

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO**

CÂMPUS AVARÉ

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS

INGRID LORENA PEREIRA XAVIER

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FILMES PLÁSTICOS FORMULADOS A PARTIR
DE BABOSA**

**AVARÉ
2022**

INGRID LORENA PEREIRA XAVIER

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FILMES PLÁSTICOS FORMULADOS A PARTIR
DE BABOSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus* Avaré, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Marcela Pavan Bagagli

AVARÉ
2022

Catálogo na fonte
Instituto Federal de São Paulo – Campus Avaré

Xavier, Ingrid Lorena Pereira
Elaboração e avaliação de filmes plásticos formulados a partir de babosa/ Ingrid Lorena Pereira Xavier. – Avaré, 2022.
39 p.

Orientador: Prof.^a Dra. Marcela Pavan Bagagli

Monografia (Graduação – Engenharia de Biosistemas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Avaré, Avaré, 2022.

1. Bioplástico. 2. Polissacarídeos. 3. Babosa (*Aloe vera*). 4. Embalagens.
Bagagli, Marcela Pavan. II. Título.

INGRID LORENA PEREIRA XAVIER

**ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FILMES PLÁSTICOS FORMULADOS A PARTIR
DE BABOSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - *Campus Avaré*, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

COMISSÃO EXAMINADORA

[Assinatura no documento anexo]

Profa. Dra. Marcela Pavan Bagagli

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Avaré

[Assinatura no documento anexo]

Profa. Dra. Adria de Sousa Bentes

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Capivari

[Assinatura no documento anexo]

Prof. Dr. Rafael Aparecido Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Avaré

Avaré, 21 de fevereiro de 2022.

Dedico essa monografia a minha eterna avó, a minha mãe e a pessoas essenciais que encontrei durante a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha avó, que vive com muito carinho em minha memória e a mãe, pois sempre me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos e por todo apoio que me deram em tudo o que me propus a fazer durante a graduação.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Avaré, pelo apoio e incentivo financeiro ao projeto e ao grupo de pesquisa CiaBio pela oportunidade de pesquisa.

Ao laboratório de Bioprocessos do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da UNESP – Botucatu pelo fornecimento do fungo *A. oryzae*.

Aos amigos e pessoas importantes que conheci durante a graduação, que me fizeram não desistir mesmo quando estava difícil.

Agradeço a Prof^a. Dra. Marcela Pavan Bagagli por todo ensinamento durante o projeto e curso, por ter sido minha orientadora em três iniciações científicas, por ter sido uma grande amiga durante a graduação, servindo de inspiração profissional e pessoal daqui pra frente.

“Irmão, você não percebeu que você é o único representante do seu sonho na face da terra? Se isso não fizer você correr, chapa, eu não sei o que vai.”

(EMICIDA, 2014)

RESUMO

Os bioplásticos têm despertado a atenção da sociedade em busca de substitutos para os plásticos oriundos de derivados do petróleo, por apresentarem maior biodegradabilidade, contribuindo para o desenvolvimento da bioeconomia. Os polissacarídeos encontram espaço no desenvolvimento desses biomateriais, uma vez que apresentam alta capacidade de formarem géis e serem plastificados. A babosa (*Aloe vera*) possui um gel interno às folhas que é composto por cerca de 55% de polissacarídeos, sendo uma opção para elaboração de biomateriais, podendo ser empregados em alimentos, reduzindo o impacto ambiental de suas embalagens ou mesmo prolongando a vida de prateleira de produtos *in natura*. Este estudo teve como objetivo elaborar filmes plásticos a partir das folhas de babosa com o auxílio de ácido cítrico e glicerol, avaliando algumas das propriedades da matéria prima e dos filmes obtidos, entre elas a capacidade de inibir o crescimento de fungos deteriorantes de alimentos, permeabilidade ao vapor d'água, espessura e solubilidade em água. Os resultados indicaram que os filmes obtidos apresentaram espessura média de $0,016 \pm 0,004$ mm, os filmes compostos por FG (fração do gel), com e sem o FTC (fibra tratada da casca), com 40% de glicerol apresentaram as maiores permeabilidades ao vapor d'água (em média $3,62 \cdot 10^{-11}$ g/s.m.Pa) a solubilidade média dos filmes em água a 25°C foi de $95,5 \pm 2,9\%$. A grande interação com água apresentada pelos filmes pode ser atribuída devido ao teor de açúcares redutores ter sido elevado no FG (fração do gel), dessa forma o material obtido não possui potencial para aplicação como filme plástico devido a solubilidade elevada.

PALAVRAS-CHAVE: bioplástico, polissacarídeos, babosa (*Aloe vera*), embalagens.

ABSTRACT

Bioplastics have attracted the attention of society in search of substitutes for plastics derived from petroleum, as they are more biodegradable, contributing to the development of the bioeconomy. Polysaccharides find space in the development of these biomaterials, since they have a high capacity to form gels and be plasticized. Aloe vera (*Aloe vera*) has a gel inside the leaves that is composed of about 55% polysaccharides, being an option for the elaboration of biomaterials, which can be used in food, reducing the environmental impact of their packaging or even prolonging the life of shelf of in natura products. This study aimed to develop plastic films from aloe leaves with the aid of citric acid and glycerol, evaluating some of the properties of the raw material and the films obtained, including the ability to inhibit the growth of food spoilage fungi, permeability to water vapour, thickness and water solubility. The results indicated that the films obtained had an average thickness of 0.016 ± 0.004 mm, the films composed of FG (fraction of the gel), with and without FTC (treated fiber of the bark), with 40% of glycerol had the highest vapor permeabilities water (on average $3.62 \cdot 10^{-11}$ g/s.m.Pa) the average solubility of the films in water at 25°C was $95.5 \pm 2.9\%$. The great interaction with water presented by the films can be attributed to the high content of reducing sugars in the FG (gel fraction), so the material obtained has no potential for application as a plastic film due to its high solubility.

KEY-WORDS: bioplastic, polysaccharides, *Aloe vera*, packaging.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Estrutura da acemanana e dos frutanos presentes no gel de *Aloe vera* e na parte verde da folha, respectivamente.....21
- Figura 2** - Secção transversal da folha de *Aloe vera*. (A) epiderme (casca externa); (B) polpa foliar externa; (C) polpa foliar interna.....22
- Figura 3** – Broto retirado da Babosa para cultivo no Campus.....23
- Figura 4** – (a) brotos com canela passada nos cortes antes do plantio. (b) plantio da babosa no campus.....24
- Figura 5** – Rendimento das frações de biomateriais em relação à massa inicial de folhas de babosa (*Aloe vera*) e teor de nitrogênio total (% base seca) e cinzas (% base seca) de cada fração.....29
- Figura 6** – Filmes obtidos nos ensaios 2.....30
- Figura 7** – Permeabilidade dos filmes ao vapor d'água (g/s.m.Pa). As letras indicam o resultado dos testes de comparação de médias (Tukey), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).....30
- Figura 8** – Solubilidade dos filmes (%). As letras indicam o resultado dos testes de comparação de médias (Tukey), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).....31
- Figura 9** – Ensaio de atividade antifúngica utilizando o *A. oryzae* INCQS 40068.....32
- Figura 10** – Filme plástico obtido com FG plastificado com 5% de glicerol e 5% de PVA.....33
- Figura 11** – Atividade antifúngica para os filmes T1 e T2 utilizando o *A. oryzae* INCQS 40068.....33

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Ensaio para obtenção de filmes de biopolímero de babosa.....26

Tabela 2 – Teor de cinzas (g/100g) e proteínas (g/100g) em base seca das frações FG e FT e teores de AR (g/100g) e ART(g/100g) para o FG.....29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FG - fração do gel

FTC - fibra da casca tratada

casting - técnica utilizada para produção de filmes

masterbatch - composto plástico de um ou mais aditivos

ppm - partes por milhão

mm - milímetros

min - minutos

°C - graus Celsius

(m:v) - massa:volume

(m:m) - massa:massa

(m/m) - massa/massa

(m/v) - massa/volume

pH - potencial hidrogeniônico

g - gramas

DNS - metodologia de análise de açúcares redutores

mL - mililitros

NaOH - hidróxido de sódio

μL - microlitros

mg - miligramas

M - molar

HCl - ácido clorídrico

nm - nanômetros

h - horas

PVA - álcool polivinílico

rpm - rotações por minuto

CaCl_2 - cloreto de cálcio

K_2SO_4 - sulfato de potássio

(PVA, $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$) - unidade de permeabilidade ao vapor de água

A. oryzae - *Aspergillus oryzae* INCQS 40068

PDA - Potato Dextrose Agar (Ágar Batata Dextrose)

T1 - teste com 10% de glicerol

T2 - teste com 5% de glicerol e 5 % de PVA

Unesp - Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO	16
1.2. OBJETIVOS	17
1.2.1. Objetivo geral	17
1.2.1. Objetivos específicos	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1. Plásticos	17
2.2. Biopolímeros, Bioplásticos e Plásticos Biodegradáveis	19
2.2.1. Polissacarídeos	20
2.3. Babosa (Aloe vera)	21
3. METODOLOGIA	23
3.1. Cultivo da babosa (Aloe vera)	23
3.2. Reagentes e matérias-primas	24
3.3. Extração do gel das folhas de babosa (Aloe vera)	24
3.4. Tratamento das fibras do colênquima em meio alcalino	25
3.5. Cálculo do rendimento das frações	25
3.6. Caracterização da matéria prima	25
3.7. Elaboração dos filmes plásticos	26
3.8. Caracterização dos bioplásticos	27
3.8.1. Solubilidade em água	27
3.8.2. Permeação ao vapor d'água	27
3.8.3. Espessura	28
3.8.4. Atividade antifúngica	28
3.9. Análises estatísticas	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	35
ANEXO	39

1. INTRODUÇÃO

Os biopolímeros são obtidos a partir de fontes renováveis e são de interesse mercadológico devido ao grande impacto ambiental causado por polímeros obtidos de fontes de combustíveis fósseis que, em geral, apresentam baixa biodegradabilidade. Biopolímeros plásticos podem ser formados por polissacarídeos com propriedades físicas interessantes, como a formação de géis (BRITO *et al.*, 2011).

Os polissacarídeos são polímeros que tem como unidade básica moléculas de açúcares unidos por ligações glicosídicas. São produzidos por plantas, animais e microorganismos e encontram vasta aplicação na indústria química, alimentícia, farmacêutica e de cosméticos. Já há algum tempo em que apresentam destaque nas pesquisas que buscam elaborar materiais plásticos biodegradáveis a partir de matérias-primas renováveis (SHIMAZU *et al.*, 2007; CHAITANYA & SINGH, 2016; HARSOJUWONO *et al.*, 2019).

As plantas mucilaginosas, como a babosa e os cactos, apresentam alta concentração de polissacarídeos, diferentes do amido e da celulose, em um gel interno às folhas. São plantas que apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) que podem se desenvolver em ambientes áridos e semiáridos (QUEZADA *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2012).

A *Aloe barbadensis* Miller é popularmente conhecida como babosa ou *Aloe vera*, pertence à família *Aloaceae*, composta por cerca de 15 gêneros e 800 espécies (FREITAS *et al.*, 2014). Internamente, as folhas apresentam um gel de aparência incolor composto, em base seca, por 55% de polissacarídeos, 17% de outros açúcares, 16% de minerais, 7% de proteínas, 4% de lipídeos e 1% de compostos fenólicos (LUTA; McANALLEY, 2005).

Os compostos das folhas da babosa têm sido utilizados na produção e melhoria das propriedades de biomateriais que podem ser aplicados na elaboração de plásticos biodegradáveis ou mesmo na engenharia de tecidos humanos (APRIYANI & SEDYADI, 2015; LÓPEZ-MATA *et al.*, 2016; CHAITANYA & SINGH, 2016; RAHMAN *et al.*, 2017). Glucomananas são polioses, polímeros formados por unidades de manose e glucose, podem ser encontradas na madeira. Esta mistura complexa de polissacarídeos tem sido utilizada na produção de bioplásticos a base de amido, sendo que sua adição, em

quantidades moderadas, pode melhorar as propriedades mecânicas dos filmes (HARSOJUWONO *et al.*, 2019).

Filmes de recobrimento foram elaborados e caracterizados por Razali *et al.* (2017) utilizando *Aloe vera* e óleo de canela com a finalidade de ser aplicado no aumento da vida de prateleira de frutas e vegetais. Os pesquisadores observaram que o aumento na concentração de *Aloe vera* melhorou as propriedades mecânicas do filme e eles atingiram parâmetros de qualidade de superfície, coloração e transparência adequadas para a aplicação. Mani *et al.* (2017) observaram que, comparado com coberturas de amido, as coberturas formuladas com *Aloe vera* reduziram a perda de ácido ascórbico e a perda de peso e enrugamento de jujubas (*Z. mauritiana Lam.*).

Dentre as propriedades importantes dos plásticos convencionais destacam-se a grande resistência à tração, elasticidade e insolubilidade do material. As poliolefinas (polietileno, polipropileno, etc) são formadas por cadeias entrelaçadas de hidrocarbonetos simples, conferindo insolubilidade e impermeabilidade em água, dessa forma, os polímeros formados por hidrocarbonetos possuem resistência a substâncias químicas e biológicas, conferindo maior durabilidade. No caso dos bioplásticos a elevada permeabilidade e solubilidade tem sido um desafio para a indústria; frequentemente filmes de amido são blendados com polímeros de alta performance para atingir as propriedades mecânicas exigidas em aplicações (BASTOS, 2007).

Grande parte dos biopolímeros são biocompatíveis e biodegradáveis, ou seja, não produzem efeito tóxico e se decompõem rapidamente, alguns ainda podem conferir propriedades antimicrobianas e antioxidantes, conferindo aplicações interessantes para a indústria de alimentos. A acemanana está presente no gel do *Aloe vera*, este polissacarídeo é capaz de inibir o crescimento microbiano (BASTOS, 2007; KOGA, 2017).

1.1. PROBLEMATIZAÇÃO

Atualmente há um grande destaque para a elaboração de materiais plásticos biodegradáveis a partir de matérias-primas renováveis. A babosa é uma planta mucilaginosa, apresenta grande concentração de polissacarídeos no gel interno à suas folhas, podendo se reproduzir facilmente em ambientes áridos e semiáridos. Por conta de suas características, os compostos das folhas de babosa têm sido aplicados na

elaboração de biomateriais, sendo uma opção para recobrimento comestível de alimentos. Dessa forma, o trabalho visou a elaboração de filmes plásticos formulados a partir de folhas de babosa, avaliando as características das amostras obtidas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo deste projeto foi formular bioplásticos a partir das folhas da babosa (*Aloe barbadensis*; *Aloe vera*) e caracterizar em relação a propriedades físico-químicas, físicas e antimicrobianas, contribuindo para área de tecnologias para o desenvolvimento sustentável - bioeconomia, conforme definição do MCTIC (Portarias nº 1.122, de 19.03.2020 e nº 1.329 de 27.03 de 2020).

1.2.2. Objetivos específicos

Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram almejados:

- Extrair das frações solúveis e insolúveis do gel das folhas de babosa (gel de babosa ou fração mucilagínosa);
- Extrair e tratar as fibras do colênquima em meio alcalino;
- Realizar a caracterização físico-química da matéria prima para obtenção dos filmes (umidade, cinzas, nitrogênio total, açúcares redutores);
- Preparar filmes plásticos a partir das frações extraídas das folhas de babosa utilizando glicerol e ácido cítrico como plastificante;
- Realizar a caracterização física dos filmes (solubilidade, permeabilidade, espessura);
- Determinar a atividade antifúngica dos filmes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Plásticos

Polímeros são macromoléculas com alto peso molecular formadas por unidades de monômeros unidos por meio de ligação covalente. O termo deriva do grego “*polis*” (muitas), e “*meros*” (partes). Podem ser naturais ou sintéticos, compondo diversas

propriedades e utilizações, sendo a polimerização a reação responsável pela sua formação (BASTOS, 2007).

Os polímeros plásticos que sofrem deformação pela ação da temperatura ou solventes são chamados de termoplásticos, mas existem os que se tornam insolúveis e infusíveis ao sofrer algum tipo de tratamento térmico, estes são chamados de termorrígidos. Os materiais termoplásticos compõem a maioria dos plásticos utilizados como embalagens em alimentos. O comportamento mecânico pode ser classificado como de fibras, elastômeros ou plástico. As fibras possuem grande resistência à tensão e baixa resistência à compressão. Os elastômeros possuem elasticidade, conferindo flexibilidade ao material. Os plásticos são maleáveis, sendo moldados pela ação do calor e pressão (FORLIN; FARIA, 2002; CANEVAROLO; SEBASTIÃO, 2013).

O primeiro polímero sintético foi a baquelite, surgiu em meados do século XX e era formado através de uma resina fenólica (fenol + formaldeído). Atualmente a maioria dos processos poliméricos estão bem desenvolvidos, dificultando as perspectivas de inovação, porém a literatura indica que no passado houve uma grande utilização de produtos à base de plantas, tendo como exemplo o desenvolvimento da carroceria de um automóvel da empresa Ford que levava sementes de soja na composição, o projeto foi interrompido com a chegada da Segunda Guerra Mundial (BASTOS, 2007).

Atualmente os polímeros sintéticos são os produtos mais utilizados no mundo, sendo estimado que o consumo seja em torno de 200 milhões de toneladas por ano, porém cerca de 20% de seu volume total descartado no meio ambiente. Devido ao esgotamento e a preocupação ambiental gerada no uso de derivados do petróleo há um grande interesse mercadológico por fontes renováveis de matérias-primas alternativas à petroquímica para elaboração de polímeros de interesse. Com isso, há o aumento no estímulo governamental para a busca de novas tecnologias no âmbito acadêmico e industrial, tendo como base a biotecnologia (SANTOS *et al*, 2004; BASTOS, 2007).

Para além do interesse do mercado, os consumidores têm se preocupado com a origem dos produtos que utilizam, buscando um padrão de consumo verde, visando sustentabilidade, qualidade e custo. O conceito de sustentabilidade da comissão mundial do meio-ambiente e desenvolvimento (World Commission on Environment and Development - WCED) diz que um desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de

atenderem as suas necessidades, dessa forma, os biopolímeros se enquadram como produtos sustentáveis (BRITO *et al.*, 2011).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram adotados durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável em 2015, sendo compostos por 17 objetivos a serem atingidos até 2030. O 12º Objetivo de desenvolvimento Sustentável (ODS) trata-se do consumo e produção responsável, dessa forma, surge a necessidade de assegurar padrões sustentáveis para o descarte pós-consumo de embalagens, pois é uma grande preocupação no setor de alimentos, assim surge a demanda por regulamentação, pesquisa e conscientização sobre o uso do plásticos, no que se refere aos aspectos de reciclagem e economia circular, pautando ações específicas nos setores governamentais e industriais (SANTOS *et al.*, 2004).

2.2. Biopolímeros, Bioplásticos e Plásticos Biodegradáveis

Os polímeros verdes, por definição, são produtos que eram sintetizados a partir de matéria-prima não renovável e passaram a ser sintetizados a partir de fontes renováveis, mantendo as características do produto convencional. Estes polímeros não são biodegradáveis, porém são classificados como biopolímeros por serem obtidos a partir de fontes renováveis. O primeiro polímero verde foi o polietileno (PE verde), produzido no Brasil pela empresa Braskem a partir do etanol da cana-de-açúcar (BRITO *et al.*, 2011).

Os biopolímeros são obtidos a partir de plantas, animais ou microrganismos, possuem diferentes composições de monômeros, estruturas moleculares e propriedades físicas. São um exemplo de biopolímero os polissacarídeos, proteínas, e ácidos nucleicos (DNA e RNA), tendo como monômeros açúcares, aminoácidos e ácidos nucléicos, respectivamente (BASTOS, 2007).

No segmento de alimentos a principal aplicação dos bioplásticos é a produção de embalagens. Os primeiros produtos utilizando bioplásticos consistiam na mistura de resinas com pequenas quantidades de amido, porém estas se desintegram ao entrar em contato com a água. Atualmente, com o advento biotecnológico, os bioplásticos podem ser produzidos a partir de amido com modificações químicas e através do cultivo de microrganismos em reatores biológicos, mas ainda não possuem propriedades físicas iguais aos plásticos convencionais (BASTOS, 2007).

Na indústria têxtil, o desenvolvimento de novos produtos biodegradáveis e sustentáveis é uma preocupação, avaliando a substituição de alguns componentes por compostos com menor toxicidade, dessa forma CRUZ (2020) avaliou a produção de couro sintético compostos de plastificante biodegradável e *masterbatch* de amido e água, apresentando resultados dentro das especificações.

As inovações tecnológicas para obtenção de materiais plásticos tendem a aumentar cada vez mais, complementando as tecnologias petroquímicas utilizadas atualmente, favorecendo o crescimento econômico. Grandes empresas já investiram no desenvolvimento de polímeros verdes e biopolímeros como, por exemplo, a parceria Cargill-Dow que resultou na NatureWorks, uma companhia que trabalha com bioplásticos derivados inteiramente de recursos vegetais (BASTOS, 2007).

2.2.1. Polissacarídeos

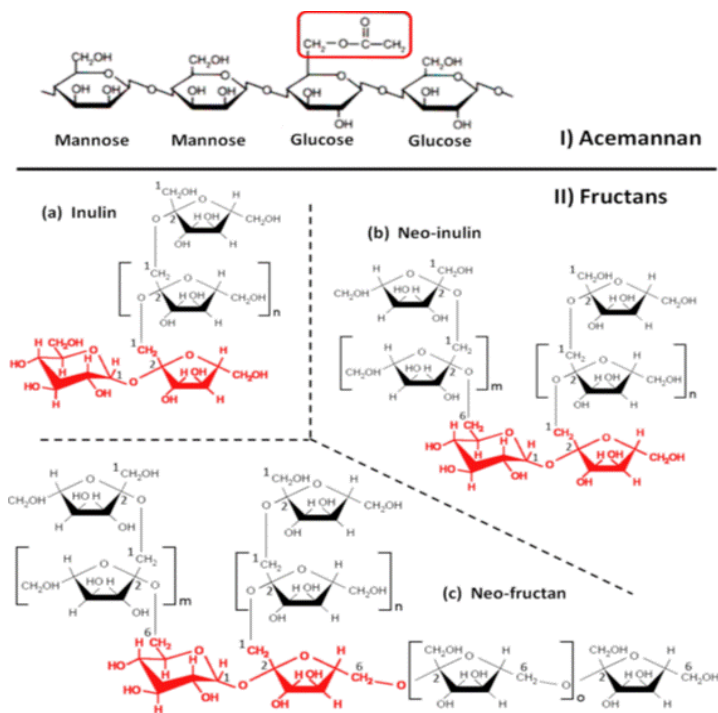
Polissacarídeos são polímeros naturais que tem como unidade básica moléculas de açúcares (monossacarídeos) unidos através das ligações glicosídicas. São obtidos a partir de plantas, animais ou via fermentação microbiana (SANTOS, 2017; DA CUNHA *et al.*, 2009).

Os polissacarídeos, dependendo de sua estrutura, podem apresentar diversas propriedades físicas interessantes para as indústrias de alimentos, farmacêutica, têxtil, entre outras, sendo a capacidade de formarem géis uma das principais características. Os géis podem ser modificados e utilizados para a elaboração de plásticos biodegradáveis e de fontes renováveis, entretanto, ainda com limitação na utilização devido à alta permeabilidade ao vapor d'água que apresentam (TONELI, 2005). O amido tem desempenhado papel importante na elaboração de bioplásticos devido ao seu baixo custo. Entretanto, há uma limitação na utilização desses biomateriais devido a propriedades físicas inferiores que apresentam (SILVA *et al.*, 2019).

Os polímeros naturais extraídos de plantas mucilaginosas, como a babosa, são constituídos basicamente de polissacarídeos. Entre os polissacarídeos presentes no gel da *Aloe vera* está a acemanana, um polissacarídeo solúvel em água, constituído por unidades de glicose e manose acetiladas unidas por ligações β -(1,4)-glicosídicas, esta manana acetilada possui funções biológicas, tais como a inibição do crescimento microbiano (KOGA, 2017; SANTOS, 2017), cuja estrutura está apresentada na figura 1. O tecido verde das folhas da *Aloe vera* apresenta quantidades relevantes de

frutanos, polímeros de frutose, além de amido e celulose (SILVA *et al.*, 2012; QUEZADA *et al.*, 2017).

Figura 1 - Estrutura da acemanana e dos frutanos presentes no gel de *Aloe vera* e na parte verde da folha, respectivamente.



Fonte: QUEZADA *et al.* (2017).

2.3. Babosa (*Aloe vera*)

A história da *Aloe vera* permeia por diversas culturas. Seu nome origina-se do árabe *alloe*, que significa substância amarga e brilhante, a planta tem origem na região noroeste africano, com ocorrência em regiões tropicais e subtropicais. Há registros da utilização da planta por povos do Mediterrâneo e, atualmente, o plantio é feito em grande escala em países como México, EUA e China (FREITAS *et al.*, 2014; SANTOS, 2019).

De acordo com a literatura, esta espécie possui diversos compostos biologicamente ativos que atribuem a ela propriedades anti-oxidantes, anti-inflamatórias, anti-carcinogênicas, dentre outras, sendo que as mananas acetiladas apresentaram ação antifúngica. No Brasil é muito utilizada para o tratamento de feridas, cosméticos e no tratamento de dores reumáticas (DEBIASI *et al.*, 2007; FREITAS *et al.*, 2014; SANTOS, 2019).

A planta pertence à família *Aloaceae*, que possui cerca de 15 gêneros e 800 espécies. É uma planta herbácea, demora de quatro a cinco anos para atingir sua maturidade, possui folhas verdes e grossas, podendo medir até 60 cm de comprimento, se adapta aos mais diversos tipos de solo, não precisando de muita água (FREITAS *et al.*, 2014).

A figura 2 apresenta um corte em secção transversal da folha de babosa. A casca externa, ou epiderme, contém a maior concentração de cloroplastos. A polpa externa contém os feixes vasculares e a polpa interna é composta por células do parênquima, onde há grande armazenamento de água na forma de um gel de polissacarídeos (AKEBERI *et al.*, 2016).

Figura 2 - Secção transversal da folha de *Aloe vera*. (A) epiderme (casca externa); (B) polpa foliar externa; (C) polpa foliar interna.



Fonte: AKEBERI *et al.*, 2016.

A mucilagem da babosa é também conhecida como “gel de babosa”, é incolor, possui uma viscosidade alta e é constituída por vitaminas, aminoácidos, polissacarídeos, enzimas, ácidos graxos, ligninas, saponinas, complexos antraquinônicos, alantoína e sais minerais. A composição do gel pode ser alterada devido a alterações no cultivo. A literatura indica que a quantidade de polissacarídeos é menor em plantas bem irrigadas, além de que o gel oxida rapidamente em contato com o ar, devido a presença de polifenoloxidase na estrutura, esta enzima está associada ao escurecimento enzimático, dessa forma é indicado que o processamento seja feito logo após colheita (FREITAS *et al.*, 2014; SANTOS, 2017).

Os estudos de plantas mucilaginosas como biomateriais têm sido cada vez mais promissores devido à versatilidade destas plantas, tendo utilização nos mais variados segmentos da indústria farmacêutica, alimentícia, no tratamento de água, entre outras

(DEBIASI *et al.*, 2007; SANTOS, 2017). López-Mata *et al.* (2016) observaram que a adição do gel de *Aloe vera* a filmes elaborados a partir de clara de ovo resultou na melhoria da extensibilidade, plasticidade além de apresentar propriedades antibacterianas superiores à do filme elaborado apenas com a proteína do ovo.

Silva *et al.* (2021) desenvolveram um protótipo de canudo biodegradável formulado com 10% de amido, 5% de glicerol e 10% de gel de *Aloe vera*. O bioplástico apresentou aspecto homogêneo, ausência de bolhas e boa maleabilidade, as características mecânicas foram satisfatórias, sugerindo que o protótipo serviria de alternativa à utilização de canudos convencionais.

Criollo *et al.* (2019) elaboraram películas biodegradáveis formuladas com amido de banana através da técnica de *casting*, utilizaram gel de *Aloe vera* como agente antifúngico na concentração de 5%, aumentando a conservação do filme.

3. METODOLOGIA

3.1. Cultivo da babosa (*Aloe vera*)

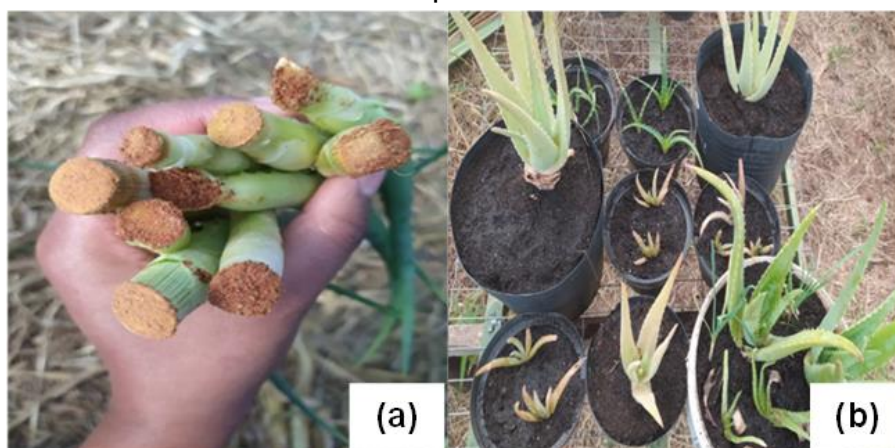
A propagação da babosa foi feita no Instituto Federal de São Paulo – Câmpus Avaré através de mudas produzidas a partir de brotos da planta, sendo cultivada em ambiente seco e clima quente, pois a planta não tolera solos encharcados. O plantio foi realizado por seis meses em vasos próprios para as mudas maiores e menores, as quais foram dispostas em um espaçamento de 15cm entre as plantas, sendo realizado sem controle de pragas e doenças, com substrato rico em matéria orgânica e sem a aplicação de agrotóxicos (EMBRAPA, 2006).

Figura 3 – Broto retirado da Babosa para cultivo no Campus.



SOUZA *et al.* (2007) avaliaram as propriedades do alho como antifúngico em culturas de milho (*Zea mays L.*) e observaram que o extrato de alho reduziu o crescimento micelial de fungos, aumentou a germinação de sementes e o controle de doenças na planta, dessa forma, o alho foi plantado junto a cultura de babosa. De acordo com a Embrapa (2006) a capina é o principal cuidado para se tomar com a cultura, porém é indicado que o solo seja coberto com palha, para proteger a superfície do solo contra a perda de nutrientes e reduzir o crescimento de plantas invasoras. Foi aplicado canela nos brotos da planta para que pudessem cicatrizar mais rápido, antes da realização do plantio.

Figura 4 – (a) brotos com canela passada nos cortes antes do plantio. (b) plantio da babosa no Câmpus Avaré do IFSP.



3.2. Reagentes e matérias-primas

As folhas de babosa foram cultivadas e colhidas imediatamente antes do uso. O glicerol e o ácido cítrico aplicados foram de padrão analítico (P.A.).

3.3. Extração do gel das folhas de babosa (*Aloe vera*)

As folhas de babosa foram lavadas e imersas em solução 200 ppm de hipoclorito de sódio por 10 minutos para higienização. Em seguida, descascadas, separando o gel (parênquima) e o colênquima (casca). As duas frações, separadamente, foram congeladas, liofilizadas e trituradas, sendo mantido a -18°C até o momento do uso.

A fração proveniente do gel foi denominada de FG e teve apenas seu tamanho padronizado com uma peneira analítica com abertura de 1,2mm, após a liofilização,

sendo utilizada a fração que passou pela peneira. Após isso foi armazenada a -18°C até o momento do uso.

3.4. Tratamento das fibras do colênquima em meio alcalino

As fibras da casca liofilizadas e trituradas foram tratadas com solução 5% (m:v) de NaOH por 5 horas, sendo utilizada a proporção de fibra para solução de NaOH de 1:15 (m:m) (CHAITANYA & SINGH, 2016). Em seguida, foram separadas por filtro prensa e lavadas com água destilada até que o pH estivesse em 7,0. Após a neutralização, foram secas em estufa a 100°C por 8 horas. Esta fração foi denominada de fibra tratada da casca (FTC), sendo mantida a -18°C até o momento de uso. O tratamento alcalino remove parcialmente a lignina e a hemicelulose, causando inchaço nas fibras vegetais.

3.5. Cálculo do rendimento das frações

Foi realizado um balanço de massa para verificação do rendimento de cada fração coletada.

3.6. Caracterização da matéria prima

Para a caracterização da matéria-prima realizou-se as análises de umidade, cinzas, nitrogênio total e açúcares redutores. Para a análise de umidade foi pesado aproximadamente 1 g de amostra, a qual foi mantida a 105°C na estufa até que a massa ficasse constante. Após a obtenção dos resultados foi retirado aproximadamente 0,25 g de amostra para a determinação de proteínas pelo método de Kjeldahl e o restante da amostra foi utilizada para determinar as cinzas. Para a análise de cinzas, carbonizou-se a amostra e colocou-se na mufla a 550°C até que fosse completamente incinerada. Essas análises tiveram como referência as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985).

A análise de açúcares redutores foi realizada pelo método de DNS descrito por Miller (1959) com adaptações. Preparou-se uma solução aquosa de 500 mg de FG em um balão de 25 mL, a partir dessa solução realizou-se a análise de açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART) após hidrólise ácida.

Para a análise de AR uma alíquota de 190 μl de amostra e 190 μl de solução DNS foi disposta em um tubo de ensaio, sendo este incubado em um banho em

ebulição por 5 min. Em seguida, o tubo foi resfriado em banho de gelo e adicionou-se 1,2mL de solução de tartarato de sódio para parar a reação.

Para a análise de ART houve a realização de uma hidrólise ácida utilizando 1mL de amostra e 1 mL de HCl 2 M em banho em ebulição por 5 min. O tubo foi resfriado em banho de gelo e acrescentou-se 1mL de NaOH e 2 mL de água destilada, a mistura foi homogeneizada e seguiu-se o mesmo protocolo realizado para a análise de AR. Ambas as análises tiveram a absorbância lida a 540nm e foram expressas em glicose equivalente, utilizando uma curva de calibração de glicose com 5 pontos em triplicata.

3.7. Elaboração dos filmes plásticos

Para elaboração das soluções filmogênicas utilizou-se uma solução 1% de FG, sendo observado em testes prévios que esta concentração permitiria uma boa dispersão dos demais reagentes utilizados e viscosidade adequada para a manipulação da solução. Para os ensaios com FTC, utilizou-se 20% (m/m) em relação à quantidade de FG presente na solução filmogênica.

Tabela 1 - Ensaios para obtenção de filmes de biopolímero de babosa

Ensaio	Sem FTC		Com 20% de FTC	
	Glicerol (mL/100g de FG)	Ácido cítrico (g/100g de FG)	Glicerol (mL/100g de FG)	Ácido cítrico (g/100g de FG)
1	40	1	40	1
2	10	1	10	1
3	40	0,25	40	0,25
4	10	0,25	10	0,25
5	25	0,63	25	0,63

As soluções filmogênicas foram homogeneizadas utilizando um ultra-turrax em velocidade máxima, o que permitiu boa homogeneidade dela. Posteriormente, as soluções foram deixadas por 24h em temperatura ambiente sob agitação a fim de permitir a completa hidratação dos biomateriais. Em seguida, as soluções foram aquecidas a 75°C por 30 minutos. Após resfriadas, alíquotas de aproximadamente 30 g de cada solução filmogênica foi espalhada em placas de Petri acrílicas com diâmetro conhecido e mantidas em estufa a 45°C durante 24 h (GHANBARZADEH *et al.*, 2010). Como controle, utilizou-se uma solução 1% de FG sem a adição de agentes plastificantes. Os filmes foram mantidos a temperatura ambiente durante 48h antes de serem retirados da placa.

O efeito da concentração do glicerol e do ácido cítrico sobre a permeabilidade ao vapor de água e a solubilidade dos filmes, com e sem FTC, foram avaliados pela comparação dos resultados médios para cada formulação, com 95% de confiança.

Após a observação dos resultados, realizou-se dois outros ensaios exploratórios, a fim de avaliar a ação de quantidades elevadas de glicerol na solução filmogênica e o plastificante ácido polivinílico (PVA) sem a aplicação do FTC. Para tanto, utilizou-se uma solução 1% de FG e 0,25% de ácido cítrico, sendo adicionado para ambos os testes, para o T1 o ensaio foi realizado com 10% de glicerol em um ensaio (T1) e para o T2 realizou-se uma mistura de 5% de glicerol e 5% de álcool polivinílico (PVA) no segundo ensaio (T2). Os filmes foram avaliados quanto à permeabilidade ao vapor d'água e solubilidade.

3.8. Caracterização dos bioplásticos

Para a caracterização dos filmes realizou-se as análises de solubilidade em água, permeabilidade ao vapor d'água, espessura, e atividade antifúngica.

3.8.1. Solubilidade em água

Para o cálculo da solubilidade em água, analisou-se de acordo com o método proposto por Ghanbarzadeh *et al.* (2010) com modificações. De forma sucinta, foram homogeneizados 100 mg de filme em 10 mL de água destilada e colocados em estufa a 25°C durante 24 h, após isso, foram centrifugados a 4000 rpm, 20°C por 10 min. O sobrenadante foi descartado e o precipitado foi congelado e posteriormente liofilizado para obter-se a porcentagem de massa seca. A solubilidade foi calculada de acordo com a equação 1.

$$\% \text{Matéria solúvel} = \frac{(\text{massa seca}_{\text{inicial}} - \text{massa seca}_{\text{final}})}{\text{massa seca}_{\text{inicial}}} \times 100 \quad \text{eq. (1)}$$

3.8.2. Permeação ao vapor d'água

A permeabilidade ao vapor d'água foi determinada através do método descrito por Mali *et al.* (2006) com adaptações, utilizando tubos Falcon de 45 mL, pesou-se cerca de 3 g de CaCl₂ nos tubos que, em seguida, foram recobertos pelas amostras de plástico e dispostos em um dessecador com umidade relativa de 97%, mantida a partir de uma solução saturada de K₂SO₄. Os tubos foram pesados a cada 24 h até atingir

massa constante. A permeabilidade ao vapor de água (PVA, $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$) foi calculada de acordo com a equação 2.

$$PVA = \frac{(\text{inclinação da curva } m_{\text{cápsula}} \times \text{tempo})}{\text{área de permeação}} \times \frac{\text{Espessura do filme}}{P_{\text{vapor H}_2\text{O}}(UR_{\text{dissecador}} - UR_{\text{copo}})} \quad \text{eq.(2)}$$

3.8.3. Espessura

A espessura dos filmes foi realizada utilizando um micrômetro manual com resolução de 0,001mm, sendo realizadas 5 medidas de forma aleatória em cada filme e calculada a média e desvio-padrão.

3.8.4. Atividade antifúngica

A atividade antifúngica dos filmes plásticos foi avaliada utilizando fungo filamentosos pertencente ao laboratório de Bioprocessos do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da UNESP – Botucatu. A linhagem *Aspergillus oryzae* INCQS 40068 foi conservada em tubos de ensaio com slants de ágar batata dextrose (PDA) mantidos a 5°C e foram repicados a cada 6 meses. O fungo foi inoculado em placa de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio de cultivo PDA (Potato Dextrose Agar) pela técnica de recobrimento. A placa foi dividida em 4 partes e discos com 0,5 centímetro de cada amostra foram colocados gentilmente sobre o meio de cultivo, de forma que houvesse uma duplicata de cada ensaio. As placas foram incubadas a 30°C por 7 dias, sendo observado o crescimento do fungo todos os dias. Ao término da incubação, foi avaliada a capacidade de inibição para cada filme.

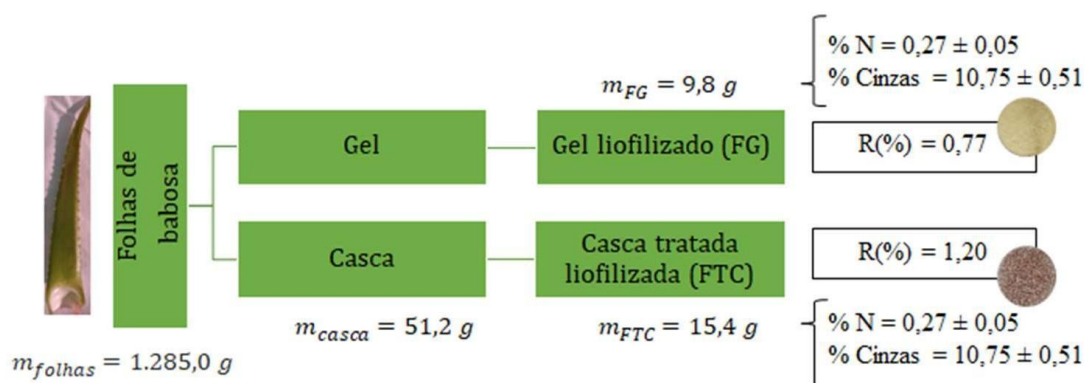
3.9. Análises estatísticas

Os dados foram analisados através da comparação de médias aplicando ANOVA e teste de Tukey, com 95% de confiança, utilizando o software R versão 4.1.0 (<https://www.r-project.org/>).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 5 apresenta o rendimento em massa das frações extraídas das folhas de babosa, FG e FTC. Os filmes apresentaram espessura média de $0,016 \pm 0,004$ mm.

Figura 5 – Rendimento das frações de biomateriais em relação à massa inicial de folhas de babosa (Aloe vera) e teor de nitrogênio total (% base seca) e cinzas (% base seca) de cada fração.



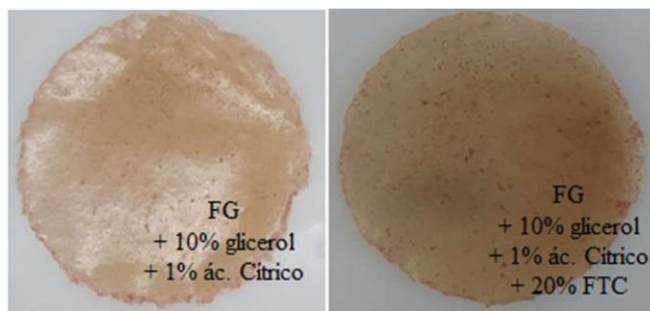
A tabela 2 apresenta a composição média, e desvio-padrão, das matérias-primas em termos de cinzas e proteínas expressos em base seca, bem como a quantidade de açúcares redutores (AR) e açúcares redutores totais (ART) para o FG em base seca.

Tabela 2 – Teor de cinzas (g/100g) e proteínas (g/100g) em base seca das frações FG e FTC e teores de AR (g/100g) e ART(g/100g) para o FG.

Ensaio	média \pm desvio-padrão			
	Cinzas (g/100g)	Proteína (g/100g)	AR (g/100g)	ART (g/100g)
FG	$10,75 \pm 0,42$	$1,71 \pm 0,28$	$46,30 \pm 2,59$	$81,89 \pm 15,92$
FTC	$13,18 \pm 0,09$	$2,18 \pm 0,43$	-	-

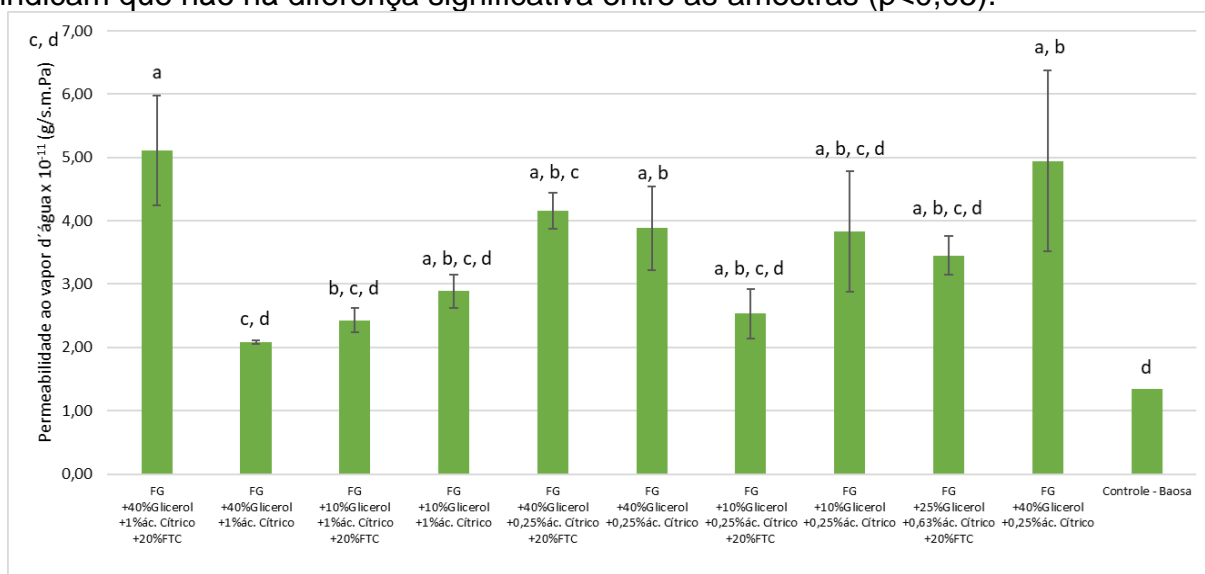
Desta forma observa-se que o teor de açúcares redutores na fração do FG é elevado, o que pode prejudicar as características de solubilidade dos filmes, uma vez que açúcares livres ou com baixa massa molecular vai interferir nas interações entre a fração polimérica e o agente plastificante. Para estudos futuros, o ideal seria aplicar pelo menos uma etapa de purificação do FG, removendo os monossacarídeos e outros açúcares de massa molecular baixa.

A figura 6 ilustra a aparência dos filmes obtidos no ensaio 2. A coloração rosada observada provavelmente se deve ao fato do FG conter polifenoloxidase e não ter sido branqueado antes da elaboração das soluções filmogênicas.

Figura 6 – Filmes obtidos nos ensaios 2.

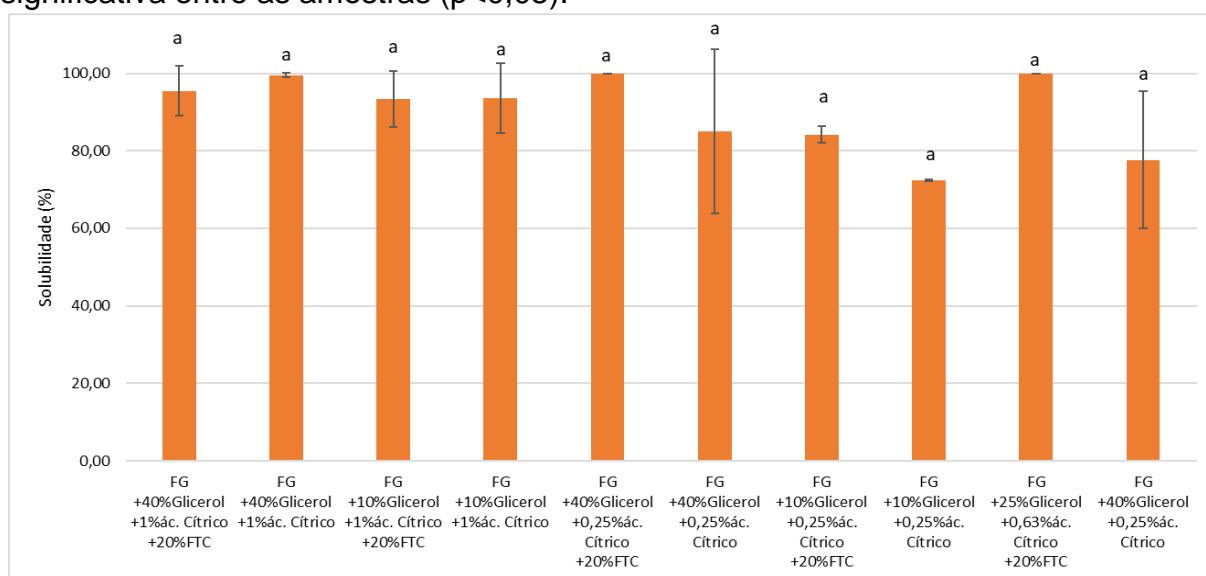
A figura 7 apresenta os resultados da permeabilidade ao vapor d'água dos filmes, bem como o resultado da comparação estatística entre as amostras avaliadas em cada ensaio de caracterização. Observa-se que o filme composto apenas por FG, sem acidulante e sem agente plastificante apresentou a menor permeabilidade ao vapor d'água. Observa-se que a adição de FTC prejudicou o parâmetro, elevando o valor dele. Algo similar pode ser observado para os filmes com adição de 40% de glicerol, exceção para o ensaio 1, o qual ficou estatisticamente igual ao controle.

No geral, os valores encontrados foram elevados, indicando que o filme não apresenta grande barreira ao vapor d'água. Brandelero *et al.* (2016) observaram que filmes de amido e alginato, plastificados com ácido polivinílico apresentaram permeabilidade de 0,5 a $0,4 \cdot 10^{-12}$ g/s.m.Pa, valores bem inferiores aos encontrados para o filme de babosa nestes experimentos.

Figura 7 – Permeabilidade dos filmes ao vapor d'água (g/s.m.Pa). As letras indicam o resultado dos testes de comparação de médias (Tukey), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).

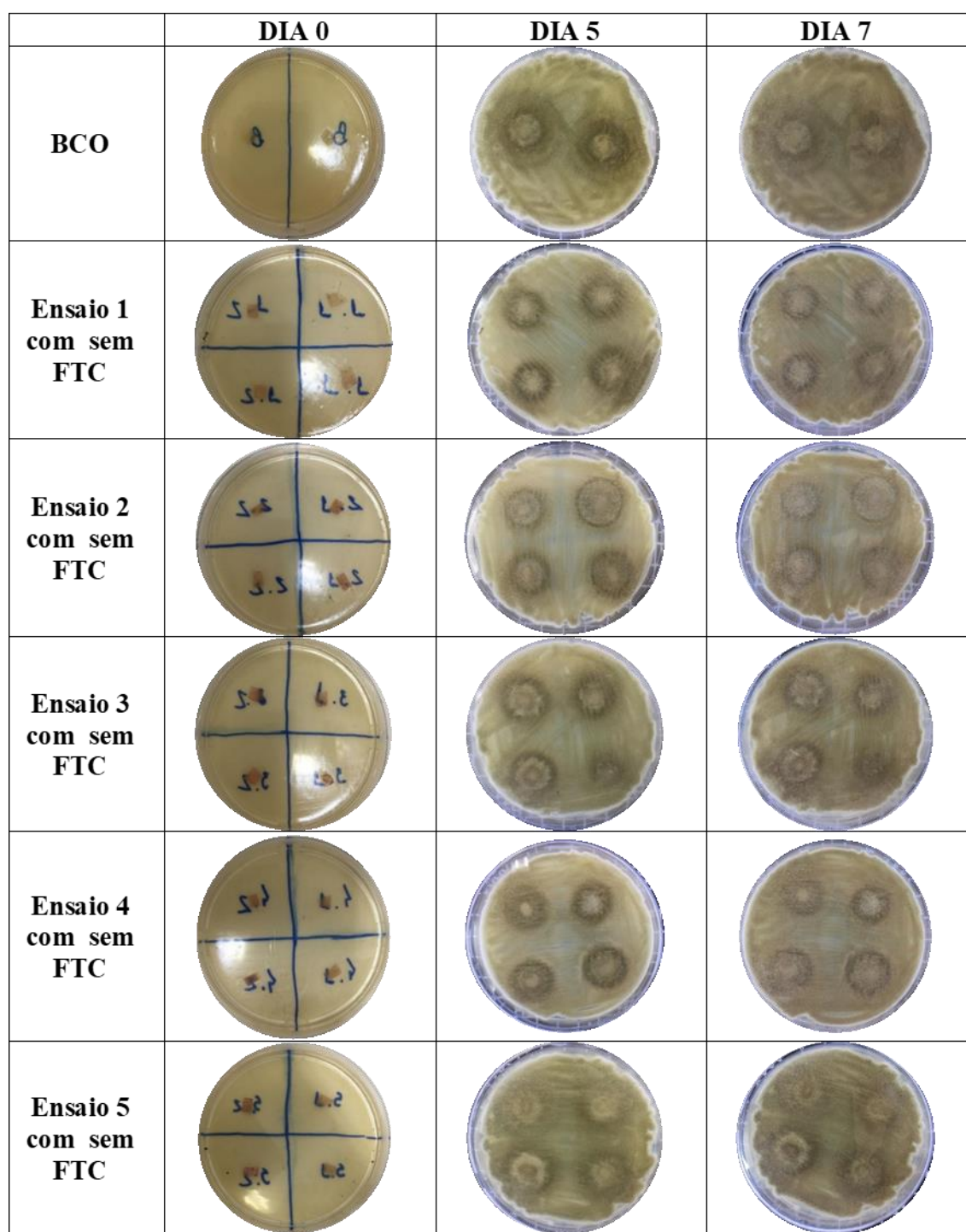
A figura 8 apresenta os resultados da solubilidade dos filmes, a qual foi elevada para todas as amostras. A solubilidade média em água a 25°C foi de $95,5 \pm 2,9\%$. Shimazu *et al.* (2007) compararam a utilização do glicerol e sorbitol como agente plastificante em biofilmes de amido de mandioca e perceberam que ocorre uma maior interação do material com água utilizando o glicerol em comparação ao sorbitol.

Figura 8 – Solubilidade dos filmes (%). As letras indicam o resultado dos testes de comparação de médias (Tukey), sendo que letras iguais indicam que não há diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$).



A figura 9 apresenta os ensaios de atividade antifúngica realizados com o fungo *A. oryzae* para todos os filmes avaliados, apresentando os dias 0, 5 e 7 de incubação. Observou-se que os filmes não tiveram ação antifúngica e que podem ter estimulado a esporulação uma vez que houve crescimento intenso ao redor das amostras de todos os filmes.

Figura 9 – Ensaio de atividade antifúngica utilizando o *A. oryzae* INCQS 40068.



Ao realizar ensaios exploratórios utilizando elevada concentração de Glicerol e PVA, observou-se que o teste com 10% de glicerol (T1) ficou com aspecto pegajoso, já o filme com 5% de glicerol e 5 % de PVA (T2) conferiu uma aparência mais resistente ao filme (figura 11), porém na realização das análises de solubilidade em água e permeação ao vapor d'água o material apresentou grande interação com água. Para a




análise de espessura, houve a impossibilidade de medir o T1 devido ao fato de não ter formado um filme plástico propriamente dito, já para o T2 a espessura média foi de $0,042 \pm 0,006$ mm.

Figura 10 – Filme plástico obtido com FG plastificado com 5% de glicerol e 5% de PVA.



A figura 11 apresenta os ensaios de atividade antifúngica realizados com o fungo *A. oryzae* para os filmes plásticos T1 e T2, apresentando os dias 0, 5 e 7 de incubação. Observou-se que assim como os filmes avaliados anteriormente, não houve ação antifúngica, podendo ter estimulado a esporulação devido ao crescimento ao redor das amostras.

Figura 11 – Atividade antifúngica para os filmes T1 e T2 utilizando o *A. oryzae* INCQS 40068.

	DIA 0	DIA 5	DIA 7
Ensaio T1 e T2			

5. CONCLUSÃO

Foi possível a obtenção de filmes utilizando a fração do colênquima de babosa (*Aloe vera*), com ou sem adição das fibras da casca, utilizando glicerol como plastificante. A permeabilidade dos filmes ao vapor d'água foi elevada, bem como sua

solubilidade, não havendo melhorias em relação ao filme obtido apenas com a babosa. Ensaio utilizando outro plastificante (PVA) foram realizados na continuidade dos estudos, conferindo uma outra aparência para o filme, no entanto, a melhoria de suas propriedades de grande interesse para aplicação dos materiais como plásticos devem ainda ser aprimoradas, sendo sugerida a adição de proteínas ou, outros polissacarídeos como a celulose microbiana além de estudos de otimização do processo de *casting*.

REFERÊNCIAS

AKEBERI, M. *et al.* **Therapeutic effects of *Aloe spp.* In traditional and modern medicine: a review.** Biomedicine & Pharmacotherapy, v.84, p. 759-772, 2016.

APRIYANI, M.; SEDYADI, E. **Synthesis and characterization of biodegradable plastic from casava starch and *Aloe vera* extract with glycerol plasticizer.** J. Sains Dasar, v.4, n.2, p. 145-152, 2015.

BASTOS, V. **Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativos aos petroquímicos.** Revista do BNDES, Rio de Janeiro, V. 14, N. 28, p. 201-234, 2007.

BRITO, G. *et al.* **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.2, 127-139, 2011.

CANEVAROLO, J.; SEBASTIÃO, V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** São Paulo, Artliber Editora, 2013.

CHAITANYA, S.; SINGH, I. **Novel *Aloe vera* film reinforced biodegradable composites - development and characterization.** Journal of reinforced plastics & composites, v. 0, p. 1 - 13, 2016.

CRIOLLO, D *et al.* **Evaluación de biopelículas formuladas a partir de almidón de banano verde (*Musa paradisiaca*) y yuca (*Manihot esculenta*) con gel de sábila (*Aloe vera*).** Universidad Nacional de Piura, Perú. 2019.

CRUZ, C. **Desenvolvimento de Couro Sintético Biodegradável.** Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto, 2020.

DA CUNHA *et al.* **Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 649-660, 2009.

DEBIASI, C. *et al.* **Micropropagação de babosa (*Aloe vera* L.)**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.9, n.1, p.36-43, 2007.

EMBRAPA PANTANAL. **Série plantas medicinais, condimentares e aromáticas: babosa**. Corumbá, 2006.

FORLIN, F.; FARIA, J. **Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 12, nº 1, p. 1-10, 2002.

FREITAS, V. *et al.* **Propriedades farmacológicas da *Aloe vera* (L.) Burm. f.** Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.16, n.2, p.299-307, 2014.

GHANBARZADEH, B. *et al.* **Physical properties of edible modified starch/carboxymethyl cellulose films**. Innovative Food Science and Emerging Technologies, v.11, p. 697 - 702, 2020.

HAN, J. H. **Edible films and coatings: A review**. Innovations in Food Packaging, p. 213–255, 2014.

HARSOJUWONO, B. *et al.* **Characteristics of bio-plastic composites from the modified cassava starch and konjac glucomannan**. Journal of applied Horticulture, v.21, n.1, p. 13-19 2019.

KOGA, A. **Avaliação do efeito cicatrizante de filmes de alginato contendo gel de babosa *Aloe vera* (L.) Burm. f.** Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2017.

LOPÉZ-MATA, M.A. *et al.* **Development and characteristics of biodegradable aloegel/egg white films**. Journal of Applied Polymer Science, v. 44067, p. 1 -9, 2016.

LUTA G., McANALLEY, B.H. ***Aloe vera*: chemical composition and methods used to determine its presence in commercial products.** GlycoSci Nutr, v. 6, n. 4, p.1–12, 2005.

MALI, S *et al.* **Effects of controlled storage on termal, mechanical and barrier properties of plasticized films from diferente starch sources.** Journal of Food Engineering, v.75, p. 453–460, 2006.

MANI, A. *et al.* **Effects of *Aloe vera* edible coating on quality and postharvest physiology of Ber (*Zizyphus mauritiana Lamk.*) under ambient storage conditions.** Int. J. Pure App. Biosci., v.5, n.6, p. 43-53, 2017.

QUEZADA, M. *et al.* **Acemannan and fructans from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) plants as novel prebiotics.** J. Agric. Food Chem., 2017.

RAZALI, R. *et al.* **Preparation and characterization of edible *Aloe vera* films incorporated with cinnamon oil for fruits and vegetables coating.** Malays. Appl. Biol., v. 46, n. 4, p. 183-190, 2017.

SANTOS, A. *et al.* **Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 14, n° 5, p. 307-312, 2004.

SANTOS, K. **Potencial antifúngico de frações do gel de *Aloe vera* (L.) Burm. F. frente à *Candida albicans*.** Universidade Federal do Sergipe, Lagarto, 2019.

SANTOS, W. **Caracterização de biopolímeros extraídos da babosa (*Aloe arborescens*) e avaliação no processo de floculação e coagulação no tratamento de água.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2017.

SHIMAZU, A. *et al.* **Efeitos plastificantes e anti plastificantes do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca.** Semina: Ciências Agrárias, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007.

SILVA, D. *et al.* **Associação de glucana, quitosana e aloe vera com potencial aplicação no tratamento de queimados.** 52º Congresso Brasileiro de Química, Recife, 2012.

SILVA, J. *et al.* **Filmes biopoliméricos de amido de mandioca reticulados com ácido cítrico.** Universidade Estadual de Feira de Santana, 2019.

SILVA, L. *et al.* **Protótipo de canudo biodegradável à base de amido e gel de Aloe vera: caracterização e análise da integridade.** Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos, editora científica digital, vol. 4, 2021.

SOUZA, A *et al.* **Atividade antifúngica de extratos de alho e Capim-Santo sobre o desenvolvimento de *Fusarium proliferatum* Isolado de Grãos de Milho.** Fitopatol. Bras. 32(6), 2007.

TONELI, J. *et al.* **Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, v.7, n.2, p.181-204, 2005.

ANEXO

(Folha de aprovação do trabalho)

FORMULÁRIO N.º 15/2022 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG-AVR/IFSP

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

IDENTIFICAÇÃO DO(A) ALUNO(A)

Nome: Ingrid Lorena Pereira Xavier

Título: ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE FILMES PLÁSTICOS FORMULADOS A PARTIR DE BABOSA.

Curso: Bacharelado em Engenharia de Biosistemas

BANCA EXAMINADORA

Nome: Dra. Adria de Sousa Bentes

Instituição/Departamento: IFSP - Câmpus Capivari

Nota: **9,6** **Julgamento:** (x) Aprovado () Reprovado

Assinatura: [assinado eletronicamente]

Nome: Dr. Rafael Aparecido Ferreira

Instituição/Departamento: IFSP - Câmpus Avaré

Nota: **9,6** **Julgamento:** (x) Aprovado () Reprovado

Assinatura: [assinado eletronicamente]

Nome: Marcela Pavan Bagagli

Instituição/Departamento: IFSP - Câmpus Avaré

Nota: **9,7** **Julgamento:** (x) Aprovado () Reprovado

Assinatura: [assinado eletronicamente]

RESULTADO FINAL

Como parte das exigências para conclusão do Curso de Engenharia de Biosistemas, o candidato(a)/aluno(a), em sessão pública, foi considerado **Aprovada** pela Comissão Examinadora, com média final **9,6**.

Avaré, 18 de fevereiro de 2022.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcela Pavan Bagagli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 21/02/2022 16:02:24.
- **Rafael Aparecido Ferreira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 21/02/2022 16:07:20.
- **Adria de Sousa Bentes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 21/02/2022 22:56:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 300338

Código de Autenticação: aa32f49e67



FORMULÁRIO N.º 15/2022 - CBEB-AVR/DAE-AVR/DRG/AVR/IFSP

via IFSP, 2ª via do(a) Aluno(a), 3ª via do(a) Co-orientador(a)
Jras"

"Este documento não contém