2O}/^{\circ}C$	$\Delta H_{H_2O}/ J g^{-1}$
F0	108,14	155,6
F1	115,62	168,7
F2	92,96	156,0
F3	101,19	156,0
F4	94,68	193,8
F5	100,55	223,7
F6	109,56	235,2

Por fim, realizou-se a análise das formulações F4, F5 e F6 imersos em substratos simulando as condições de campo. Em cada embalagem foram colocadas sementes de couve crespa, as quais apresentam um período de 5 a 10 dias de germinação.

As figuras 29 a 31, a seguir apresentam as dimensões dos tubetes, quando foram plantados (foi necessário fazer um furo no fundo dos protótipos para que a água escorresse com mais facilidade e não danificasse futuramente a planta) e como foram enterrados nos vasos.

Figura 29: Dimensão dos protótipos.



Figura 30: Imagens das formulações F4, F5 e F6 após colocar a semente e o substrato da esquerda para a direita.

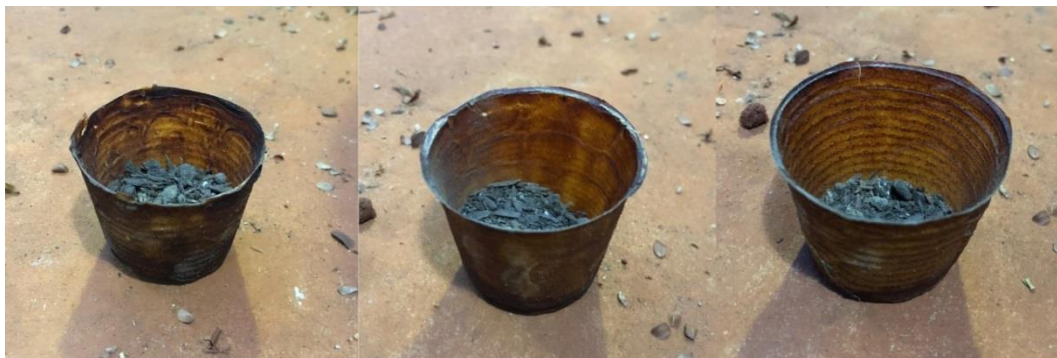


Figura 31: Embalagens com F4, F5 e F6 dispostas no vaso em duplicata.



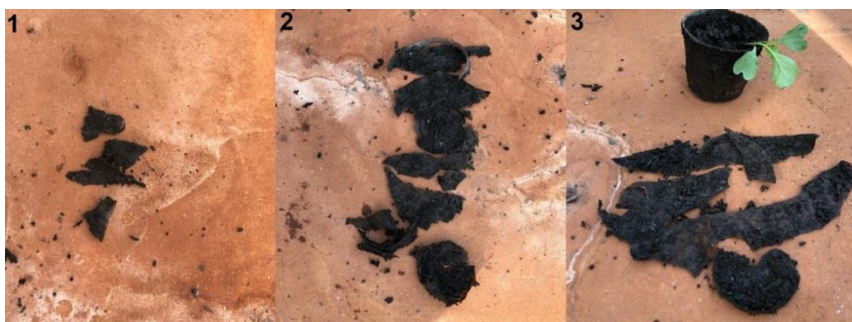
Após 15 dias do plantio das embalagens com as sementes de couve, essas foram removidas para avaliação da degradação das 3 formulações diferentes visando identificar qual seria a mais adequada para esse tipo de

cultura. O resultado obtido pode ser observado nas figuras 32 e 33, levando em consideração que na figura 32 o vaso 1 seria o vaso no qual as embalagens seriam desenterradas após 15 dias, o vaso 2 após 30 dias, o vaso 3 após 45 dias e o vaso 4 após 55 dias.

Figura 32: Após 15 dias da plantação.



Figura 33: Partes dos protótipos encontradas após 15 dias.



É possível observar na figura 33 que após 15 dias, a F4 (1) quase não foi encontrada, já a F5 (2) esteve um pouco mais presente, porém apresentou um grau maior de degradação que a F6 (3), a qual estava praticamente inteira quando foi removida do vaso. Todas as partes encontradas das embalagens que se encontram na figura 33 são as representações dos dois protótipos de cada formulação que foi plantada, já que realizou-se o plantio em duplicata.

Após um período de 30 dias, foi possível avaliar um bom desenvolvimento das mudas de couve, e realizou-se a retirada dos protótipos do vaso 1 figura 34. Os vasos 2 e 3 seriam os vasos correspondentes ao período de 45 e 55 dias, respectivamente.

Figura 34: Após 30 dias de plantação.



Figura 35: Partes dos protótipos encontradas após 30 dias.



Na figura 35, para a F4 (1) foi encontrado o fundo de apenas uma das embalagens plantadas e foi possível observar que esta formulação foi a que proporcionou um crescimento maior da muda. Para a F5 (2) foi possível encontrar pedaços das duas embalagens que foram plantadas nesse vaso, porém em pouca quantidade se comparada com a F6 (3), a qual ainda estava praticamente inteira para as duas embalagens que foram plantadas no vaso.

Após 45 dias, foi retirada as embalagens plantadas no vaso 3 (figura 36 3) para avaliar a degradação das mesmas por um período maior de tempo e observou-se que as embalagens da formulação F4 não estavam mais

presentes, ou seja, já haviam sido degradadas. As embalagens dos vasos 1 e 2 da figura 36 já tinham sido retiradas, porém as mudas foram retornadas aos vasos adequadamente para que continuassem crescendo.

Figura 36: Após 45 dias de crescimento das mudas de couve. 1) 15 dias, 2) 30 dias, 3) 45 dias e 4) 55 dias.

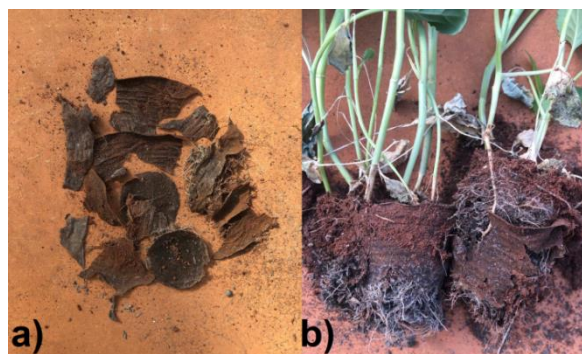


Figura 37: Partes dos protótipos da F5 após 45 dias.



Na figura 37 (a) é possível observar tudo o que foi encontrado das duas embalagens que foram plantadas no vaso 3 da formulação F5. A figura 37 (b) é uma representação de como estava a muda quando foi retirada do vaso.

Figura 38: Partes dos protótipos da F6 encontradas após 45 dias.



Na figura 38 (a) observa-se tudo o que foi encontrado das duas embalagens plantadas no vaso 3 com a F6. A figura 38 (b) representa a muda da F6 quando foi removida do vaso.

As embalagens do último vaso (55 dias) tiveram que ser retiradas antes do tempo estabelecido, pois o vaso não estava comportando mais o tamanho das mudas, mas apenas com os dados obtidos até os 45 dias que foram analisados já é possível avaliar que a melhor formulação para esse tipo de cultura seria os protótipos com a formulação 4, pois apresentaram um grau de degradação mais elevado e proporcionaram a planta uma maior estabilidade e desempenho, visto que nessa formulação as mudas conseguiram absorver uma quantidade maior de nutrientes.

A adição do ácido fosfórico não apresentou os resultados esperados de maior degradação, podendo relacionar esse evento com as quantidades que foram incorporadas e o tipo de ácido escolhido.

5. CONCLUSÃO

Após os testes realizados com as diferentes formulações apresentadas no seguinte trabalho, variando os aditivos incorporados nas embalagens, comprovou-se que a utilização do emulsificante é capaz de promover a viscosidade almejada, a fim de facilitar na etapa de moldagem dos protótipos, tornando possível a sua produção em maior escala.

Com os dados obtidos das caracterizações por MEV, ATR e DSC das 6 formulações, é possível concluir que as formulações apresentaram resultados semelhantes, com algumas variações já esperadas.

O teste de degradação em solo foi muito importante para avaliar os protótipos e suas formulações. Porém, observou-se que a melhor formulação para o tipo de cultura escolhido nesse trabalho, sementes de couve crespa com período de germinação de 5 a 10 dias, seria a com adição de 2,3% de emulsificante ao resíduo de maçã (F4), proporcionando um grau de degradação maior e um bom crescimento para a planta escolhida.

O ácido fosfórico, nas concentrações de 0,5% e 1%, realmente não foi a escolha mais adequada para promover um grau de degradação maior aos protótipos (tubetes), sendo possível realizar novas pesquisas e testes mais aprofundados para futuramente realizar a escolha de outro aditivo mais eficiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FERTONANI, H. C. R.; Influencia da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã, *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 27, n. 4, p. 599-612, 2006.
2. SOARES, M.; Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Universidade de São Paulo, v.28, n.3, p.727-732, 2008.
3. Disponível em: <<https://pt.depositphotos.com/13627371/stock-photo-apple-pomace.html>>.
4. BARUD, H. S.; Novos materiais multifuncionais baseados em celulose bacteriana, Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2010.
5. SOUZA, D. T.; Celulose: pontos de vista, Documentos Embrapa Agroenergia, Brasília, ISSN 2177- 4439, 2015
6. CRIVELLARI, A. C.; Caracterização estrutural das hemiceluloses de paredes de cana-de-açúcar, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
7. VEIRA, R.G.P.; Síntese e caracterização da metilcelulose a partir da metilação heterogênea do bagaço de cana-de-açúcar; Dissertação de mestrado; Universidade Federal de Uberlândia, 2004.
8. CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, v. 22, p. 149-157, 2012.

9. FERRAZ, M. V.; Produção de mudas de petúnia comum em tubetes biodegradáveis em substituição aos sacos plásticos, *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 9(1): 74-83, Universidade Estadual Paulista, 2015.
10. WILCKEN, C.F.; Guia prático de manejo de plantações de eucalipto, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
11. Disponível em: <<http://www.viveiroflorabrasil.com.br/site/produtos-2/>>
12. VALDERRAMA, M.; Fontes e doses em NPK em milho irrigado sob plantio direto, *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.
13. YAMASHITA, Yoichiro. Biodegradation behavior of acid-containing cellulose acetate filme in soil. *Journal of applied polymer science*, [S.L], v. 98, jan./jul. 2018.
14. S. Rovani; G. Guaresi; M. Giovanela; A. N. Fernandes; Researchgate, Caracterização de bagaço de maçã para aplicação em estudos de adsorção de contaminantes emergentes; Abril, 2012.