

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILME A BASE DE AMIDO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*) E JAMBU (*Acmella oleraceae*)

DESENVOLVIMENTO Y CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILME A BASE DE AMIDO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*) Y JAMBU (*Acmella oleraceae*)

DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF AMIDO-BASED BIOFILM OF CASSAVA (*Manihot esculenta*) AND JAMBU (*Acmella oleraceae*)

Ana Cleide Sousa Teixeira Costa¹; Joyce Alves da Silva²; Diego Aires da Silva³; Giselle Cristine Melo Aires⁴

DOI :<https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0164>

RESUMO

O impacto ambiental gerado pela produção de embalagens tem despertado o interesse para a busca de alternativas menos poluentes. A indústria alimentícia é responsável por grande parte da produção de embalagens, contribuindo para geração de resíduos. O biofilme são macromoléculas orgânicas derivadas de recursos biológicos processadas pelo homem, através do uso de técnicas que transformam monômeros em estruturas moldáveis convenientes para produção de utilitários do cotidiano provenientes de fontes renováveis com tempo de degradação. Com o propósito de contribuir com pesquisas relacionadas a área de embalagens para alimentos, esse trabalho propõe a elaboração de um filme biodegradável a partir de amido de mandioca (*Manihot esculenta*) incorporados com extrato etanólico de jambu (*Acmella oleracea*) em proporções de 10%, 20% e 30%, visando obter benefícios dos compostos da planta para aplicação no uso de embalagens de alimentos. Neste trabalho, para elaboração da base do biofilme aplicou-se a técnica de *casting*, utilizando amido de mandioca, glicerina, e água seguido da adição de extrato de jambu. A caracterização dos filmes avaliou propriedades como espessura, gramatura, absorção de água, determinação de umidade do biofilme, MEV e análise de revestimento. Os biofilmes obtidos apresentaram resultados satisfatório de modo que é funcional ao que se propõe uma embalagem, as micrografias permitiram observar superfícies heterogêneas, algumas ranhuras mais evidentes, e pequenas depressões presente nos filmes. Embora necessitem de mais testes e ajustes para classificá-lo essencialmente como embalagem ativa, até o presente momento ele pode atuar como embalagem primária ou secundária cumprindo a principal função de proteger o alimento.

Palavras-Chave: Amido de mandioca, biofilme, jambu, bioplástico, casting

RESUMEN

El impacto ambiental que genera la producción de envases ha despertado el interés en la búsqueda de alternativas menos contaminantes. La industria alimentaria es responsable de gran parte de la producción de envases, contribuyendo a la generación de residuos. Los biofilms son macromoléculas orgânicas derivadas de recursos biológicos procesados por el hombre, mediante el uso de técnicas que transforman monômeros en estructuras moldeables convenientes para la producción de utilidades cotidianas a partir de fuentes renovables con tiempo de degradación. Con el propósito de contribuir a las investigaciones

¹ Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará, ana.tcosta@aluno.uepa.br

² Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará, joycesilva4050@gmail.com

³ Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará, diegoaires@uepa.br

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, gisellecmelo@yahoo.com.br

relacionadas con el área de empaque de alimentos, este trabajo propone la elaboración de una película biodegradable a partir de almidón de yuca (*Manihot succulenta*) incorporado con extracto etanólico de jambu (*Acmella oleracea*) en proporciones de 10%, 20 % y 30%, con el objetivo de obtener beneficios de los compuestos de la planta para su aplicación en el uso de envases de alimentos. En este trabajo, para la preparación de la base del biofilm, se aplicó la técnica de colado, utilizando almidón de yuca, glicerina y agua, seguido de la adición de extracto de jambu. La caracterización de las películas evaluó propiedades como espesor, gramaje, absorción de agua, determinación de humedad del biofilm, SEM y análisis de recubrimiento. Las biopelículas obtenidas mostraron resultados satisfactorios para que sea funcional a lo que se propone un envase, las micrografías permitieron observar superficies heterogéneas, algunos surcos más evidentes y pequeñas depresiones presentes en las películas. Si bien se necesitan más pruebas y ajustes para clasificarlo esencialmente como un empaque activo, hasta el momento puede actuar como un empaque primario o secundario, cumpliendo la función principal de proteger los alimentos.

Palabras Clave: Almidón de mandioca, biofilm, jambu, bioplástico, fundición

ABSTRACT

The environmental impact generated by the production of packaging has aroused interest in the search for less polluting alternatives. The food industry is responsible for a large part of packaging production, contributing to the generation of waste. Biofilms are organic macromolecules derived from biological resources processed by man, through the use of techniques that transform monomers into moldable structures convenient for the production of everyday utilities from renewable sources with degradation time. With the purpose of contributing to research related to the area of food packaging, this work proposes the elaboration of a biodegradable film from cassava starch (*Manihot succulenta*) incorporated with ethanolic extract of jambu (*Acmella oleracea*) in proportions of 10%, 20% and 30%, aiming to obtain benefits from the plant's compounds for application in the use of food packaging. In this work, for the preparation of the base of the biofilm, the casting technique was applied, using cassava starch, glycerin, and water followed by the addition of jambu extract. The characterization of the films evaluated properties such as thickness, grammage, water absorption, biofilm moisture determination, SEM and coating analysis. The obtained biofilms showed satisfactory results so that it is functional to what a package is proposed, the micrographs allowed to observe heterogeneous surfaces, some more evident grooves, and small depressions present in the films. Although more tests and adjustments are needed to classify it essentially as an active packaging, so far it can act as a primary or secondary packaging, fulfilling the main function of protecting the food.

Keywords: Cassava starch, biofilm, jambu, bioplastic, casting

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o impacto ambiental gerado pela produção de embalagens tem estimulado a procura de alternativas mais sustentáveis. Especificamente, a indústria alimentícia, conhecida por ser responsável por uma parte significativa da produção de embalagens (SÁ, 2021), apresenta um desafio particular: dado o caráter perecível de muitos de seus produtos, as embalagens são frequentemente descartadas imediatamente após o consumo, o que contribui para a geração de resíduos que, quando não descartados de maneira adequada, prejudicam o meio ambiente devido ao longo tempo de degradação.

O plástico flexível, que é predominantemente usado por essa indústria devido à sua adaptabilidade a vários tipos de alimentos e seu baixo custo, é produzido a partir de polímeros derivados do petróleo, um recurso não renovável com um tempo de decomposição

consideravelmente longo (SOUZA, 2018). Portanto, a busca por alternativas mais sustentáveis tem levado ao estudo de polímeros originados de matéria-prima orgânica (MADELA, 2022). Esses polímeros são atraentes, pois se degradam mais rapidamente sem danificar diretamente o solo, e podem ser modificados com aditivos para melhorar suas propriedades de conservação quando aplicados a alimentos.

A fim de contribuir para pesquisas nesta área crucial, este estudo tem como objetivo principal a elaboração de um plástico à base de polímeros de amido de mandioca e extrato de jambu. Vamos explorar as características estruturais desses plásticos e examinar seus possíveis efeitos antioxidantes sobre a conservação de alimentos. Para alcançar nosso objetivo, adotaremos a técnica de casting para produzir biofilmes de fécula de mandioca com proporções variadas de extrato de jambu e posteriormente caracterizaremos esses biofilmes aplicando ensaios de espessura, gramatura, absorção de água e permeabilidade (POLONI, 2020). O foco estará em produzir filmes biodegradáveis com benefícios dos compostos da planta, que possam ser efetivamente aplicados no uso de embalagens de alimentos.

REFERENCIAL TEÓRICO

A busca por alternativas sustentáveis para embalagens de alimentos é uma preocupação crescente na sociedade contemporânea. As embalagens flexíveis tradicionais, geralmente derivadas do petróleo, apresentam problemas significativos de descarte e impacto ambiental. Nesse contexto, bioembalagens surgem como uma solução promissora, principalmente quando derivadas de fontes renováveis e abundantes, como a mandioca (CANEVADOLO, 2006).

A mandioca é um recurso amplamente disponível em várias partes do mundo e é conhecida pela alta concentração de amido em suas raízes. O amido de mandioca é composto principalmente por amilose e amilopectina, cuja proporção influencia significativamente as propriedades dos filmes de amido produzidos a partir dele (REIS, 2021).

Extratos naturais, como o extrato de jambu, têm sido investigados como possíveis aditivos em bioembalagens, potencialmente melhorando suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Embora a pesquisa sobre esse tema ainda esteja em estágios iniciais, os resultados preliminares são promissores (LARANJEIRA, 2021).

Um passo crucial na produção de biofilmes de amido é a gelatinização, um processo em que o amido é aquecido com água, formando um gel viscoso e translúcido (SANTOS, 2015). A gelatinização é seguida pela retrogradação, que ocorre durante o resfriamento do gel. No entanto, este processo pode resultar em uma perda de propriedades de barreira e mecânicas do filme, o que é um desafio para a produção de biofilmes eficazes (SCHAEFFER, 2020; LAUER,

2020).

O método de casting é comumente usado para a produção de biofilmes. Envolve a mistura de água, amido e plastificante, seguido de gelatinização e resfriamento. A secagem completa o processo, resultando na formação do biofilme. Embora o casting seja adequado para uso em laboratório, seu tempo e custo podem limitar a aplicabilidade em escala industrial (LARANJEIRA, 2021; REIS, 2021).

Para melhorar a flexibilidade e resistência dos biofilmes, os plastificantes são frequentemente adicionados. O glicerol é um exemplo comum de plastificante, que tem sido utilizado devido à sua estrutura química semelhante ao amido, resultando em uma melhor integração e flexibilidade do filme final (CANEVAROLO, 2006; SCHAEFFER, 2020).

Em resumo, as bioembalagens de amido, particularmente aquelas derivadas da mandioca, apresentam um potencial significativo para substituir embalagens flexíveis tradicionais na indústria de alimentos. A incorporação de extratos naturais, como o jambu, pode melhorar ainda mais suas propriedades. No entanto, os desafios na produção de biofilmes, como a retrogradação durante o processo de gelatinização e as limitações do método de casting, ainda precisam ser abordados para maximizar a eficácia dessas embalagens sustentáveis.

METODOLOGIA

Para a elaboração do extrato foi utilizado jambu procedente da agricultura familiar, comercializado por feirantes da cidade de Marabá-Pa e álcool 70°. Na produção do biofilme utilizou-se fécula de mandioca (Alimentos do Zé, J. C. Oliveira & filhos, Cianorte-PR) e glicerina comercial adquiridos em comércio local. Para teste de revestimento foram usadas uvas Thompson (Sort Fruit) adquiridas em supermercado.

A produção e caracterização foram realizadas no laboratório de Alimentos e laboratório de Química da Universidade do Estado do Pará - UEPA - Campus VIII Marabá. A análise de microscopia eletrônica de varredura realizada no Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém-PA.

OBTENÇÃO DO EXTRATO DE JAMBU

Para a obtenção do extrato de jambu, foi realizado o método de extração etanólica convencional. Para o preparo da farinha do jambu, utilizou-se dois *maços* da planta, onde folhas e flores foram selecionadas, higienizadas e devidamente sanitizadas com hipoclorito de sódio 0,1% por 15 minutos. Após a sanitização, retirou-se o excesso de água, transferiu-se o material para uma bandeja forrada com papel toalha que foi levado para a estufa a 80°C até a completa secagem, em seguida as mesmas foram resfriadas e trituradas em liquidificador até obtenção de uma

farinha.

Na produção do extrato, utilizou-se solução aquosa de álcool etílico 70% na proporção de 2:1 em relação à farinha de jambu obtida anteriormente. O sistema foi preparado em erlenmeyer, homogeneizado, seguido por repouso de pelo menos 16h em local escuro. Após, esta solução foi filtrada - e submetida a banho maria a 70°C por 15 minutos para evaporação do álcool presente na solução e em seguida resfriada. O extrato de jambu foi armazenado em vidro âmbar. A figura 6 representa o fluxograma de obtenção de extrato de jambu.

Figura 1 - Fluxograma da obtenção do extrato de jambu



Fonte: Própria (2022)

3.3 ELABORAÇÃO DO BIOFILME DE AMIDO

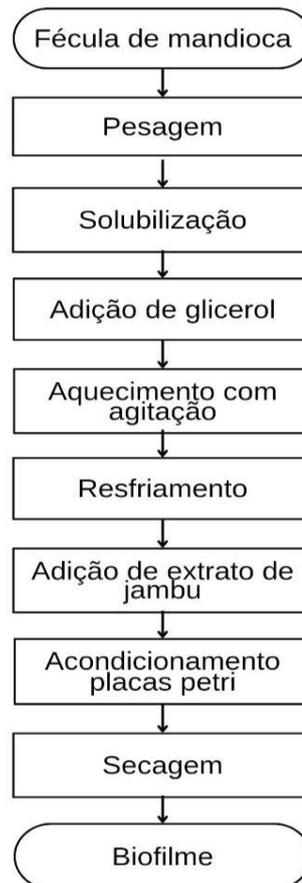
A metodologia usada para a produção do biofilme de amido foi a técnica de *casting* descrita por Jacobs et al (2020) com algumas adaptações. Na produção do biofilme foram aplicadas quatro formulações sendo a primeira considerada o controle, elaborada apenas com a base de amido e outras três com a base de amido e adicionadas do extrato de jambu em 10%, 20% e 30% respectivamente.

Em recipientes distintos e devidamente identificados, preparou-se quatro suspensões de amido utilizando-se como base 5g de amido e 2g de glicerol para 100mL de água, levando-os para aquecimento em banho-maria (70°C) até alcançar o ponto de gelatinização, em seguida, acrescentou-se extrato de jambu nas proporções de 10%, 20% e 30% conforme a identificação dos recipientes.

As pastas obtidas foram então distribuídas em placas de Petri identificadas e levadas à estufa 45°/24h para secagem e estruturação dos filmes. Após completa secagem, as placas foram transferidas para dessecador para posterior retirada dos filmes.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS BIOFILMES

Figura 2 - Fluxograma de elaboração do biofilme



Fonte: Própria (2022)

3.4.1 Análise de espessura

A aferição de espessura foi realizada com auxílio de micrômetro digital Tickness Gauge, escala 0-12mm e precisão 0,01mm, determinada através da média entre os dados coletados da aferição de dez pontos aleatórios da amostra (JESUS, 2021). A análise foi aplicada a cada uma das variações de filmes produzidos para o estudo (filme controle, e incorporados de extrato).

3.4.2 Gramatura

Para conhecimento da gramatura dos biofilmes produzidos, calculou-se a gramatura através da equação 1 a partir dos dados de tamanho e massa mensurados de cada amostra.

$$G = \frac{m_g}{A_{m^2}} \quad \text{Equação 1}$$

3.4.3 Absorção de água

Para a análise de absorção de água, aplicou-se o método de comportamento cinético em relação a água descrito por Schaeffer (2020). Separou-se pedaços em tamanhos de 3cm² de cada amostra que foram pesadas e submetidas a imersão em água e pesadas novamente, o processo foi repetido às mesmas amostras após 2, 15, 30, 60 e 120 minutos, tabelando os dados obtidos elaboração de gráfico para melhor visualização de resultados.

Os dados relativos ao intumescimento foram calculados a partir da equação 2 descrita por Jesus (2021).

3.4.4 Determinação teor de umidade do biofilme

Para determinação de umidade dos filmes pesou-se a massa inicial das amostras, levando-as para secagem em estufa por 24h (ASTM, 2004). realizou-se o cálculo de umidade através da equação 3, os dados foram calculados e tabelados.

$$u\% = \left(1 - \frac{m_f}{m_i}\right) \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

3.4.5 Permeabilidade ao vapor de água

Permeabilidade ao vapor de água analisa a propriedade do termoplástico que mostra o ganho ou perda de água do filme, cuja função principal é poder evitar ou diminuir a troca de umidade do ambiente para o interior do filme (ALMEIDA, 2020)

Fixou-se amostras do filme na boca do erlenmeyer de 125mL contendo 5mL de água destilada, vedando-o com fita em seguida pesou-se a massa inicial do sistema (erlenmeyer + água + filme + acessórios), estes foram levados para dessecador e realizada novas pesagens a cada 2 horas por 24horas. O fluxo de vapor foi calculado conforme equação 3, utilizando dados tabelados.

$$j = \frac{\Delta m g}{A} \quad \text{Equação 3 – Fluxo de vapor de água}$$

Δm = Variação de massa (g)

A= Área de abertura do erlenmeyer

3.4.6 Microscopia de Varredura Eletrônica

As imagens foram obtidas no Laboratório Institucional de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi, utilizando-se um microscópio eletrônico TESCAN, modelo Mira 3, com canhão de elétrons tipo FEG (*field emission gun*). As amostras foram montadas em suportes de alumínio com 12 mm de diâmetro, utilizando-se fita adesiva dupla face de carbono e metalizadas com Au por dois minutos e trinta segundos, o que deposita sobre a amostra uma película com espessura média de 10 nm. As imagens foram geradas por detecção de elétrons secundários, utilizando-se aceleração de voltagem de 5 kV, distâncias de trabalhos variáveis entre 15 e 25 mm.

3.4.7 Testes de taninos e fenóis no extrato etanólico

Para o teste de fenóis e taninos utilizou-se 4ml do extrato de jambu, onde foram adicionadas 3 gotas de uma solução alcoólica de cloreto férrico (3%) que foi colocada em repouso à temperatura ambiente. A mudança de coloração indica a presença de fenóis e taninos (SILVA, 2018).

3.4.8 Teste de revestimento

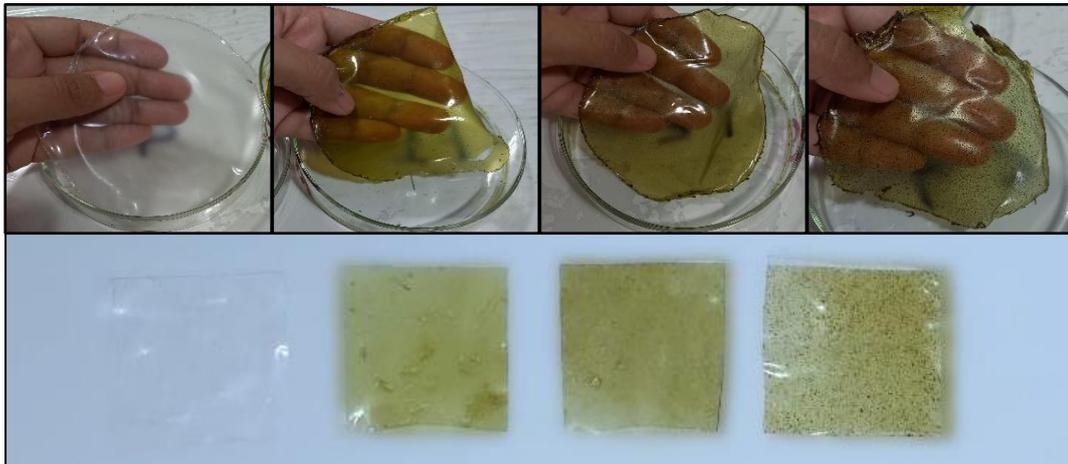
O teste de revestimento foi realizado cobrindo a superfície de uvas com a solução filmogênica por imersão, após receberem tratamento as frutas foram dispostas em bandeja, simulando a exposição ao ambiente interno. Observou-se a reação de possíveis degradações ocorridas com o passar dos dias e realizou-se a pesagem das amostras para conhecimento da massa perdida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE SUBJETIVA

Os filmes produzidos mostraram aspecto homogêneo, maleável e coloração translúcida, a amostra padrão levemente opaca e amostras F-1, F-2 e F-3 nuance verde conforme a quantidade de extrato presente e leve cheiro característico da planta; apresentaram alguma aderência semelhante à de plástico filme comercial no momento de retirada das placas, o que dificultou parte do processo, entretanto depois de removidos da placa sua estrutura aparentou mais firme e isento de aderência.

Figura 3 - Biofilmes de amido: Formulação padrão, F-1, F-2 e F-3



Fonte: Própria (2022)

ANÁLISE DE ESPESSURA

A análise de espessura dos filmes foi aplicada em 10 pontos diferentes da amostra, sendo realizada em cada uma das formulações, tabelando os dados para posterior cálculo de média, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 1 - Espessura dos filmes

| Amostra | Espessura (mm) |
|----------------|-----------------------|
| Padrão | $0,073 \pm 0,010$ |
| F-1 | $0,168 \pm 0,047$ |
| F-2 | $0,101 \pm 0,013$ |
| F-3 | $0,129 \pm 0,011$ |

A tabela 2 apresenta valores médios de espessura, a amostra padrão teve menor média $0,073 \pm 0,010$ um valor aproximado ao encontrado por MANIGLIA (2018) que alcançou uma espessura média de $0,072 \pm 0,006$ em filmes de fécula de mandioca. A amostra F-1 teve a maior média $0,168 \pm 0,047$ comparado as outras amostras, enquanto a formulação F-2 apresentou menor espessura $0,101 \pm 0,013$ em relação aos filmes incorporados de extrato. Em um apanhado geral, o aumento da espessura está ligado a adição de outros componentes aos filmes, o esperado seria o aumento gradual da espessura conforme a adição do extrato – 10%, 20% e 30% respectivamente – como ocorreu no trabalho publicado por Jacobs (2020) ao produzir filmes incorporados com polpa de acerola, entretanto os resultados obtidos não seguiram uma tendencia linear, essa diferença pode estar relacionada a interferência de equipamentos, como por exemplo a grade da estufa desnivelada.

GRAMATURA

A gramatura contribui diretamente para uma melhor resistência mecânica e de barreira dos filmes, uma vez que uma maior gramatura oferece uma melhor resistência mecânica e, na maioria das vezes, uma melhora na barreira a gases e ao vapor de água do material (Dantas & Lima, 2007). O conhecimento dessa propriedade é bastante importante, pois com a sua informação é possível se determinar a área total de material existente em uma bobina.

Figura 4 - Gráfico de gramatura dos filmes

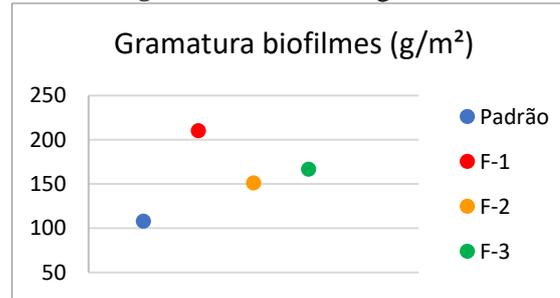


Tabela 2 – Gramatura

| Formulação | Gramatura (g/m²) |
|-------------------|------------------------------------|
| Padrão | 107,7 |
| F-1 | 210,0 |
| F-2 | 151,1 |
| F-3 | 166,6 |

Fonte: Própria (2022)

Conforme mostra os dados na tabela 3 pode-se observar que dos filmes incorporados com extrato, a amostra F-2 apresentou menor gramatura 151,1g/m², enquanto que a F-1 apresentou maior 210,0g/m². A formulação padrão apresentou menor gramatura em relação aos demais, 107,7g/m², um pouco abaixo comparado a Silva (2021) que encontrou um valor de 195,6 g/m² para filmes de amido de mandioca e 253,0 g/cm² em filmes de amido de mandioca acrescido de extrato aquoso de própolis, apontando aumento de gramatura proporcional a adição de compostos à pasta.

ABSORÇÃO DE ÁGUA

A análise de absorção de água é importante para avaliar o comportamento do filme quando exposto ao contato de água ou outros líquidos absorção pode interferir na estrutura do filme e afetar propriedades mecânicas como espessura e largura.

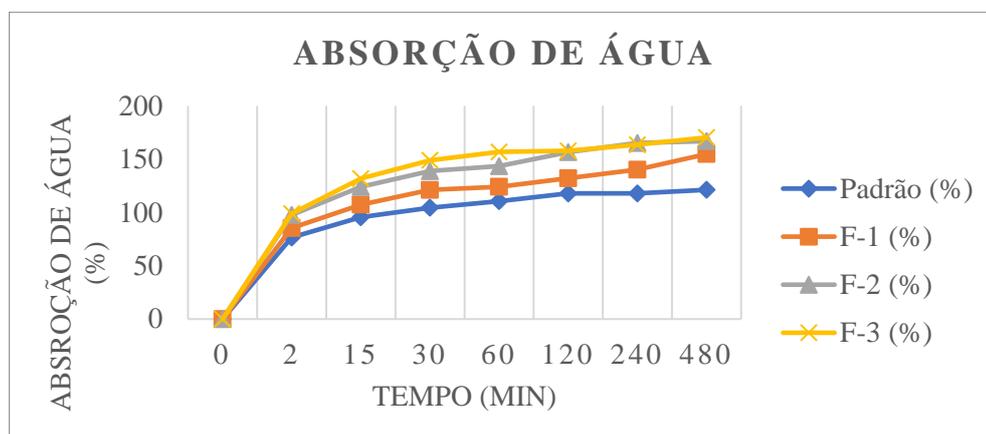
Tabela 3 - Absorção de água

| Tempo (min) | Massa (g) Padrão | Massa (g) F-1 | Massa (g) F-2 | Massa (g) F-3 |
|-------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 0,179 | 0,137 | 0,175 | 0,192 |
| 2 | 0,316 | 0,254 | 0,346 | 0,382 |
| 15 | 0,350 | 0,284 | 0,392 | 0,445 |
| 30 | 0,366 | 0,303 | 0,418 | 0,478 |
| 60 | 0,377 | 0,307 | 0,426 | 0,493 |
| 120 | 0,39 | 0,318 | 0,449 | 0,495 |
| 240 | 0,39 | 0,329 | 0,464 | 0,506 |
| 480 | 0,396 | 0,349 | 0,467 | 0,519 |

A tabela 4 mostra os valores de massa das amostras de filmes aferidas no decorrer do tempo que foram observadas até 480 minutos, tempo em que as amostras começaram a se desmanchar. Os intervalos de tempo apontam para gradual ganho de massa, sendo a amostra Padrão a que menos ganhou entre os intervalos de tempo. As amostras F-1, F-2 e F-3 tiveram ganho de massa progressivo no decorrer do tempo, pode-se inferir que o aumento adquirido é proporcional a porcentagem de extrato adicionado, no caso 10%, 20%, 30% respectivamente. O nível de intumescimento das amostras F-2 e F-3 se aproximam a partir dos 120 minutos como pode ser visto no gráfico mostrado na figura 10. A amostra Padrão mantém-se abaixo na curva, considerando-se o fato de que sua estrutura é composta apenas de amido e glicerol, se mostra mais estável em relação a absorção de água.

Os biofilmes são sensíveis a umidade, devido ao alto teor de absorção de água, logo são suscetíveis a alterações em suas propriedades mecânicas.

Figura 5 - Percentual de absorção de água



Fonte: Própria (2022)

DETERMINAÇÃO DE TEOR DE UMIDADE

A análise de teor de umidade, realizada permite conferir características relacionadas a elasticidade e plasticidade do filme, uma vez que a água é um componente importante na produção do mesmo e na sua e no seu desempenho quando aplicado em alimentos expostos a vapores e gases.

Tabela 4 - Teor de umidade dos filmes

| Formulação | % umidade |
|------------|-----------|
| Padrão | 20,0 |
| F-1 | 17,1 |
| F-2 | 15,4 |
| F-3 | 12,6 |

Amostra padrão apresentou maior porcentagem de umidade comparado as outras formulações, notou-se um decréscimo em relação a proporção de adição de extrato, possivelmente devido a evaporação de solução etanólica ocorrida durante a secagem na produção dos filmes. Maniglia (2018), obteve vapor de umidade a 24,19% em filme de amido de mandioca e 22,07% em amidos adicionados de argila natural de montmorillonita, no mesmo trabalho, observou 23,38% em filmes oriundos de amido de babaçu e 21,52% em filme de amido de babaçu adicionado de montmorillonita, indicado então uma relação de interferência de umidade a partir de adição de compostos ao filme.

4.6 PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

A permeabilidade a vapor de água presente no filme é uma das características relevantes para a conservação do alimento ao qual foi aplicado, seja para mantê-lo livre de umidade do ambiente ou opostamente aplicado em alimentos frescos para evitar a entrada de umidade externa e por conseguinte conservar esse alimento evitando a entrada e aumento de microrganismos.

Tabela 5 - Permeabilidade ao vapor de água

| Amostra | Permeabilidade(g/cm^2) |
|---------|----------------------------|
| Padrão | 0,0942 \pm 0,010 |
| F-1 | 0,1000 \pm 0,012 |

| | |
|-----|--------------------|
| F-2 | $0,0804 \pm 0,009$ |
| F-3 | $0,0828 \pm 0,010$ |

Os dados obtidos da análise dispostos na tabela 6 mostra que há uma diferença relativamente baixa entre as amostras em relação a permeabilidade, onde o menor valor encontrado na formulação F-2 está bem próximo ao F-3 seguidos da amostra padrão e F-1.

A baixa variação era um resultado esperado, visto que o plastificante é um dos principais fatores relacionados a permeabilidade, e a quantidade presente era igual para todas as formulações. Costa et al (2017) encontrou valores de permeabilidade maior em filmes produzidos com amido de feijão macaçar, entre 0,1300 e 0,2267, com variações aproximadas.

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A micrografia permite uma visão mais detalhada da estrutura do biofilme, sua homogeneização e/ou possíveis rachaduras internas que são detectadas através da ampliação da imagem. As figuras abaixo (11 e 12) apresentam as micrografias das superfícies do biofilme de 200X e 500X exceto F-3 de 1000x, sendo o biofilme sem adição do extrato de chamado de padrão (P), com adição 10% de extrato de jambu (F-1), com 20% de extrato de jambu (F-2) e com 30% de extrato de jambu (F3) respectivamente.

Figura 6 - Micrografias da superfície dos biofilmes 200µm – P, F-1, F-2, F-3 respectivamente

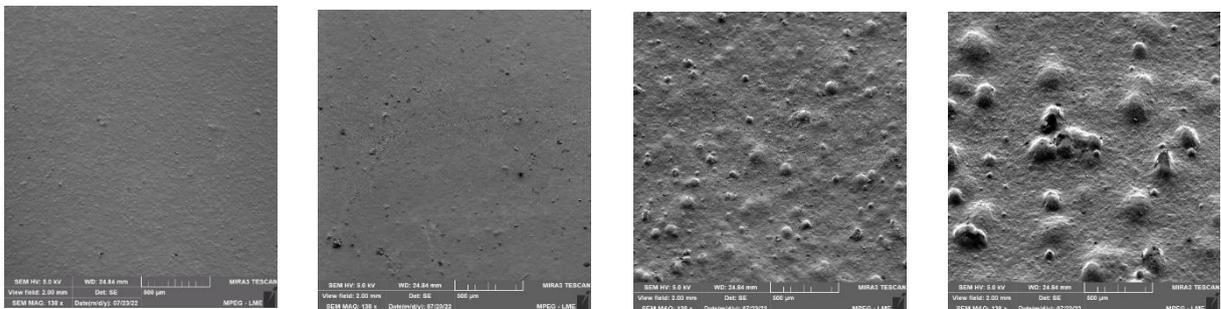
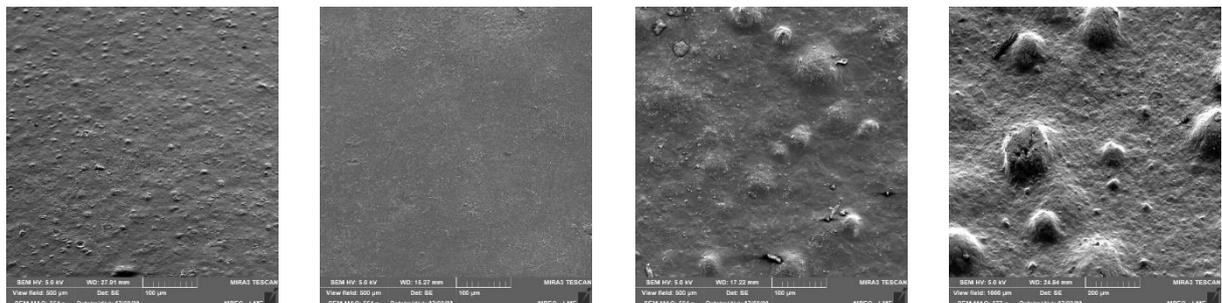


Figura 7 - Micrografias da superfície dos biofilmes 500µm – P, F-1, F-2, F-3 (1000 µm) respectivamente



Fonte: Própria (2022)

Na figura 11 a micrografias de 200X amostra P, F-1 apresenta ter superfícies homogêneas, com ranhuras mais evidente, que ocorreu no processo de secagem ou manuseio, F-1, F-2, F-3 apresentou rugosidades, todas possivelmente grânulos, tendo superfícies irregulares.

Na figura 12 as micrografias de 500X mostra os filmes mais heterogêneas e com desníveis, sendo mais aparente no P. No filme F-1 aparenta ser mais plana, enquanto a F-2 e F-3 apresenta grânulos soltos ou resíduos do extrato e desníveis maiores por conta da aproximação da visualização ao longo dos filmes e também apresentam rugosidade bem nítida nos filmes que deve ter ocorrido no processo de secagem na estufa com circulação de ar.

TESTE DE TANINOS E FENÓIS NO EXTRATO ETANÓLICO

O extrato obteve resultado negativo para taninos hidrolisáveis, devido a ausência de precipitado com tonalidade azul escuro. No teste o resultado é positivo quando a mudança de coloração fica entre azul e vermelho, indica presença de fenóis e quando há precipitado escuro com tonalidade azul, indica presença de taninos hidrolisáveis e coloração verde indica presença de taninos condensados.

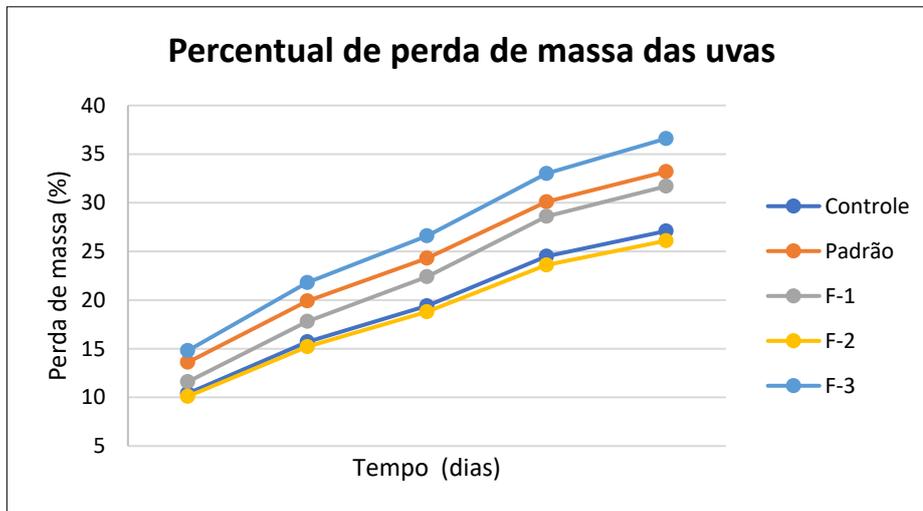
TESTE DE REVESTIMENTO

A figura 13 mostra o percentual de perda de massas das uvas, as amostras Controle e F-2 foram a que menos perderam massa no decorrer dos dias com 27,1% e 26,1%, enquanto as amostras Padrão e F-3 obtiveram os maiores percentuais com 33,2% e 36,6%, a formulação F-2 teve melhor resultado na conservação da fruta sendo de 26,1% a perda de massa sendo pequena a diferença em relação a controle (sem filme), a cobertura das frutas com biofilme teria função de conservá-las por um período maior de dias, mantendo-as com melhor sabor e estrutura em relação as não cobertas.

Tabela 6 - Percentual de perda de massa das uvas (g)

| | Controle | Padrão | F-1 | F-2 | F-3 |
|--------|-----------------|---------------|------------|------------|------------|
| Dia 5 | 10,4 | 13,6 | 11,6 | 10,1 | 14,8 |
| Dia 8 | 15,7 | 19,9 | 17,8 | 15,2 | 21,8 |
| Dia 11 | 19,4 | 24,3 | 22,4 | 18,8 | 26,6 |
| Dia 14 | 24,5 | 30,1 | 28,6 | 23,6 | 33,0 |
| Dia 17 | 27,1 | 33,2 | 31,7 | 26,1 | 36,6 |

Figura 8 - Gráfico de perda de massa das uvas



Fonte: Própria (2022)

A impermeabilização com o biofilme reduz as trocas gasosas, a respiração e perda de água do fruto para o meio ambiente, às reações metabólicas de respiração e transpiração levam a perda de massa fresca, possibilitando perda de água da fruta, amolecimento e murchamento dos tecidos reduzindo a qualidade do fruto, tal como Tomaz (2021) constatou em conservação de frutos de mamão na pós-colheita com uso do biofilme a base de fécula de mandioca.

Fonte: Própria (2022)

Figura 9 - Fotografia das uvas em diferentes dias no decorrer da análise



A figura 14 mostra os aspectos visuais das uvas em 3 dias diferentes, onde é perceptível a perda de massa e murchamento, entretanto, as uvas Controle e Padrão parecem menos conservadas e coloração menos aproximada da uva fresca, ao serem comparadas com as uvas tratadas com o biofilme.

CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS (PARA ARTIGO DE REVISÃO DE LITERATURA)

Os biofilmes obtidos apresentaram resultados satisfatório quanto a espessura, maleabilidade de modo que é funcional ao que se propõe uma embalagem, mesmo que ainda necessitem de mais testes e ajustes para classificá-lo essencialmente como embalagem ativa, no entanto até o presente momento ele pode atuar como embalagem primária ou secundária cumprindo a principal função de proteger o alimento.

Para do biofilme em cobertura de frutas na pós-colheita, não se apresentou promissor, pois sua atuação foi imperceptível para conservação como no caso da formulação F-2 e as outras mostraram um resultado negativo em relação ao controle.

De maneira geral os resultados correspondem ao objetivo pretendido do trabalho, para trabalhos seguintes do mesmo tema, recomenda-se explorar alguma técnica para retirar ou suavizar a coloração e eliminar por completo o cheiro característico da planta.

REFERÊNCIAS

ABERA, G., WOLDEYES, B., DEMASH, H. D., & MIYAKE, G. (2020). The effect of plasticizers on thermoplastic starch films developed from the indigenous Ethiopian tuber crop Anchote (*Coccinia abyssinica*) starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, 155, 581–587. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.03.218

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2016**. São Paulo, 2016. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil_2016_Abiplast_web.pdf. Acesso em: 23 set 2021

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. **Perfil 2021**. São Paulo, 2021. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2021/>. Acesso em: 23 set 2021

ALMEIDA, Vanessa Soltes. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de milho regular e ceroso reforçados com nanocelulose de eucalipto**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

ANDRADE, A. P. C. **Tecnologia dos alimentos**. Rio de Janeiro: SESES, 2018. 104 p.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA Este texto não substitui o(s) publicado(s) em Diário Oficial da União. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 429, DE 8 DE OUTUBRO DE 2020 (Publicada no DOU nº 195, de 9 de outubro de 2020)

AVELINO, K. R. de S. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. 2019. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019

BASIAK, E., LENART, A.; DEBEAUFORT, F.. Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2017. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122

BRASIL. **Ministério da Agricultura**, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1141329604>>. Acesso em 08 set 2021.

BONETT, L. P.; MÜLLER, G. M.; WESSLING, C. R.; GAMELLO, F. P. Sistemas agrofloreais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**. ISSN: 1980-9735. 7(3): 116-125 (2012).

CANEVAROLO; S. V. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros / Sebastião 1ª. São Paulo: Artliber Editora, 2006.

CARISSIMI, Mariel. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis a partir de amido de mandioca e microalga verde**. 2017. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

CELESTINO, V. P. **Adição de agentes antimicrobianos em filmes poliméricos a base de blenda de polietileno para aplicação em embalagens flexíveis para alimentos**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau, Graduação em Engenharia de Materiais, Blumenau, 2021.

COÊLHO, J. D. **Produção de mandioca: raiz, farinha e fécula**. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 4, n.102, 2019.

COSTA, D. M. A.; SANTOS, A. F.; SILVA, E. D.; SILVA, I. A. Desenvolvimento e caracterização de filmes a base de feijão Macaçar. (*Vigna Unguiculata*). **Holos**, v, 7, p, 2–16, 2017. doi.org/10.15628/holos.2017.631

COSTA, M. C. C.; AZEVEDO, C. R.; SOUSA, R. M. L; SANTOS, A.F.; BARROQUEIRO, A.T.S. Embalagens de alimentos à base de biofilmes comestíveis: uma revisão de literatura. **Revista Ceuma Perspectivas**, Edição Especial, V Congresso de Saúde e Bem Estar Ceuma. Vol. 30, nº02. Maranhão, 2017.

DANTAS, R. L.; LIMA, C. A. P. Qualidade de embalagens flexíveis para alimentos. Anais do 9º **Congresso Brasileiro de Polímeros**. Campina Grande, PB, 2007.

GODDARD, R.; TWEDE, D. **Materiais para Embalagens**. São Paulo: Edgard Blucher,. 2010.

GONÇALVES, A. A.; PASSOS, M. G.; BIEDRZYCKI, A. Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 4, n. 3, p. 271-283, 2008

FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L. **Química de Alimentos de Fennema**. Trad. Brandelli et al. Porto Alegre: Artmed, 2010

FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu,. 2008.

- FREIRIA, E. F. C. **Tecnologia de alimentos**. Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 208p. ISBN 978-85-8482-858-6
- HAN, J. H. **In Innovations in Food Packaging**, 1 ed.; Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2005. 503 p.
- HOLESH, J. E.; ASLAM, S.; MARTIN, A. Physiology, Carbohydrates. 2021 Jul 26. In: StatPearls [Internet]. **Treasure Island (FL)**: StatPearls Publicado; 2021 Jan–. PMID: 29083823.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola - Lavoura Temporária. 2019. disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/pesquisa/14/10334>>. Acesso em 08 set 2021.
- IODANSKII, A. Bio-Based and Biodegradable Plastics: From Passive Barrier to Active Packaging Behavior. **Polymers (Basel)**. 2020 Jul 12;12(7):1537.
- JACOBS, V.; SOUZA, F. S.; HAMM, J. B. S.; MANCILHA, F. S. Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, 21(3), 107-119. Canoas , RS, 2020.
- JARIYASAKOOLROJ, P., LEELAPHIWAT, P., & HARNKARNSUJARIT, N. (2018). Advances in research and development of bioplastic for food packaging. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. doi:10.1002/jsfa.9497
- JESUS, G. A. M. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis, a base de carragena, com propriedades antioxidantes**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2021.
- LAUER, M. K.; SMITH, R. C. (2020). Recent advances in starch-based films toward food packaging applications: Physicochemical, mechanical, and functional properties. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. doi:10.1111/1541-4337.12627
- LARANJEIRA, R. K. S. **Amidos de fontes não convencionais e sua aplicação em filmes biodegradáveis: fundamentos e aplicações**. 2021. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.
- LIMA, U. A. **Matérias-primas dos alimentos**. São Paulo: Edgar Blucher,. 2010.
- MADELA, DKSF.; MELO, NR de. Material de base orgânica como alternativa para embalagem de produtos alimentícios. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento** , [S. l.] , v. 11, n. 10, pág. e15111032244, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32244.
- MODESTO, M. S. Jr.; ALVES, R. N. B. Cultura da mandioca: apostila. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém, PA 2014. 197 p.
- MELO, C. R. M.; PISANI, M. A. J. Cidadania e sentimento de pertencimento- agentes atuantes na preservação do meio ambiente. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano. 06, Ed. 11, Vol. 01, pp. 167-182. Novembro 2021.
- MUNARO, Marilda. Avaliação de metodologias para a produção de plástico biodegradável a partir do amido de mandioca. **Revista Técnico-Científica**, n. 27, 2021.

NASCIMENTO, L. E. S. **Jambu (*Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen) hidropônico e convencional: uma comparação baseada nas propriedades físico-químicas e composição fitoquímica.** Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Centro de ciências agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2019.

NORDI, N. T. **Adubação orgânica na produção e acúmulo de nutrientes em plantas de jambu.** Unesp. Botucatu, 2021.

OJEDA, C. P. O. **Potencial Biotecnológico dos microrganismos endofíticos isolados de plantas de jambu (*Acmella ciliata* (Kunth) Cass.) para controle de microrganismos patogênicos.** Tese (Mestrado em biotecnologia e recursos naturais da Amazônia) - Universidade do Amazonas, Manaus, 2017.

POLONI, C. A.; SANTOS, P. P. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis de amido de milho. **Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica.** Bento Gonçalves, RS, v.9, dez. 2020

REICHERT, C. L.; BUGNICOURT, E.; COLTELLI, M. B. Bio-Based Packaging: Materials, Modifications, Industrial Applications and Sustainability. **Polymers (Basel).** 2020;12(7):1558. Published 2020 Jul 14.

REIS, A. P. S. **Filmes biodegradáveis a base de amido: uma análise acerca da aplicação de diferentes fontes de amido na produção de filmes biodegradáveis utilizando a técnica casting com potencial de utilização em embalagens alimentícias.** 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos.** São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2007. 196 p.

RODRIGUES, V. M. et al. Produção agroindustrial de mandioca chips por convecção embalada em biofilme de amido de mandioca. In: **VI JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica.** 2017.

SANTOS, O. d., Tognetta, L., Júnior, F. F., Robusti, C., Dragoni, P., Viana, E. F., Gomes, I. **Papel.** Brasil: SENAI-SP Editora. 2015.

SANTOS, N. H. **Obtenção de extratos de flor de jambu (*Acmella oleraceae*) por métodos não convencionais.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2021.

SÁ, N. **Utilização de resíduos agroindustriais para produção de polímeros, materiais e embalagens.** 46 f. Trabalho de conclusão de curso. DEQUI / UFRGS. Porto Alegre, 2021.

SILVA, F. A.; BIZERRA, F. A.; FERNANDES, P. R. D. Teste fotoquímicos em extratos orgânicos de *Bixa Orellana* L (urucum). **HOLOS,** Ano 34, Vol. 02. RN, 2018.

SOUZA, M. S.; FONSECA, V. C; RIBEIRO, P. L. L. **Análise dos efeitos da migração do bisfenol em embalagens de alimentos de politereftalato de etileno.** Salvador, 2018.

SILVA, C. N.; FUKOKA, T. M.; MANHANI, N. R. Produção e caracterização de biofilmes de fécula de mandioca com extratos aquoso e alcoólico de própolis. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade,** 2021, vol. 8, n. 19, p. 1257-1272.

- SCHAEFFER, D. **Obtenção e caracterização de biopolímeros a partir de fécula de mandioca e amido de milho**. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 17 jul. 2020.
- TAYYAR, N.; YOUSSEF, A.; HINDI, R. . Antimicrobial Food Packaging Based on Sustainable Bio-based materials for Reducing Foodborne Pathogens: A Review. **Food Chemistry**. 310. 125915. 10.1016/j.foodchem.2019.125915, 2019.
- THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; SCARLETT, C. J.; BOWYER, M.; SINGH, S. P., & VUONG, Q. V. Starch-based films: Major factors affecting their properties. **International Journal of Biological Macromolecules**. (2019). doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190.
- TOMAZ, P. H. A. Conservação de frutos de mamão na pós-colheita com uso de biofilme à base de fécula de mandioca. TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano. Ceres, 2021.
- TSANG, Y. F.; KUMAR, V.; SAMADAR, P.; YANG, Y.; LEE, J., OK, Y. S.; JEON, Y. J. . Production of bioplastic through food waste valorization. **Environment International**, 2019.
- VEDOVE, T. M. A. R. D. **Amido termoplástico com potencial indicador de mudança de pH para embalagens de alimentos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade São Paulo, São Paulo, Brasil. 2019. 147 p.
- ZHAO, X.; CORNISH, K.; VODOVOTZ, Y. Narrowing the Gap for Bioplastic Use in Food Packaging: An Update. **Environmental Science & Technology**. 2020 Apr 21;54(8):4712-4732.