

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

RAYSSA FERREIRA ROSSO

**DESENVOLVIMENTO DE BANDEJAS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DO
RESÍDUO DE MALTE**

Bagé – RS

2023

RAYSSA FERREIRA ROSSO

**DESENVOLVIMENTO DE BANDEJAS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DO
RESÍDUO DE MALTE**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Catarina Motta de Moura

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Caroline Costa Moraes

Bagé - RS

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

R838d Rosso, Rayssa Ferreira

Desenvolvimento de bandejas biodegradáveis a partir do
resíduo de malte/ Rayssa Ferreira Rosso

55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia de Alimentos -- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2023.

"Orientação: Catarina".

1. embalagens. 2. polímeros. 3. resíduos. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

RAYSSA FERREIRA ROSSO

**DESENVOLVIMENTO DE BANDEJAS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DO
RESÍDUO DE MALTE**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 18 de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Catarina Motta de Moura
Orientadora
UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Caroline Costa Moraes
Coorientadora
UNIPAMPA

Prof. Dr. Estevan Martins de Oliveira
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por ESTEVAN MARTINS DE OLIVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR, em 20/12/2023, às 22:01, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por CAROLINE COSTA MORAES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR, em 21/12/2023, às 09:49, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por CATARINA MOTTA DE MOURA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR, em 26/12/2023, às 20:28, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1337659 e o código CRC 5EE2026E.

Referência: Processo nº 23100.025997/2023-82 SEI nº 1337659

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais pela dedicação e esforço para minha formação acadêmica e pessoal, assim como minhas irmãs.

Agradeço a Universidade Federal do Pampa por minha formação acadêmica. Gratidão e orgulho por essa Universidade pública, gratuita e de qualidade.

Agradeço as professoras doutoras Catarina Motta de Moura e Caroline Costa Moraes pela orientação, compreensão, carinho e ajuda em todo trabalho.

Aos demais professores por todos os conhecimentos compartilhados.

Aos meus amigos que me apoiaram durante toda trajetória acadêmica e tornaram o processo mais leve. Obrigada por todos os momentos e por todas as risadas.

Enfim, a todos que contribuíram e fizeram parte dessa etapa da minha vida.

Dedico este trabalho aos meus pais, que não mediram esforços durante toda minha graduação e sempre me apoiaram.

“O conhecimento nos faz responsáveis”.

Che Guevara

RESUMO

As embalagens têm como funções conter, proteger, informar e tornar o produto atrativo, sendo assim, elas desempenham um papel crucial no setor de alimentos. O poliestireno expandido (isopor) tem ganhado destaque no setor de embalagens, com cerca de 36,6 mil toneladas sendo utilizadas apenas no Brasil. O plástico representa 37,1% da produção total de embalagens, o que resulta em um impacto ambiental significativo devido ao descarte inadequado do mesmo. Neste sentido, a inovação tecnológica e científica desempenha um papel fundamental, pois permite a criação de novas soluções objetivando melhorar a qualidade dessas embalagens. No entanto, há um investimento insuficiente em inovações verdadeiramente sustentáveis no setor de embalagens, com isso, algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas a respeito de alternativas biodegradáveis para substituição dos polímeros sintéticos. A utilização de recursos naturais renováveis, como os resíduos agroindustriais, apresenta-se como uma solução promissora para o desenvolvimento de tecnologias e produtos biodegradáveis. O aproveitamento do bagaço de malte, um subproduto abundante da indústria cervejeira, mostra-se como uma alternativa viável e sustentável para o meio ambiente, substituindo os polímeros sintéticos na produção de embalagens por materiais biodegradáveis. Diante disso, o objetivo geral do presente trabalho é desenvolver uma bandeja biodegradável a partir dos resíduos gerados pela indústria cervejeira em combinação com amido de batata, com potencial para substituição das embalagens convencionais de poliestireno expandido. A metodologia adotada neste estudo envolveu o desenvolvimento de um planejamento experimental, contemplando sete formulações distintas para a produção de embalagens. As propriedades físicas das bandejas foram analisadas, além da biodegradação em terra. Apesar da viabilidade demonstrada no processo de fabricação das embalagens poliméricas, houve ineficiência na etapa de desmoldagem, resultando em rupturas nas laterais de algumas formulações. No que diz respeito às propriedades físicas das bandejas, os valores encontrados foram de 0,44 g/cm³ para densidade, 10,20% para umidade, 1,18% para absorção de água, 46% para solubilidade em água e 4,05 N para dureza e fraturabilidade. Quanto à análise de biodegradação, esta teve uma duração de 48 dias, revelando que as bandejas produzidas se degradam em tempo significativamente inferior quando comparado aos polímeros sintéticos. Diante do exposto, conclui-se que a metodologia aplicada se revelou economicamente viável e de operação simples, possibilitando o uso de matérias-primas sustentáveis, que não causam danos ao meio ambiente e se degradam de maneira ágil.

Palavras-chave: embalagens; polímeros; resíduos.

ABSTRACT

Packaging serves to contain, protect, inform, and make the product attractive, playing a crucial role in the food industry. Expanded polystyrene (Styrofoam) has gained prominence in packaging, with around 36.6 thousand tons used only in Brazil. Plastic represents 37.1% of the total packaging production, resulting in significant environmental impact due to its improper disposal. In this sense, technological and scientific innovation plays a fundamental role by allowing the creation of new solutions aimed at improving the quality of these packages. However, there is insufficient investment in truly sustainable innovations in the packaging sector, prompting research into biodegradable alternatives to replace synthetic polymers. The use of renewable natural resources, such as agro-industrial waste, presents a promising solution for developing biodegradable technologies and products. Utilizing malt waste, an abundant byproduct of the brewing industry, appears to be a viable and sustainable alternative to synthetic polymers in packaging production, replacing them with biodegradable materials. Therefore, the main objective of this work is to develop a biodegradable tray from waste generated by the brewing industry in combination with potato starch, with the potential to replace conventional expanded polystyrene packaging. The methodology adopted in this study involved the development of an experimental plan, encompassing seven different formulations for packaging production. The physical properties of the trays were analyzed, as well as their biodegradation in soil. Despite the demonstrated viability in the production process of polymeric packaging, there was inefficiency in the demolding stage, resulting in ruptures in the sides of some formulations. Concerning the physical properties of the trays, the values found were 0.44 g/cm³ for density, 10.20% for humidity, 1.18% for water absorption, 46% for water solubility, and 4.05 N for rupture tension. Regarding the biodegradation analysis, it lasted for 48 days, revealing that the produced trays degrade and disappear significantly faster when compared to synthetic polymers. Given the above, it is concluded that the applied methodology proved to be economically viable and operationally simple, enabling the use of sustainable raw materials that do not harm the environment and degrade rapidly.

Keywords: packaging; polymers; waste.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Bagaço de malte após a etapa de mostura..... | 23 |
| Figura 2 - Estrutura da amilose..... | 24 |
| Figura 3- Estrutura da amilopectina..... | 24 |
| Figura 4 - Fórmula estrutural do glicerol | 26 |
| Figura 5 - Estrutura química do glutaraldeído..... | 28 |
| Figura 6- Fluxograma do Processamento da Bandeja..... | 32 |
| Figura 7- Análise no texturômetro..... | 35 |
| Figura 8- Visão da parte inferior das bandejas | 38 |
| Figura 9- Espessura das bandejas com visão da parte inferior | 38 |
| Figura 10 - Espessura das bandejas com visão da parte superior | 39 |
| Figura 11- Análise de biodegradabilidade | 43 |

LISTA DE TABELA

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Formulações das bandejas | 33 |
| Tabela 2- Teor de umidade..... | 37 |
| Tabela 3- Propriedades físicas das bandejas | 39 |
| Tabela 4- Contagem de microrganismos..... | 43 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFCs - Clorofluorcarbonetos

CO₂ - Dióxido de carbono

EPS - Poliestireno Expandido

HTML - Hypertext Markup Language

HTTP - HyperText Transfer Protocol

P.A - Padrão analítico

PCA - Ágar contagem de placas

PE - Polietileno

PHA - Poli-hidroxialcanoatos

PLA - Ácido láctico

UFC - Unidades formadoras de colônias

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 16 |
| 2 OBJETIVOS | 18 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 18 |
| 2.2 Objetivos Específicos..... | 18 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA | 19 |
| 3.1 Embalagens | 19 |
| 3.1.1 Embalagens de poliestireno expandido | 20 |
| 3.1.2 Embalagens biodegradáveis | 21 |
| 3.2 Resíduos agroindustriais | 22 |
| 3.2.1 Resíduo fibroso da indústria cervejeira | 22 |
| 3.3 Amido | 24 |
| 3.4 Aditivos para embalagens | 25 |
| 3.4.2 Glicerol..... | 26 |
| 3.4.3 Glutaraldeído..... | 27 |
| 3.5 Biodegradabilidade | 28 |
| 4 METODOLOGIA | 30 |
| 4.1 Materiais..... | 30 |
| 4.2 Métodos | 30 |
| 4.2.1 Preparação do bagaço de malte e amido de batata | 30 |
| 4.2.2 Caracterização do malte e do amido | 31 |
| <u>4.2.2.1 Análise de umidade.....</u> | 31 |
| 4.2.3 Desenvolvimento da bandeja | 31 |
| 4.2.4 Análise das propriedades físicas das bandejas..... | 33 |
| <u>4.2.4.1 Densidade.....</u> | 33 |
| <u>4.2.4.2 Umidade da bandeja.....</u> | 33 |
| <u>4.2.4.3 Capacidade de Absorção de Água</u> | 34 |
| <u>4.2.4.4 Solubilidade em água.....</u> | 34 |
| <u>4.2.4.5 Dureza e Fraturabilidade.....</u> | 34 |
| <u>4.2.5 Biodegradabilidade</u> | 35 |
| <u>4.2.6 Bolores, leveduras e mesófilos totais.....</u> | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 37 |
| 5.1 Caracterização do malte e do amido | 37 |
| 5.2.1 <i>Análise de umidade</i> | 37 |
| 5.2 Obtenção das bandejas..... | 37 |
| 5.3 Análise das propriedades físicas das bandejas..... | 39 |
| 5.4 <i>Biodegradabilidade</i>..... | 41 |
| 5.5 <i>Bolores, leveduras e mesófilos totais</i> | 43 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 45 |
| REFERÊNCIAS..... | 46 |

1 INTRODUÇÃO

As embalagens têm como funções conter, proteger, informar e tornar o produto atrativo. Em geral, essas funções indicam que a embalagem deve proteger o conteúdo do produto, preservá-lo dos fatores ambientais adversos, garantir a efetividade dos processos de conservação, evitar interações inadequadas, melhorar a aparência, permitir uma visualização adequada, proporcionar facilidade de acesso, facilitar o transporte e fornecer informações ao consumidor (DE AZEREDO; FARIA, 2012). Sendo assim, elas desempenham um papel crucial no setor de alimentos e estão disponíveis em uma variedade de formas e materiais. Devido aos altos níveis de consumo e forte competição nesse mercado, as empresas necessitam buscar diferenciais a fim de se destacar no setor.

No setor de embalagens, o plástico, em particular o poliestireno expandido, tem ganhado grande destaque. Somente no país, cerca de 36,6 mil toneladas deste material são utilizadas anualmente (IMPACTO..., 2022). Segundo a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE), o plástico representa 37,1% da produção de embalagens no país. Esse número gera um impacto ambiental muito grande, visto que, na maioria das vezes, as embalagens são descartadas de forma inadequada após serem utilizadas uma única vez (ESTUDO..., 2021). Considerando que as embalagens produzidas a partir do petróleo podem levar mais de um século para se degradar e apresentam dificuldades para serem recicladas, o uso de materiais provenientes de fontes renováveis e biodegradáveis vem ganhando destaque (CRUZ-TIRADO *et al.*, 2019; ENGEL; AMBROSI; TESSARO, 2019; FERREIRA; MOLINA; PELISSARI, 2020).

Neste sentido, a inovação desempenha um papel fundamental, pois permite a criação de novas soluções objetivando melhorar a qualidade dessas embalagens, como a resistência mecânica, a barreira contra gases e aromas e sistemas de fechamento mais seguros e convenientes para o consumidor (SCHIMMELFENIG; SANTOS; BERNIERI, 2009).

No entanto, há um investimento insuficiente em inovações verdadeiramente sustentáveis no setor de embalagens. Algumas poucas indústrias que optam por embalagens sustentáveis, tendem a utilizar materiais reciclados como uma estratégia de *marketing*, ao invés de se concentrar na produção de embalagens que utilizam matérias-primas sustentáveis e que apresentem uma degradação mais acelerada quando descartadas (LANDIM, 2016).

Algumas pesquisas vêm sendo desenvolvidas a respeito de alternativas biodegradáveis para substituição dos polímeros sintéticos, como a produção de embalagens a partir de resíduos da indústria de cerveja e batata (DA CRUZ *et al.*, 2020; KUBASKI; ITO, 2017).

Durante a produção de cerveja, um subproduto importante e de baixo valor agregado é gerado após a produção do mosto, o bagaço de malte. Este é composto principalmente por material fibroso e representa a maior parte dos coprodutos gerados em todo o processo de produção da cerveja. De forma preocupante, algumas cervejarias ainda descartam seus resíduos sem o devido tratamento. Por isso, é importante buscar outras formas de reaproveitar esses resíduos, reduzindo a quantidade de sólidos descartados em aterros sanitários, melhorando a imagem das indústrias que investem em práticas sustentáveis e potencialmente criando oportunidades econômicas atrativas (KUBASKI; ITO, 2017).

As matérias-primas mais utilizadas na produção de embalagens biodegradáveis são de origem agrícola, com destaque para a batata devido à sua biodegradabilidade, baixa densidade, baixa toxicidade e baixo custo. A batata tem uma outra contribuição importante, que é ser uma fonte de amido, um polímero natural capaz de formar filmes e espumas quando gelatinizado e seco, dependendo do processo utilizado. No entanto, as propriedades hidrofílicas do amido são um obstáculo para sua utilização em embalagens de alimentos devido à sua baixa resistência à água. Para contornar esse problema, a adição de fibra vegetal é uma alternativa promissora, já que ela possui alta resistência, peso reduzido e boas propriedades de barreira (KUBASKI; ITO, 2017).

Algumas substâncias são adicionadas aos polímeros em pequenas quantidades, os chamados aditivos. Eles são usados para modificar as propriedades do material e fornecer estabilidade durante o processamento. Para serem considerados adequados, esses aditivos devem ser eficazes em sua função, estáveis nas condições de processamento, facilmente dispersíveis, atóxicos e de baixo custo (CARR, 2007; RABELLO, 2000). Dessa forma, por conterem essas características, os aditivos utilizados no presente trabalho foram o glicerol e o glutaraldeído.

Nesse contexto, o presente estudo tem o objetivo de desenvolver uma bandeja biodegradável a partir dos resíduos gerados pela indústria cervejeira em combinação com amido de batata, com potencial para substituição das embalagens convencionais de poliestireno expandido, sendo justificada pela necessidade de uma alternativa viável e sustentável para o meio ambiente, substituindo os polímeros sintéticos na produção de embalagens biodegradáveis a base de resíduos de malte descartados das indústrias de cerveja, com a adição de amido de batata, glicerol e glutaraldeído como aditivos. Ademais, a substituição de polímeros sintéticos por materiais biodegradáveis, além de ser uma importante medida para proteger o meio ambiente, conservar os recursos naturais e aumentar a conscientização sobre a importância da adoção de práticas sustentáveis.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma bandeja biodegradável a partir dos resíduos gerados pela indústria cervejeira em combinação com amido de batata, com potencial para substituição das embalagens convencionais de poliestireno expandido.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as propriedades físicas do bagaço de malte e amido de batata utilizados através de análises de umidade;
- Estabelecer o protocolo de produção de uma bandeja biodegradável pelo método de moldagem manual, a partir de diferentes proporções do bagaço de malte e do amido de batata;
- Avaliar as propriedades físicas das bandejas através de análises de densidade, umidade, capacidade de absorção de água, solubilidade em água, dureza e fraturabilidade.
- Analisar a capacidade de biodegradação em solo das bandejas;
- Determinar a carga microbiana no solo antes e depois da biodegradação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão bibliográfica abrange a literatura existente sobre embalagens biodegradáveis feitas a partir do bagaço de malte e amido de batata, a fim de explorar e analisar as principais descobertas e tendências nessa área. Será abordado um panorama geral sobre as embalagens, bem como sobre as embalagens biodegradáveis. Em seguida, serão abordados os temas: resíduos agroindustriais, aditivos para embalagens e biodegradabilidade. Essa estrutura permite obter uma visão abrangente das pesquisas existentes na área, contribuindo para compreensão atual do assunto e identificando possíveis caminhos para estudos futuros.

3.1 Embalagens

As embalagens para alimentos compreendem um invólucro, recipiente ou qualquer tipo de material usado para armazenar, proteger e preservar matérias-primas, produtos semielaborados ou produtos acabados. Essa definição abrange tanto embalagens removíveis quanto não removíveis, e engloba as categorias de embalagens primárias, secundárias e terciárias (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Dentre as diversas funções importantes que as embalagens desempenham, destacam-se a proteção, conservação, fornecimento de informações e facilitação do uso do produto (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

As embalagens têm um papel essencial na proteção e integridade do produto durante o transporte, distribuição e manuseio. Além de garantir a segurança contra choques, elas também atuam como barreiras contra fatores como umidade, oxigênio e luz, preservando a qualidade e prolongando a vida útil do produto. As embalagens fornecem informações importantes para distribuidores e consumidores, permitindo a gestão de estoque, identificação do produto, rastreabilidade, além de conter informações legais e instruções de uso, como facilidades de manuseio, armazenamento e até mesmo preparo e aquecimento do alimento. As embalagens também desempenham um papel no marketing, atraindo a atenção e seduzindo os consumidores no ponto de venda (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

Existem três categorias de embalagens, sendo as embalagens primárias aquelas que têm contato direto com os alimentos. Por sua vez, as embalagens secundárias são usadas para proteger e distribuir as embalagens primárias. Já as embalagens terciárias são empregadas no

transporte, acondicionamento e proteção das embalagens secundárias e primárias (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

O tempo de prateleira dos alimentos é determinado pelas características das embalagens, que devem possuir resistência à umidade, resistência mecânica e evitar a migração de substâncias para o interior da mesma. Durante o transporte, armazenamento e manuseio, os alimentos estão sujeitos a danos causados por contaminação por microrganismos, umidade relativa, temperatura, luz e calor. Além disso, entre as propriedades mecânicas mais importantes, destaca-se a resistência à compressão, tração, torção, impacto e deformação, as quais evitam que as embalagens se danifiquem em circunstâncias como empilhamento, vibração e queda (CARR, 2007).

Segundo Kaisangsri, Kerdchoechuen e Laohakunjit (2012), o material mais utilizado na fabricação de embalagens convencionais, em razão de sua baixa densidade, propriedade de isolamento térmico e seu baixo custo, é o poliestireno expandido. Entretanto, mesmo com todas essas propriedades favoráveis, o poliestireno expandido é um material não biodegradável e que leva anos para se decompor, prejudicando o meio ambiente.

3.1.1 Embalagens de poliestireno expandido

O poliestireno expandido (EPS), comumente chamado de isopor, é um produto sintético derivado do petróleo. Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX), o EPS não contém produtos tóxicos para o meio ambiente, uma vez que sua produção é isenta de CFCs (clorofluorcarbonetos). Porém, o descarte inadequado do mesmo acaba impactando de forma negativa o meio ambiente, uma vez que este material não é biodegradável e não se desintegra. Com o decorrer do tempo, no meio ambiente, o plástico do isopor tende a se fragmentar, resultando na formação de microplásticos, que têm a capacidade de absorver substâncias químicas nocivas, incluindo agrotóxicos, pesticidas e metais pesados, tais como mercúrio e chumbo. Essas substâncias são predominantemente encontradas em rios, lagos e oceanos. Muitas espécies, como peixes, tartarugas, baleias e golfinhos, confundem os microplásticos e pequenos fragmentos de isopor com organismos marinhos, levando-os a ingeri-los. Isso resulta em intoxicação não apenas para os animais marinhos, mas também para qualquer ser que se alimente desses animais, incluindo os seres humanos que os consomem posteriormente (A IMPORTÂNCIA, 2021).

3.1.2 Embalagens biodegradáveis

A biodegradação é um processo natural e complexo em que compostos orgânicos são convertidos em compostos mais simples por meio de mecanismos bioquímicos. Esses compostos são então redistribuídos no meio ambiente, seguindo o ciclo do carbono, nitrogênio e enxofre. Em relação aos polímeros, a biodegradação ocorre quando microrganismos e suas enzimas consomem esses materiais como fonte de nutrientes, desde que haja umidade, temperatura e pressão adequadas (YAM, 2010).

Os materiais plásticos convencionais, feitos de polímeros sintéticos, causam sérios problemas ambientais devido ao longo tempo que levam para se degradar no meio ambiente, além disso, possuem alta massa molar e são hidrofóbicos, dificultando a ação dos microrganismos e suas enzimas na superfície do polímero (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006; MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010). O crescente interesse global pela preservação do meio ambiente tem impulsionado a produção de embalagens biodegradáveis como uma alternativa viável para a gestão desses resíduos (BUCCI; TAVARES; SEL, 2005).

Os polímeros biodegradáveis podem ser produzidos a partir de fontes naturais renováveis, como milho, celulose, batata e cana-de-açúcar. Além disso, podem ser sintetizados por bactérias a partir de pequenas moléculas, como o ácido butírico ou o ácido valérico. Também é possível obter polímeros biodegradáveis derivados de fontes animais, como a quitina, a quitosana ou proteínas (MOHANTY; MISRA; DRZAL, 2005).

O Brasil se destaca pela abundância de recursos naturais renováveis que podem ser utilizados como matriz e materiais de reforço no desenvolvimento de materiais poliméricos biodegradáveis. Entre esses recursos, destacam-se os amidos provenientes da mandioca, milho, batata, trigo e soja, as resinas naturais do caju, a borracha natural e diversas fibras como banana, coco, bagaço de cana-de-açúcar e algodão (SATYANARAYANA; ARIZAGA; WYPYCH, 2009). Além disso, existem outros recursos ainda pouco explorados, como o resíduo fibroso da indústria cervejeira, conhecido como bagaço de malte, que possui potencial para ser utilizado nesse contexto. A utilização adequada desses resíduos não só contribui para minimizar problemas ambientais e energéticos, mas também pode gerar produtos com aplicações relevantes na indústria (PELIZER, 2007).

3.2 Resíduos agroindustriais

A geração de resíduos e subprodutos é uma realidade em todos os setores produtivos. No final do século XX, o aumento da conscientização ecológica evidenciou o desafio crucial que a humanidade enfrenta nas próximas décadas: encontrar o equilíbrio entre a produção de bens e serviços, o crescimento econômico, a igualdade social e a sustentabilidade ambiental (COSTA FILHO *et al.*, 2017).

A gestão dos resíduos gerados pelas diversas atividades humanas se tornou um grande desafio para os municípios, especialmente nos grandes centros urbanos. Os setores agroindustriais e de alimentos são responsáveis por produzir quantidades significativas de resíduos, tanto líquidos quanto sólidos. Esses resíduos podem apresentar desafios consideráveis em relação à sua disposição final e potencial poluente, além de representarem perdas de biomassa e nutrientes valiosos. Ao contrário do passado, onde os resíduos eram frequentemente destinados a aterros sanitários ou utilizados sem tratamento como ração animal ou adubo, atualmente, a minimização, recuperação, aproveitamento de subprodutos e a bioconversão dos resíduos estão se tornando conceitos cada vez mais difundidos e essenciais para as cadeias agroindustriais (LAUFENBERG; KUNZ; NYSTROM, 2003).

Os resíduos agroindustriais são gerados durante o processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar, álcool, entre outros. Sua produção é geralmente sazonal e depende da maturidade da cultura ou disponibilidade da matéria-prima. As águas residuais são geradas a partir de atividades como a lavagem do produto, escaldamento, cozimento, pasteurização, resfriamento e limpeza de equipamentos e instalações de processamento. Os resíduos sólidos são compostos por subprodutos do processo, descartes e resíduos provenientes de embalagens, lodo de sistemas de tratamento de águas residuais, além de resíduos gerados em refeitórios, pátios e escritórios da agroindústria (MATOS, 2005).

3.2.1 Resíduo fibroso da indústria cervejeira

O mercado brasileiro de cerveja possui um volume anual de 14 bilhões de litros, representando 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Com um faturamento anual de aproximadamente R\$ 77 bilhões, o setor ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de cerveja, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, com 46 bilhões e 22 bilhões de litros por ano, respectivamente (CERVBRASIL, 2016; SINDICERV, 2022).

Com o objetivo de suprir a demanda do mercado consumidor, a indústria cervejeira passa por um intenso processo de produção, resultando em significativos volumes de resíduos. A destinação inadequada desses resíduos pode provocar graves impactos ambientais, tais como a contaminação do solo, lençóis freáticos, rios e atmosfera, prejudicando os recursos naturais. É importante destacar que a indústria cervejeira tem um papel significativo na geração de diversos tipos de resíduos, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos (BORGES; SOUZA, 2009).

O resíduo da cervejaria, também conhecido como bagaço de malte (Figura 1), é obtido no início do processo de fabricação da cerveja, a partir da etapa de mosturação. Essa etapa consiste no cozimento em água do malte moído promovendo a hidrólise enzimática do amido em açúcares, que serão consumidos pelas leveduras durante a fermentação. Em seguida, ocorre a filtração do mosto para separar as cascas do malte e outros ingredientes adicionais, sendo o material retido na peneira de filtração, este resíduo de cervejaria, também conhecido como bagaço de malte (LINKO *et al.*, 1998).

A indústria cervejeira é uma grande geradora de resíduos, sendo que a quantidade de resíduo úmido produzido é aproximadamente 30% maior do que a quantidade de cevada utilizada no processo inicial de produção de cerveja. Mesmo nas cervejarias em que o resíduo úmido passa por processos de secagem, estudos mostram que esses processos também podem ter um alto impacto ambiental. Isso ressalta a importância de uma destinação adequada para ele, visando minimizar os impactos ambientais (BROCHIER; CARVALHO, 2009).

Figura 1 - Bagaço de malte após a etapa de mostura



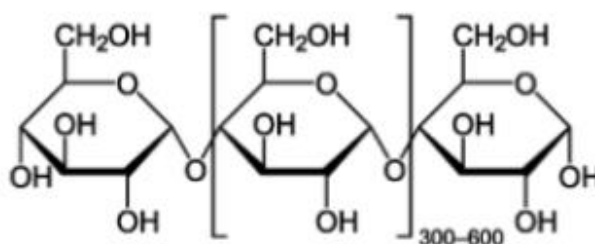
Fonte: Autora, 2023.

3.3 Amido

Conforme previsto na legislação brasileira, os amidos ou féculas são exemplos de polissacarídeos de reserva e de estrutura encontrados nos vegetais (MENDES, 2009). Amido é a designação utilizada para se referir à substância extraída dos grãos de cereais, enquanto fécula é o termo empregado para se referir à substância amilácea extraída de raízes e tubérculos. Em termos de propriedades gerais, a substância é comumente denominada simplesmente como amido (CEREDA, 2001).

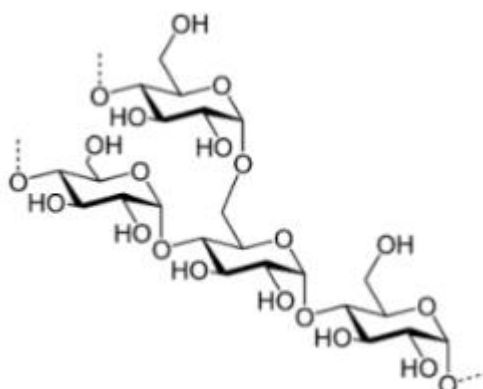
O amido é composto por uma combinação de dois polissacarídeos, amilose e amilopectina, em proporções que podem variar de acordo com a espécie e o grau de maturação (MENDES, 2009). A amilose e a amilopectina possuem estruturas distintas, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

Figura 2 - Estrutura da amilose



Fonte: SCIPIONI (2011)

Figura 3- Estrutura da amilopectina



Fonte: SCIPIONI (2011)

A amilose consiste em uma molécula predominantemente linear composta por unidades de α -D-glicopiranosose conectadas por ligações glicosídicas alfa 1,4, com um número reduzido

de ramificações. Sua estrutura é caracterizada por uma conformação helicoidal, conhecida como α -hélice, que é estabilizada por pontes de hidrogênio formadas entre as hidroxilas das moléculas de glicose. A amilose possui uma massa molar que varia de 105 a 106 g.mol⁻¹ (MENDES, 2009).

A amilopectina exhibe uma estrutura ramificada, composta por cadeias lineares de alfa-D-glicopiranosose conectadas por ligações α -1,4, e cadeias ramificadas que são iniciadas por ligações α -1,6. Sua massa molar geralmente fica em torno de 108 g.mol⁻¹, e sua configuração é caracterizada por uma organização em forma de dupla hélice (CEREDA, 2001).

Os grãos de amido nativos têm a capacidade de absorver água, resultando no seu inchaço, devido à formação de ligações de hidrogênio entre a água e os grupos hidroxilas presentes no amido. No entanto, mesmo quando inchados, os grãos de amido ainda mantêm sua estrutura organizada e cristalinidade. No entanto, quando esses grãos previamente inchados são submetidos a aquecimento, as ligações de hidrogênio são quebradas e, conseqüentemente, a cristalinidade do amido é progressivamente reduzida. Esse processo é conhecido como gelatinização do amido (MENDES, 2009).

Após a gelatinização, as moléculas de amilose, devido à sua estrutura linear, têm a tendência de se alinhar paralelamente umas às outras, permitindo a formação de pontes de hidrogênio intermoleculares. Esse processo é conhecido como retrogradação do amido. A amilose desempenha um papel fundamental nesse fenômeno, enquanto na amilopectina, a retrogradação ocorre principalmente na região periférica de suas moléculas (CEREDA, 2001; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

A retrogradação do amido resulta na diminuição do volume, aumento da firmeza do gel e redução da capacidade de retenção de água pelo polímero, o que é conhecido como sinérese, ou seja, a expulsão da água presente entre as moléculas. Essa característica explica a formação de filmes estáveis e flexíveis a partir do amido gelatinizado (MENDES, 2009).

3.4 Aditivos para embalagens

Os aditivos são substâncias orgânicas ou inorgânicas adicionadas a materiais poliméricos com o objetivo de melhorar a produção, aumentar a flexibilidade e reforçar a resistência do produto final (SOUZA *et al.*, 2012).

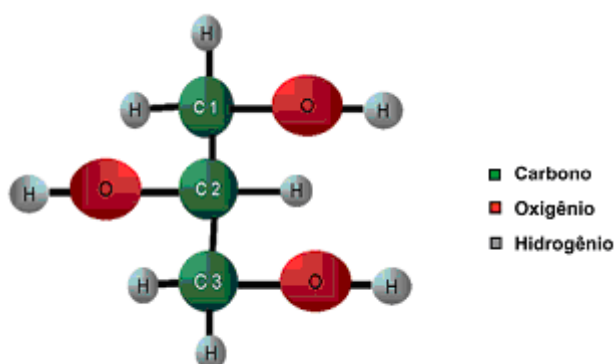
De modo geral, os aditivos devem atender determinados requisitos, como: eficientes em sua função, estáveis nas condições de processamento e serviço, de fácil dispersão, não

migrantes, serem atóxicos e não provocar gosto ou odor, não afetar negativamente as condições do polímero e serem de baixo custo (RABELLO, 2000).

3.4.2 Glicerol

O glicerol pode ser produzido tanto por processos químicos quanto fermentativos. Possui uma gama de aplicações e é utilizado em diversas indústrias, incluindo a cosmética, farmacêutica, alimentícia e química (GUIMARÃES, 2010). O glicerol é um triálcool com três átomos de carbono, também conhecido pelo nome sistemático (IUPAC) de 1,2,3-propanotriol (Figura 4). É um líquido incolor, de sabor adocicado, sem odor e altamente viscoso. Pode ser obtido a partir de fontes naturais ou petroquímicas. No comércio, é comumente referido como glicerina (BEATRIZ; ARAÚJO; LIMA, 2011).

Figura 4 - Fórmula estrutural do glicerol



Fonte: Barros (2021)

Devido à sua citocompatibilidade e biodegradabilidade, o glicerol oferece uma série de benefícios significativos, sendo utilizado em mais de duas mil aplicações distintas. Destacam-se suas aplicações na área farmacêutica, como na produção de medicamentos e plastificantes para cápsulas, na indústria cosmética para produtos de cuidados com a pele e cabelo, bem como na indústria de alimentos e bebidas, onde atua como solvente, adoçante e agente conservante (TAN; AZIZ; AROUA; 2013).

Além das aplicações mencionadas, algumas características do glicerol, como sua solubilidade em água, baixo peso molecular, estrutura polar e não volatilidade, tornam essa substância adequada para ser utilizada como plastificante (DICK, *et al.*, 2015). A utilização do glicerol como plastificante tem contribuído para melhorar as propriedades mecânicas de filmes

biodegradáveis compostos por polissacarídeos. Isso é alcançado ao reduzir a coesão na estrutura do filme, enfraquecer as forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas e diminuir a energia necessária para conferir mobilidade à estrutura do filme (CAZÓN, *et al.*, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2019).

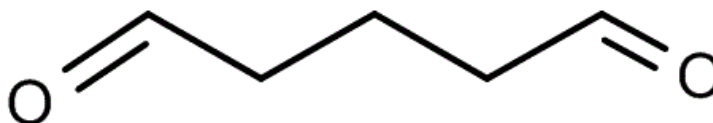
Os plastificantes são substâncias de baixo peso molecular e baixa volatilidade que têm a capacidade de interagir com as cadeias dos materiais poliméricos presentes na estrutura dos filmes (GONÇALVES *et al.*, 2019). A presença de grupos polares (OH) na cadeia dos plastificantes promove a substituição das interações entre polímeros por interações de ligações de hidrogênio entre o plastificante e o polímero nos filmes. Esse efeito pode aumentar a elasticidade do material final, já que o glicerol atua como um agente que separa as cadeias poliméricas (YANG; PAULSON, 2000).

As interações entre plastificante e polímero proporcionam modificações nas propriedades dos filmes, incluindo aumento da flexibilidade, elasticidade (PRIYADARSHI *et al.*, 2018), proteção contra radiação ultravioleta (CAZÓN, VÁZQUEZ, VELÁZQUEZ, 2018), barreira contra a permeação de água e gases (CIANNAMEA *et al.*, 2018) e melhoria das propriedades mecânicas e outras (CAZÓN *et al.*, 2017; DOMÍNGUEZ *et al.*, 2018; SUDERMAN; ISA; SARBON, 2018). Nesse contexto, a aplicação do glicerol em filmes à base de polissacarídeos, com o objetivo de preparar embalagens alimentícias, têm sido amplamente requisitadas devido aos benefícios que proporciona aos filmes (CAZÓN; VÁZQUEZ; VELÁZQUEZ, 2019).

3.4.3 Glutaraldeído

O Glutaraldeído, também conhecido como 1,5-Pentanodial (Figura 5), é um dialdeído com propriedades antimicrobianas de amplo espectro. Ele possui baixo potencial irritante e atua como oxidante e desagregante das paredes celulares, além de ser empregado como aditivo reticulante (GLUTARAL, 2018).

Figura 5 - Estrutura química do glutaraldeído



Fonte: Gomes *et al.* (2007)

Segundo REDDY, REDDY e JIANG (2015), os agentes reticulantes estabelecem novas interações intermoleculares com os grupos funcionais das matrizes, resultando frequentemente em melhorias nas propriedades mecânicas e estabilidade térmica.

3.5 Biodegradabilidade

O termo biodegradável é usado para descrever materiais que podem se decompor em dióxido de carbono, água, metano, compostos inorgânicos ou biomassa, sendo a decomposição principalmente realizada por meio da ação enzimática de microrganismos (ASTM, 1994).

Desta forma, a biodegradação pode ser descrita como o processo de degradação de um material orgânico através da atividade biológica, principalmente pela ação enzimática de microrganismos. Para que a biodegradação ocorra, o material deve servir como nutriente para um conjunto específico de microrganismos, como bactérias, fungos e algas, que possuem as enzimas necessárias para quebrar as ligações químicas na cadeia principal do polímero. Além disso, condições favoráveis de temperatura, umidade, pH e disponibilidade de oxigênio são necessárias para que os microrganismos realizem a biodegradação do material (BASTIOLI, 2005; DE PAOLI, 2008).

Existem diversos métodos descritos na literatura para avaliar a biodegradação. Esses métodos geralmente envolvem o monitoramento do crescimento de microrganismos, o consumo do substrato (polímero), a liberação de CO₂ e as mudanças nas propriedades do polímero (BASTIOLI, 2005). A seguir, são apresentados alguns desses métodos de avaliação.

Avaliação da velocidade de crescimento da colônia de microrganismos em contato direto com o polímero: Neste método, é realizada a avaliação da velocidade de crescimento da colônia de microrganismos em contato direto com o polímero. Para isso, microrganismos potencialmente responsáveis pela degradação dos polímeros são isolados. Amostras dos polímeros são colocadas em contato direto com uma solução contendo os microrganismos, e a

velocidade de biodegradação é avaliada pela taxa de crescimento das colônias de microrganismos (FUKUSHIMA *et al.* 2009).

Medição da velocidade de liberação de CO₂: Neste método, o polímero é imerso em uma solução ou solo adequado para a biodegradação, e a taxa de liberação de CO₂ é medida ao longo do tempo, representando a velocidade de biodegradação do polímero (ITAVAARA; KARJOMAA; SELIN, 2002; LONGIERAS *et al.*, 2007; ROSA *et al.*, 2002; GATTIN *et al.*, 2002).

Compostagem, solos ou aterros sanitários simulados: Neste método, o polímero é colocado em condições controladas de temperatura, pH, umidade e disponibilidade de oxigênio, sendo enterrado. Em intervalos de tempo pré-determinados, são retiradas amostras do polímero para análise, incluindo microscopia, ensaios mecânicos e variação de massa. Essas análises permitem acompanhar a progressão da biodegradação ao longo do tempo (FUKUSHIMA *et al.* 2009; GATTIN *et al.*, 2002; KALE *et al.*, 2007; PELLICANO; PACHEKOSKI; AGNELLI, 2009, BARDI; ROSA, 2007; MAITI; BATT; GIANNELIS, 2007).

A compostagem é um processo controlado de decomposição biológica e transformação de materiais biodegradáveis em uma substância semelhante ao húmus, conhecida como composto. Durante a decomposição dos materiais biodegradáveis, ocorre a produção de dióxido de carbono, água, minerais e matéria orgânica estabilizada, que é utilizada como adubo ou húmus (ASTM, 2004). Dessa forma, os polímeros compostáveis são aqueles que passam por biodegradação durante o processo de compostagem, resultando na formação de CO₂, água, compostos inorgânicos e biomassa, em uma taxa comparável a outros materiais compostáveis conhecidos, sem deixar resíduos visíveis, distintos ou tóxicos (RUDNIK, 2019).

A literatura aborda diversos estudos sobre polímeros com potencial biodegradável, como o poli (ácido láctico) (PLA), poli-hidroxicanoatos (PHA) e polímeros à base de amido. Esses materiais apresentam um impacto ambiental reduzido em comparação aos polímeros não biodegradáveis derivados de fontes fósseis. Os polímeros biodegradáveis têm encontrado ampla aplicação em embalagens de alimentos (tanto rígidas como flexíveis), sacolas e embalagens para uso agrícola (BRITO *et al.*, 2011; LOPEZ *et al.*, 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 Materiais

O bagaço de malte foi cedido de uma produção artesanal da cidade de Bagé-RS e mantido em freezer à -18°C até seu uso, o amido de batata foi obtido no comércio local, e também foram utilizados glicerol P.A (Vetec) e glutaraldeído P.A (Vetec).

Para o desenvolvimento dos experimentos foram utilizados estufa de secagem com circulação de ar (Nova Ética - modelo 400 – 4ND), moinho de facas (Marconi - modelo MA-580), balança analítica (Uni Bloc), chapa de aquecimento (Logen), agitador mecânico (Quimis), agitador de peneiras eletromagnético (Bertel) e TA.XT.plus Texture Analyser.

4.2 Métodos

4.2.1 Preparação do bagaço de malte e amido de batata

O bagaço de malte foi descongelado sob refrigeração (4°C) por um período de aproximadamente 24 h, posteriormente foi colocado em estufa de circulação de ar, a uma temperatura de 60°C durante 24 h.

Após o processo de secagem, o bagaço foi submetido à moagem em um moinho de facas e subseqüentemente passou por um processo de peneiramento utilizando um conjunto de peneiras acopladas a um agitador eletromagnético. Estas peneiras seguem os padrões estabelecidos pela ABNT/ASTM/TYLER. Esse procedimento foi realizado visando atingir uma granulometria uniforme. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos em refrigerador até o momento das análises e elaboração das bandejas.

O amido de batata foi obtido através do comércio local do município de Bagé-RS. O mesmo foi armazenado em recipientes herméticos a temperatura ambiente até o momento da análise de umidade e elaboração das bandejas.

4.2.2 Caracterização do malte e do amido

4.2.2.1 Análise de umidade

A metodologia adotada para a realização do experimento segue as diretrizes estabelecidas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Inicialmente, cerca de 5 g de amostra foram cuidadosamente pesadas em cadinhos de alumínio previamente calibrados. Em seguida, os cadinhos foram submetidos à estufa a uma temperatura de 105°C durante 24 h. Após o processo de secagem, os cadinhos foram resfriados em um dessecador e posteriormente pesados novamente. Para o cálculo da umidade, considerando a base úmida, foi utilizada a Equação 1.

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa úmida}} * 100 \quad (1)$$

4.2.3 Desenvolvimento da bandeja

O processo começa com o tratamento do bagaço de malte, onde o mesmo passa por processos específicos, como moagem e outras etapas de preparação para garantir a remoção de impurezas e obtenção de um material adequado para o próximo estágio.

O bagaço de malte é combinado com outros componentes, como possíveis polímeros naturais, aditivos ou agentes de ligação. Essa mistura é formulada de maneira cuidadosa e precisa, levando em consideração proporções adequadas para alcançar propriedades desejáveis na embalagem final, como resistência, flexibilidade e biodegradabilidade.

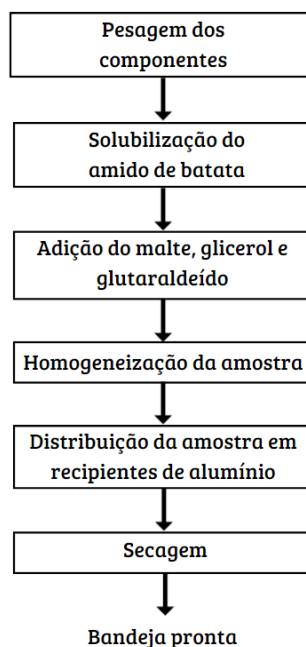
A mistura resultante é então processada para moldagem. Isso pode envolver técnicas de moldagem por injeção, prensagem ou outros métodos de conformação para dar forma à embalagem desejada, como bandejas, recipientes ou outras formas utilizadas na indústria de embalagens.

Após a moldagem, as embalagens passam por testes para avaliar suas propriedades físicas, como resistência, durabilidade, capacidade de proteção dos produtos embalados e suas características de degradação ambiental.

A Figura 6 apresenta uma representação visual dessas etapas, destacando o fluxo do processo de desenvolvimento das embalagens a partir do bagaço de malte. Essa abordagem não apenas oferece alternativas mais ecológicas na indústria de embalagens, mas também contribui

para a redução do desperdício e o aproveitamento mais eficiente dos recursos naturais, promovendo um ciclo mais sustentável e consciente.

Figura 6- Fluxograma do Processamento da Bandeja



Fonte: Autora (2023)

Para a produção das bandejas, o amido de batata foi selecionado devido às suas propriedades intrínsecas, como a capacidade de formar um gel quando combinado com água e exposto ao calor. Este processo de gelatinização é fundamental para conferir coesão e resistência ao material resultante. Uma quantidade determinada de amido, conforme estipulada na Tabela 1, foi adicionada à água e submetida a uma temperatura de 60°C utilizando uma chapa de aquecimento, enquanto era agitada mecanicamente. Esse procedimento permitiu a transformação do amido em um gel, criando a base estrutural da bandeja.

Após a gelatinização e o resfriamento desse gel, foi introduzida uma quantidade determinada de bagaço de malte, glicerol e glutaraldeído (Tabela 1) à mistura. O bagaço de malte foi selecionado por suas características complementares ao amido, buscando melhorar propriedades como resistência e flexibilidade da bandeja final. O glicerol e o glutaraldeído foram adicionados para proporcionar elasticidade e estabilidade ao material, auxiliando na formação e manutenção da estrutura da bandeja.

Posteriormente, a mistura foi homogeneizada para garantir uma distribuição uniforme dos componentes. Esta solução foi então colocada em recipientes de alumínio e submetida a uma

estufa de circulação de ar a uma temperatura constante de 60°C até atingir um peso constante. Esse processo permitiu a evaporação do excesso de água e a solidificação da mistura, resultando na formação das bandejas.

Visando melhorar a confecção das bandejas, foi conduzido um planejamento experimental 2² com 3 pontos centrais para a variável malte e amido, enquanto as variáveis água, glicerol e glutaraldeído foram fixadas proporcionalmente, contemplando sete formulações distintas para a produção de embalagens. Adicionalmente, consultas a literatura especializada foram realizadas para embasar o processo, como os trabalhos de Kubaski e Ito (2017) e Oliveira (2021). As formulações obtidas a partir do planejamento experimental podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1- Formulações das bandejas

| Formulação | Valor codificado | Malte (g) | Valor codificado | Amido (g) | Água (ml) | Glicerol (g) | Glutaralde. (ml) |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| F1 | -1 | 40 | -1 | 2 | 135,25 | 12,6 | 1 |
| F2 | +1 | 70 | -1 | 2 | 231,86 | 21,6 | 1 |
| F3 | -1 | 40 | +1 | 6 | 148,13 | 13,8 | 1 |
| F4 | +1 | 70 | +1 | 6 | 244,74 | 22,8 | 1 |
| F5 | 0 | 55 | 0 | 4 | 190 | 17,7 | 1 |
| F6 | 0 | 55 | 0 | 4 | 190 | 17,7 | 1 |
| F7 | 0 | 55 | 0 | 4 | 190 | 17,7 | 1 |

Fonte: Autora (2023)

4.2.4 Análise das propriedades físicas das bandejas

4.2.4.1 Densidade

A análise de densidade foi realizada através do princípio de Arquimedes, o qual envolve a determinação direta do peso da embalagem e sua divisão pelo volume correspondente, resultando em uma unidade de medida em g/cm³ (MONTANHEIRO, 2004).

4.2.4.2 Umidade da bandeja

A análise de umidade da bandeja foi realizada conforme o item 4.2.2.1.

4.2.4.3 Capacidade de Absorção de Água

O estudo da absorção de água da bandeja foi realizado conforme a norma ASTM D 570 (STANDARD..., 2022). Os corpos de prova foram medidos, pesados e imersos em água destilada, à temperatura ambiente, durante 1 min. Após esse período, os corpos de prova foram pesados novamente. A capacidade de absorção de água foi calculada utilizando a Equação 2.

$$\text{Quantidade de água (\%)} = \frac{\text{massa úmida} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} \quad (2)$$

4.2.4.4 Solubilidade em água

Os testes de solubilidade foram realizados em triplicata, aderindo a metodologia proposta por Torres *et al.* (2017). Amostras 3x3 cm foram cortadas e armazenadas por sete dias em um dessecador com sílica, a temperatura ambiente. As amostras foram pesadas e acondicionadas em erlenmeyers contendo 80 ml de água destilada, mantidos em shaker de agitação (100 rpm) por 1 h a 25°C. Após isso, as amostras foram removidas da solução por meio de uma filtração a vácuo e secas em estufa de circulação de ar a 60°C por 4 h. O percentual de material solúvel foi calculado a partir da Equação 3.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100 \quad (3)$$

4.2.4.5 Dureza e Fraturabilidade

Avaliou-se a resistência das bandejas a forças externas, como compressão ou cisalhamento, utilizando probe HDP/3PB no Texturômetro TA.XT. plus Texture Analyser. Este teste visou determinar a capacidade da embalagem de suportar forças antes de romper. As amostras para o teste mecânico foram cortadas em dimensões de 25 mm por 80 mm e ajustadas às probes do equipamento, cuja distância inicial era de 100 mm, a velocidade de teste de 1,7 mm/s e a força de gatilho de 0,05 N. A Figura 7 mostra o equipamento texturômetro com corpo de prova.

Figura 7- Análise no texturômetro



Fonte: Autora (2023)

4.2.5 Biodegradabilidade

Para a determinação da biodegradabilidade das bandejas, foram consultadas a NBR 15448-1:2007, a NBR 15448-2:2007 e a EN 13432:2000, além de se utilizar o método segundo Martucci e Ruseckaite (2009), com modificações, onde as amostras de bandeja de tamanhos 3x2 cm foram enterradas, a uma profundidade de aproximadamente 3 cm a partir da superfície. A cada sete dias, o solo foi borrifado com água para manter um nível adequado de umidade. A avaliação da biodegradabilidade das bandejas foi realizada por meio de observação visual, uma vez que as medidas gravimétricas se mostram inviáveis devido à forte aderência do solo nas amostras. Além disso, foram conduzidas análises do solo para determinar a quantidade de bolores, leveduras e mesófilos totais, tanto antes como após o processo de degradação, com o propósito de quantificar os microrganismos presentes e estabelecer uma comparação entre os dois momentos.

4.2.6 Bolores, leveduras e mesófilos totais

O método utilizado para quantificar bolores e leveduras é a contagem padrão em placas, onde se determina o número de unidades formadoras de colônias (UFC). O método mais

recomendado é o plaqueamento em superfície, pois ele amplia a exposição ao oxigênio e reduz o impacto do estresse gerado pelo meio de cultura aquecido (SILVA *et al*, 2017).

A análise foi realizada seguindo a APHA 21:2015, com modificações, onde se solidificou o ágar batata em placas de Petri, seguida da inoculação do solo homogeneizado com água peptonada nas diluições de 10^{-2} a 10^{-6} . Posteriormente, as placas foram incubadas a 25°C por um período de 5 dias (SILVA *et al*, 2017).

Para contagem de mesófilos totais em placas, também conhecida como contagem padrão em placas, é o método mais utilizado para avaliar a presença de populações bacterianas. A contagem geralmente é realizada por meio do método de contagem em profundidade (SILVA *et al*, 2017).

A análise foi conduzida conforme a APHA 08:2015. O solo, homogeneizado com água peptonada em diluições de 10^{-2} a 10^{-5} , foi distribuído em placas de Petri, posteriormente cobertas com ágar PCA. Após a solidificação, as placas foram incubadas a 35°C por 48 h (SILVA *et al*, 2017).

4.2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de comparação de Tukey, utilizando o software gratuito Past, com um nível de confiança de 95%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do malte e do amido

5.2.1 Análise de umidade

O teor de umidade encontrado na Tabela 2 para o bagaço de malte e o amido de batata estão similares com dados encontrados na literatura. Segundo Morosini, Bortoluzzi e Müller (2018), a porcentagem média de umidade do bagaço de malte foi de 6,38 % \pm 0,56, para uma secagem de 9 h a 70°C em estufa com sistema de circulação de ar forçada. Outros autores também conduziram a secagem do bagaço de malte em estufa. Luft (2016) empregou a secagem em estufa com circulação de ar a 60°C, realizando o processo de secagem ao longo de 72 h e alcançando uma umidade final de 5,27%. No que diz respeito ao amido de batata, Rodrigues (2020) obteve um teor de umidade de 18,03% \pm 0,14 ao realizar a secagem a 105°C até a obtenção de uma massa constante, enquanto Alexandrino (2006) registrou um valor de 17,08% \pm 0,13 de umidade ao empregar a secagem a 130°C ao longo de uma hora.

Tabela 2- Teor de umidade

| | Bagaço de Malte | Amido de Batata |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| Umidade (%) | 6,03 \pm 0,08 | 13,75 \pm 0,22 |

Fonte: Autora (2023)

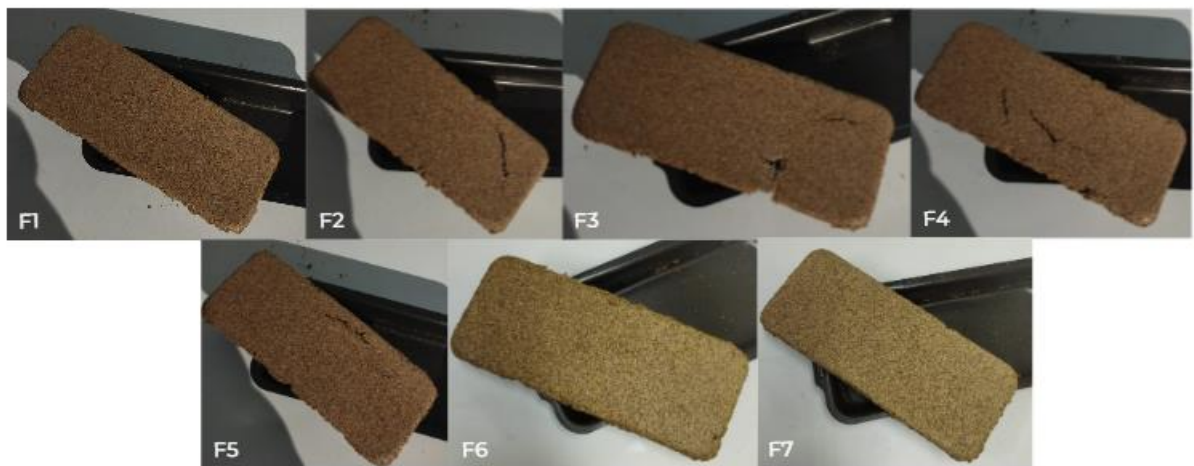
5.2 Obtenção das bandejas

As embalagens poliméricas revelaram ser de fácil formação. Contudo, a desmoldagem revelou-se ineficiente, resultando em algumas rupturas nas laterais de certas formulações. Para alcançar resultados mais eficazes, a inclusão de etapas como prensagem, termoformagem ou moldagem a vácuo seriam necessárias. Para cada formulação individual, observou-se que a simples secagem em estufa de circulação de ar, sem passar por algum dos processos mencionados anteriormente, levou à formação de bandejas com variações notáveis em sua espessura. Isso resultou na falta de homogeneidade das embalagens produzidas (Figuras 7, 8 e

9). Além disso, a quantidade de malte foi variada em cada formulação, justificando a diferença de espessura entre as amostras.

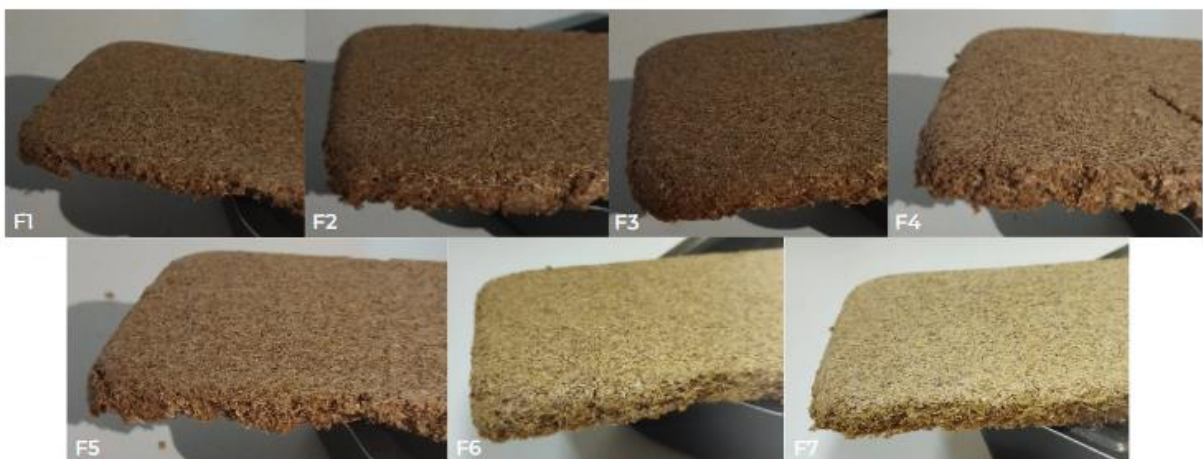
Ivano (2013) empregou o processo de termoformagem com uma faixa de temperatura de 150 a 160°C, pressão de 100 bar e um tempo de 7 min para confeccionar bandejas de amido reforçadas com bagaço de malte. O autor destacou que os materiais resultantes da termoformagem mantiveram sua integridade, assumindo uma forma moldada e não apresentaram qualquer indício de queima após o tratamento térmico.

Figura 8- Visão da parte inferior das bandejas



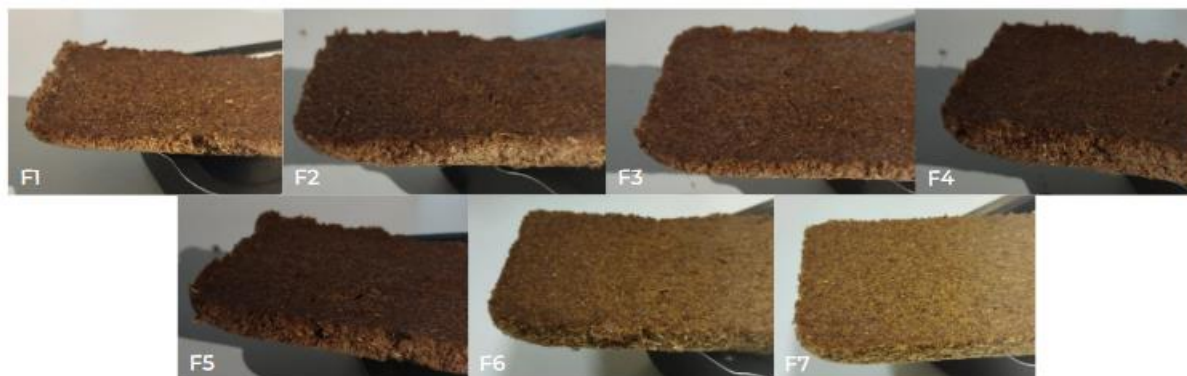
Fonte: Autora (2023)

Figura 9- Espessura das bandejas com visão da parte inferior



Fonte: Autora (2023)

Figura 10 - Espessura das bandejas com visão da parte superior



Fonte: Autora (2023)

A formulação 1 não revelou rachaduras, porém demonstrou fragilidade ao toque. Tanto as formulações 2 quanto a 4 apresentaram-se grossas e com presença significativa de farelo. A formulação 3 exibiu algumas rachaduras e fragilidade estrutural. Por outro lado, as triplicatas 5, 6 e 7 demonstraram-se mais uniformes e resistentes.

5.3 Análise das propriedades físicas das bandejas

Tabela 3- Propriedades físicas das bandejas

| Formulação | Densidade (g/cm ³) | Umidade (%) | Absorção de Água (%) | Solubilidade em Água (%) | Dureza e Fraturabilidade (N) |
|------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|
| F1 | 0,36 | 10,64 ± 1,08 ^a | 1,17 ± 0,11 ^a | 42,55 ± 0,27 ^a | 1,54 ± 0,07 ^b |
| F2 | 0,39 | 8,14 ± 0,21 ^a | 1,28 ± 0,09 ^a | 45,05 ± 0,48 ^a | 3,58 ± 0,84 ^{ab} |
| F3 | 0,46 | 8,92 ± 0,19 ^a | 1,11 ± 0,25 ^a | 50,35 ± 0,78 ^a | 3,83 ± 0,007 ^{ab} |
| F4 | 0,46 | 12,83 ± 0,74 ^a | 1,13 ± 0,25 ^a | 49,85 ± 4,65 ^a | 6,35 ± 1,07 ^a |
| F5 | 0,50 | 12,66 ± 0,66 ^a | 1,29 ± 0,15 ^a | 44,84 ± 1,33 ^a | 3,51 ± 0,77 ^{ab} |
| F6 | 0,47 | 8,87 ± 0,75 ^a | 1,17 ± 0,21 ^a | 46,51 ± 1,40 ^a | 4,08 ± 0,41 ^{ab} |
| F7 | 0,46 | 9,36 ± 0,87 ^a | 1,15 ± 0,03 ^a | 42,91 ± 0,71 ^a | 5,46 ± 2,43 ^{ab} |

Fonte: Autora (2023)

A densidade desempenha um papel crucial na avaliação de embalagens, uma vez que oferece uma medida indireta da quantidade de água presente. Uma densidade elevada indica a

presença de poucos e pequenos vazios na estrutura da espuma, o que resulta em uma embalagem mais resistente. Já um valor baixo de densidade, indica que há mais espaços vazios e possivelmente células maiores ou menos compactas. Isso pode levar a uma estrutura menos resistente em termos de rigidez e capacidade de suportar cargas. Considerando que o EPS (isopor) é reconhecido por sua característica de baixa densidade, com valores geralmente variando de 9 a 40 kg/m³ (AMBIENTEBRASIL, 2009), as formulações desenvolvidas apresentaram altas densidades.

Kubaski e Ito (2017), em seu trabalho sobre o desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja, encontraram um valor de 154,82 g/cm³ para densidade de sua embalagem, demonstrando que a mesma possui maior resistência quando comparada com os valores obtidos no presente trabalho. Essa diferença de resultados pode se justificar pelo uso de diferentes aditivos, como emustab, liga neutra e pectina, além da técnica de secagem empregada pelos autores, a qual foi o método foam-mat. O método consiste na secagem de alimentos líquidos ou semilíquidos, incorporando ar em sua estrutura e adicionando agentes emulsificantes, gerando uma espuma estável.

Quando comparada com o trabalho desenvolvido por Carr (2007), as densidades encontradas estão coerentes, uma vez que a autora encontrou um valor médio de 0,23 g/cm³ para suas embalagens a partir da fécula de mandioca.

Em relação a umidade, as formulações variaram de 8,14 a 12,83%. Essa faixa de umidade se mostra adequada para o armazenamento de alimentos secos e desidratados, uma vez que os mesmos têm níveis de umidade que variam de 15 a 25% (TRAVAGLIN, 1986). Com isso, ao se atingir o equilíbrio higroscópico entre a embalagem e o alimento, nenhum dos dois perderá de forma significativa suas características. Portanto, as bandejas desenvolvidas podem ser consideradas ideais para preservar a qualidade, sabor e durabilidade desses alimentos.

Os resultados obtidos em relação ao teor de absorção de água revelaram-se satisfatórios ao serem comparados com a capacidade de absorção de água do isopor. Conforme demonstrado no estudo de Naime *et al.* (2012), o isopor apresenta uma capacidade de absorção em torno de 3,42%, e os valores encontrados no presente trabalho ficaram em torno de 1,18%.

Os resultados relativos à solubilidade em água indicaram cerca de 46%, evidenciando a capacidade das bandejas de se dissolverem ou se degradarem quando em contato com esse líquido. Comparativamente, a pesquisa conduzida por MÜCKE (2020) em sua dissertação sobre embalagem ativa de amido termoplástico revelou uma média de 22,88% de solubilidade em água. Isso destaca que as bandejas desenvolvidas neste estudo têm uma tendência maior para

dissolução em água. Essa disparidade nos resultados pode ser atribuída à variação dos materiais utilizados nos dois estudos.

Com relação a dureza e fraturabilidade, a mesma é um parâmetro fundamental para avaliar a resistência de um material à aplicação de uma carga externa antes de ocorrer sua ruptura ou deformação. No contexto das bandejas analisadas, a dureza e fraturabilidade média foi determinada como 6,75 N/m².

Ao comparar esse resultado com a resistência à compressão do isopor, que normalmente varia entre 68 x 10³ N/m² e 137 x 10³ N/m² (AMBIENTEBRASIL, 2009), percebe-se uma notável diferença entre os valores. A resistência à compressão do isopor indica a quantidade de força por unidade de área que o material pode suportar antes de entrar em colapso sob compressão.

A dureza e fraturabilidade das bandejas, demonstra uma resistência muito menor em comparação com a resistência à compressão do isopor. Isso sugere que as bandejas possuem uma capacidade significativamente inferior de suportar cargas externas em comparação com o isopor.

Realizando a análise estatística, pode-se perceber que para as análises de variância (ANOVA) da umidade, absorção de água e solubilidade, não houve diferença significativa entre as formulações. Portanto, ao comparar as médias desses parâmetros usando o teste de Tukey, verificou-se que as respostas foram similares, indicadas pela letra "a".

Para análise de variância da dureza e fraturabilidade, o valor do F calculado foi muito próximo ao F tabelado. Diante disso, o teste de Tukey foi realizado para avaliar os resultados da dureza e fraturabilidade. A interpretação desse teste revelou que os tratamentos marcados com a mesma letra não apresentam diferença estatisticamente significativa entre si.

5.4 Biodegradabilidade

No primeiro teste, um corpo de prova era retirado do solo a cada sete dias e analisado visualmente. Na primeira semana, possivelmente, as amostras ganharam massa devido a absorção de água e o acúmulo de terra na superfície da bandeja. Após esse período, pode-se perceber visualmente que as amostras estavam perdendo massa devido à atividade dos microrganismos decompositores. Após 74 dias, as amostras de bandeja haviam se degradado por completo (Figura 11).

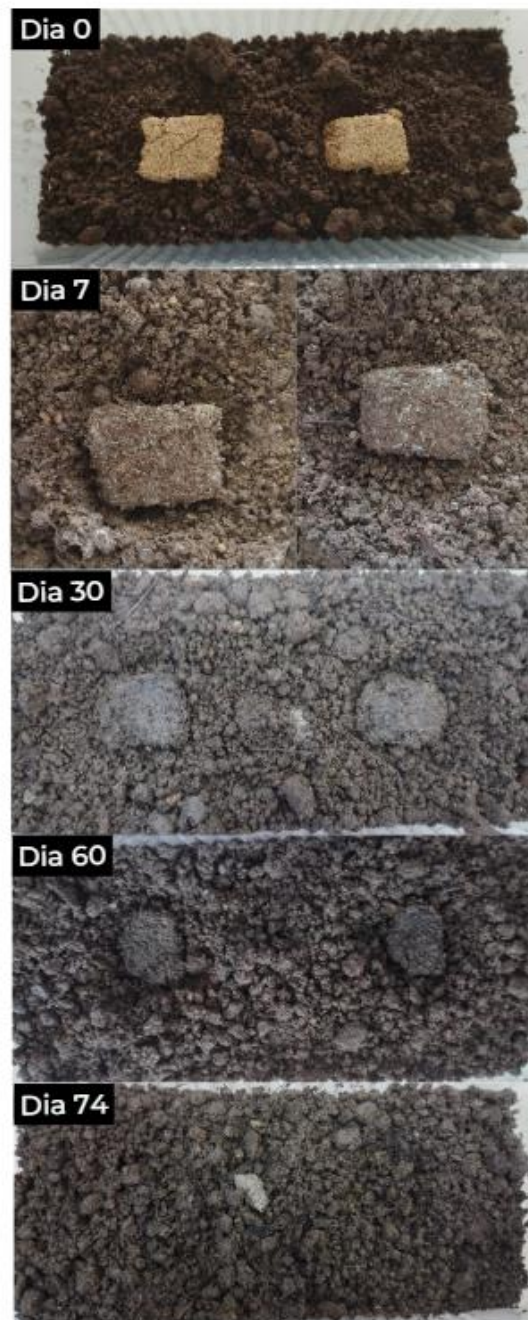
Um segundo teste foi realizado, no qual as amostras não foram monitoradas semanalmente. Os corpos de prova foram enterrados nas mesmas condições do primeiro teste e

desenterrados após 48 dias. De maneira promissora e positiva, todas as amostras haviam se degradado de forma completa.

A degradação de polímeros naturais, como proteínas, amido e celulose, no solo, acontece em duas etapas distintas. A primeira fase envolve uma hidrólise simples que decompõe a fração amilácea sem impactar a estrutura da bandeja. Na segunda fase, ocorre a degradação dos compostos por meio de enzimas microbianas, resultando na formação de fragmentos na superfície da mistura de polímeros. Isso permite a assimilação dos subprodutos pelos microrganismos do solo (SHIMAO, 2001).

O tempo necessário para a degradação das bandejas demonstrou ser significativamente inferior quando comparado aos polímeros sintéticos. Em estudos conduzidos por Santos *et al.* (2013), a degradação das sacolas de polietileno convencional foi avaliada em condições controladas de laboratório, onde não foi observada uma degradação significativa ao longo de um período de incubação de 180 dias. Por sua vez, Albertsson e Karlsson (1990) identificaram alterações substanciais que indicaram a progressão dos estágios no processo de degradação do PE em solo. Ao acompanhar um sistema de biotratamento ao longo de 10 anos, esses autores destacaram a resistência do material à degradação em condições naturais. Em um estudo mais prolongado, Otake *et al.* (1995) investigaram a biodegradação no solo por mais de 32 anos, não encontrando qualquer evidência de degradação para a resina de poliestireno.

Figura 11- Análise de biodegradabilidade



Fonte: Autora (2023)

5.5 Bolores, leveduras e mesófilos totais

Os resultados das contagens de bolores e leveduras, juntamente com os mesófilos totais, antes e após o processo de biodegradação das amostras de bandeja no solo (Tabela 4), revelaram informações sobre a dinâmica microbiana envolvida nesse processo.

Tabela 4- Contagem de microrganismos

| | Bolores e Leveduras | Mesófilos Totais |
|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Antes da biodegradação | 9,6 x 10 ⁴ UFC/g | 6,9 x 10 ⁴ UFC/g |
| Após a biodegradação | 18 x 10 ⁷ UFC/g | 8,2 x 10 ⁶ UFC/g |

Fonte: Autora (2023)

Antes da biodegradação, a contagem de bolores e leveduras mostrou uma média de 9,6 x 10⁴ UFC/g, indicando uma presença considerável desses microrganismos no solo. Esta alta contagem inicial sugeriu um ambiente favorável para a atividade microbiana, um fator essencial para os processos de biodegradação. Isso evidenciou a existência de uma comunidade microbiana ativa e propensa a participar ativamente no processo de degradação das bandejas.

Após o período de 60 dias de análise, a contagem de bolores e leveduras aumentou significativamente para uma média de 18 x 10⁷ UFC/g. Este aumento expressivo na contagem indicou um crescimento substancial na população de bolores e leveduras durante a degradação das bandejas, apontando para uma proliferação desses microrganismos. Esse aumento na contagem sugere uma resposta ativa dos microrganismos à disponibilidade de material orgânico gerado pela degradação das bandejas. Essa resposta microbiana reforça a eficácia do processo de biodegradação, indicando que os microrganismos desempenham um papel fundamental na decomposição dos materiais orgânicos (COMUNICAÇÃO, 2020).

Paralelamente, a contagem inicial de mesófilos totais foi de 6,9 x 10⁴ UFC/g, representando uma comunidade diversificada de microrganismos adaptados a condições moderadas de temperatura e pH (CARELI; DUARTE; PEREIRA, 2011). Após o mesmo período de 60 dias, a contagem aumentou consideravelmente para uma média de 8,2 x 10⁶ UFC/g. Esse incremento substancial na população de mesófilos totais destaca uma resposta ativa desses microrganismos ao material orgânico proveniente da degradação das bandejas. A presença e o aumento desses mesófilos sugerem um papel essencial na decomposição dos resíduos orgânicos, reforçando a eficácia do solo como um ambiente propício para o processo de biodegradação (SOUZA, 2016).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto no presente trabalho, pode-se concluir que a elaboração de embalagens a partir do bagaço de malte e amido de batata, mostram-se como uma alternativa sustentável para o meio ambiente. As formulações não apenas demonstraram facilidade no processo de fabricação, mas também exibiram completa biodegradação em apenas 48 dias.

As formulações não apresentaram diferenças significativas nos resultados de umidade, absorção de água e solubilidade em água, mas divergiram no teste de dureza e fraturabilidade. A formulação 4 demonstrou a maior dureza e fraturabilidade, com uma média de $6,35 \text{ N} \pm 1,07$, entretanto, esta também se mostrou excessivamente espessa, apresentando uma quantidade significativa de farelos. As formulações que exibiram melhores características visuais e maior uniformidade em sua estrutura foram as triplicatas 5, 6 e 7.

A metodologia aplicada revelou-se economicamente viável e de operação simples, possibilitando o uso de matérias-primas sustentáveis, que não causam danos ao meio ambiente e se degradam de maneira ágil.

REFERÊNCIAS

- A IMPORTÂNCIA do EPS para a indústria brasileira - ABRAPEX**, 9 nov. 2021. Disponível em: <http://abrapex.com.br/a-importancia-do-eps-para-a-industria-brasileira/>. Acesso em: 2 jul. 2023.
- ALBERTSSON, A. C.; KARLSSON, S. A influência de ambientes bióticos e abióticos na degradação do polietileno. **Progresso na ciência dos Polímeros**, v. 15, n. 2, p. 177-192, 1990. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/007967009090027X>. Acesso em: 01 dez. 2023.
- ALEXANDRINO, C. D. **Utilização dos amidos de milho e de batata na elaboração de tapioca**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006. Disponível em: <https://ppgcta.ufc.br/wp-content/uploads/2018/08/cristianealexandrino.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- AMBIENTEBRASIL, R. **Isopor - Características**. **Ambientebrasil - Ambientes**, 29 jan. 2009. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/isopor/isopor_-_caracteristicas.html. Acesso em: 8 dez. 2023
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-1: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 1: Terminologia**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/25746/nbr15448-1-embalagens-plasticas-degradaveis-e-ou-de-fontes-renovaveis-parte-1-terminologia>. Acesso em: 01 dez. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-2: Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis - Parte 2: Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/26890/identificar/visitante>. Acesso em: 01 dez. 2023.
- DE AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F.; BRITO, E. S. Embalagens e suas interações com os alimentos. In: DE AZEREDO, H. M. C. (Ed. Tec.). **Fundamentos de estabilidade de Alimentos**, p. 223-252, 2012. Disponível em: https://www.academia.edu/41449710/Fundamentos_de_estabilidade_de_Alimentos. Acesso em: 23 mar. 2023.
- BARDI, M. A. G.; ROSA, D. S. Avaliação da biodegradação em solo simulado de poli (ϵ -caprolactona), acetato de celulose e suas blendas. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 26, n. 1, 2007. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/rbav/index.php/rbav/article/view/15>. Acesso em: 07 jun. 2023.
- BARROS, T. D. **Glicerol - Portal Embrapa**, 08 de dez. 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/p-d-e-i/biodiesel/glicerol#:~:text=O%20glicerol%20\(1%2C2%2C,sab%20do%20azeite%20de%20oliva](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/p-d-e-i/biodiesel/glicerol#:~:text=O%20glicerol%20(1%2C2%2C,sab%20do%20azeite%20de%20oliva). Acesso em: 02 jul. 2023.
- BASTIOLI, C. Rapra Technology Limited. **Handbook of biodegradable polymers**. Rapra Technology: Shrewsbury, 2005. Disponível em:

https://www.academia.edu/4243818/Handbook_of_Biodegradable_Polymers. Acesso em: 07 jun. 2023.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y. JK; LIMA, D. P. de. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. **Química Nova**, v. 34, p. 306-319, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/NqSy7HhrLpMWnMpcHHXR5Js/?lang=pt>. Acesso em: 19 maio 2023.

BORGES, M. S.; SOUZA, S. P. N. Meio ambiente X indústria de cerveja: Um estudo de caso sobre práticas ambientais responsáveis. In: **Anais do V Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Niterói: Gestão do conhecimento para a Sustentabilidade, 2009. p. 1-19. Disponível em: https://cneg.org/anais/download.php?acao=anais&evento=CNEG2009&codigo=T8_0140_0702.pdf. Acesso em: 11 maio 2023.

BRITO, G. F. *et al.* Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewFile/222/204>. Acesso em: 07 jun. 2023.

BUCCI, D. Z.; TAVARES, L. B. B.; SELL, I. Packaging for the storage of food products. **Polymer Testing**, v. 24, n. 5, p. 564- 571, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2005.02.008>. Acesso em: 07 jun. 2023.

CARELI, R. T.; DUARTE, E. R.; PEREIRA, A. L. A. Metabolismo microbiano. **Microbiologia Básica para Ciências Agrárias**, p. 61, 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/64199369-Microbiologia-basica-para-ciencias-agrarias.html>. Acesso em: 10 dez. 2023.

CARR, L. G. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável tipo espuma a partir de fécula de mandioca**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) -São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-08012008-150706/en.php>. Acesso em: 30 mar. 2023.

CAZÓN, P. *et al.* Polysaccharide-bases films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 136-148, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X16304155>. Acesso em: 20 maio 2023.

CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M.; VELAZQUEZ, G. Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency. **Carbohydrate polymers**, v. 195, p. 432-443, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861718305150?casa_token=hV3Eu_qyXxcAAAAA:VcyBpAE-EYzBKfiO-9EGKdRIZSXn6bGzCzXyhuH7EKGszoypg3z_zsnnHJXUc1vmhbiOXLb6SUvr. Acesso em: 20 maio 2023.

CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; VÁZQUEZ, M. Novel composite films from regenerated cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol: Mechanical and barrier properties. **Food Hydrocolloids**, v. 89, p. 481-491, 2019. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X18317168?casa_token=2ZTab1dXgV4AAAAA:qNfg_aSlfIHpz0QuDodwxBIPZfvz-nq2UyCY8rZGeDW2l6OZH8B92RwKAlOClS9H29q9OgZWWf6. Acesso em: 20 maio 2023.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido, agricultura**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v.1, p. 13-204. (Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas). Disponível em: [https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=250398&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22CEREDA,%20M.%20P.%20\(Coord.\)%22&qFacets=autoria:%22CEREDA,%20M.%20P.%20\(Coord.\)%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=250398&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22CEREDA,%20M.%20P.%20(Coord.)%22&qFacets=autoria:%22CEREDA,%20M.%20P.%20(Coord.)%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1). Acesso em: 20 maio 2023.

CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário 2016**. São Paulo. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf. Acesso em: 02 jul. 2023.

CIANNAMEA, E. M. *et al.* Barrier properties and mechanical strength of bio-renewable, heat-sealable films based on gelatin, glycerol and soybean oil for sustainable food packaging. **Reactive and Functional Polymers**, v. 125, p. 29-36, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1381514818301329?casa_token=A63s73JFBMgAAAAA:MKIk0P_pj7MYbm5_tUkHMP3y4pUTBxke6elREkRdhJrUNCXyc3hBghiSkIPwkK8dkwX5gkoh2hYa. Acesso em: 20 maio 2023.

COMUNICAÇÃO, B. A B. **Microbiologia do solo e seu papel para uma agricultura de sucesso. TMF Fertilizantes**, 6 ago. 2020. Disponível em: <https://tmffertilizantes.com.br/microbiologia-do-solo-importancia/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

COSTA FILHO, D. V. *et al.* Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias–COINTER–PDVAgro**. 2017. Disponível em: <https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/APROVEITAMENTO-DE-RES%3%8DDUOS-AGROINDUSTRIAIS-NA-ELABORA%3%87%3%83O-DE-SUBPRODUTOS.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2023.

CRUZ-TIRADO, J. P. *et al.* The addition of sugarcane bagasse and asparagus peel enhances the properties of sweet potato starch foams. **Packaging Technology and Science**, v. 32, n. 5, p. 227-237, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pts.2429>. Acesso em: 12 abr. 2023.

DA CRUZ, J. C. *et al.* Bandejas expandidas de amido de batata reforçadas com bagaço de malte. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e875997630-e875997630, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7630>. Acesso em: 12 abr. 2023.

DE PAOLI, M. A. Degradação e Estabilização de Polímeros, 2ª Versão. **Editora Chemkeys**, 2008. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/427864109/Degradacao-e-Estabilizacao-de-Polimeros#>. Acesso em: 23 mar. 2023.

DICK, M. *et al.* Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 130, p. 198-205, 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715004464>. Acesso em: 20 maio 2023.

DOMÍNGUEZ, R. *et al.* Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review. **Food research international**, v. 113, p. 93-101, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918305283?casa_token=CqiD5Op4Bi0AAAAA:MwegYqm47-YdMTtFV-4AcDceXdboaCZUdH3mY1NruE-XVvjP5Q2EA0Q7VXVSin75tOWRy13E3a6. Acesso em: 20 maio 2023.

ENGEL, J. B.; AMBROSI, A.; TESSARO, I. C. Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging. **Carbohydrate Polymers**, v. 225, p. 115234, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861719309014>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ESTUDO abre macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo, [2021]. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2020-2/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 13432: Packaging - Requirements for packaging recoverable by composting and biodegradation - Test schemes and evaluation criteria for the final acceptance of packaging**, 2000.

FERREIRA, D. CM; MOLINA, G.; PELISSARI, F. M. Biodegradable trays based on cassava starch blended with agroindustrial residues. **Composites Part B: Engineering**, v. 183, p. 107682, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359836819335930>. Acesso em: 12 abr 2023.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros Biodegradáveis: uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QXT9wMDfVQ9PrhbVsp8b3Pc/?lang=pt>. Acesso em: 23 jun. 2023.

FUKUSHIMA, K. *et al.* Biodegradation of poly (lactic acid) and its nanocomposites. **Polymer Degradation and Stability**, v. 94, n. 10, p. 1646-1655, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391009002419?casa_token=B147JOXMheMAAAAA:LHFKOZoXe9Sj3MYNFiAkTIQ7_7WxT_d5XBT4y01x79kCMQqD7MhKoWdyC1zSWlh_vTwSKZV7EBXW. Acesso em: 07 jun. 2023.

GATTIN, R. *et al.* Biodegradation study of a starch and poly (lactic acid) co-extruded material in liquid, composting and inert mineral media. **International biodeterioration & biodegradation**, v. 50, n. 1, p. 25-31, 2002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830502000392?casa_token=9oUxZIk7_QwAAAAA:2Fcc64O963mEfecNlthZ_4BMzWGqj6s1wCZYGDdKCuSdTP2x8o4oAZRaM5RxONoSh-2Sh98hfUVx. Acesso em: 07 jun. 2023.

GLUTARAL - IQB. **Laboratórios IQB**. 2018. Disponível em: <https://www.laboratorioiqb.com.ar/glutaral-br.html>. Acesso em: 2 jul. 2023.

GOMES, S. M. *et al.* **Glutaraldeído em estabelecimentos de assistência à saúde - Fundamentos para a utilização**. Informe Técnico n° 04/07. 2007. Disponível em:

http://www.saude.mt.gov.br/upload/controle-infeccoes/pasta3/informe_tecnico_n_4_200_glutaldeido_em_estabelecimentos_de_assistencia_a_saude.pdf. Acesso em: 02 jul. 2023.

GONÇALVES, S. M. *et al.* Structure and functional properties of cellulose acetate films incorporated with glycerol. **Carbohydrate polymers**, v. 209, p. 190-197, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861719300463>. Acesso em: 20 maio 2023.

GUIMARÃES, J. L. **Preparação e caracterização de compósitos de amido plastificado com glicerol e reforçados com fibras naturais vegetais**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná. Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Engenharia, Curitiba, 2010. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26873>. Acesso em: 19 maio 2023.

IMPACTO ambiental: quais os índices de utilização de isopor no brasil?, 2022. Disponível em: <https://www.smurfitkappa.com/br/newsroom/blog/impacto-ambiental-quais-os-indices-de-utilizacao-de-isopor-no-brasil>. Acesso em: 2 jul. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: 1 ed. digital, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

ITAVAARA, M.; KARJOMAA, S.; SELIN, JF. Biodegradation of polylactide in aerobic and anaerobic thermophilic conditions. **Chemosphere**, v. 46, n. 6, p. 879-885, 2002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653501001631?casa_token=ilr0Lo9mvYEAAAAA:IMiBWfww4xRRRqWdVfKb5M6RTkHXlAem5M8V2itk_3xrsSMfW4A8RvztMWhpNVoS8CgECDQT6Xci. Acesso em: 07 jun. 2023.

KAISANGSRI, N.; KERDCHOECHUEN, O.; LAOHAKUNJIT, N. Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 542-546, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011003311>. Acesso em: 19 maio 2023.

KALE, G. *et al.* Compostability of bioplastic packaging materials: an overview. **Macromolecular bioscience**, v. 7, n. 3, p. 255-277, 2007. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mabi.200600168?casa_token=3vgm4NW_ZKUAAAAA:yG3dV0G3ymEHSIuL3mMwUsKxiaHjldfA5VELoUMahQFgM6hVqwvsD7kNAWxH_B-WcGl-4KrJryP5NdPj. Acesso em: 07 jun. 2023.

KUBASKI, L.; ITO, P. B. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16567>. Acesso em: 10 abr. 2023.

LANDIM, A. P. M. *et al.* Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016. Disponível em:

BR&lr=&id=AwXugfY2oc4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=MOHANTY,+A.+K.+et+al.+(2005).+Natural+fibers,+biopolymers,+and+biocomposites.+Boca+Raton:+Taylor+%26+Francis.+&ots=gNPcTD-7TP&sig=AdoYFMG4SZAXAAH60MrJgh6DZxo#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 11 maio 2023.

MONTANHEIRO, M. N. S. Determinação da densidade de sólidos e líquidos pelo princípio de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 120–123, 1 jan. 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9997>. Acesso em: 23 jun. 2023.

MOROSINI, B. L.; BORTOLUZZI, J. N.; MÜLLER, T. R. **Influência da secagem do bagaço de malte sobre o conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/2606>. Acesso em: 03 nov. 2023.

MÜCKE, N. **Embalagem ativa de amido termoplástico/poli (butileno adipato-co-tereftalato) com incorporação de curcumina solúvel em água**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5411>. Acesso em: 01 dez. 2023.

NAIME, N. *et al.* **Espumas de fécula de mandioca com fibras naturais**. 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/17386/18411.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01 dez. 2023.

OLIVEIRA, J. C. de. **Desenvolvimento de material de embalagem a partir de resíduo cervejeiro**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26117/3/materialembalagemresiduocervejeiro.pdf>. Acesso em: 26 de nov. 2023.

OTAKE, Y. *et al.* Biodegradation of low-density polyethylene, polystyrene, polyvinyl chloride, and urea formaldehyde resin buried under soil for over 32 years. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 56, n. 13, p. 1789-1796, 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/app.1995.070561309>. Acesso em: 01 dez. 2023.

PELLICANO, M.; PACHEKOSKI, W.; AGNELLI, J. AM. Influência da adição de amido de mandioca na biodegradação da blenda polimérica PHBV/Ecoflex®. **Polímeros**, v. 19, p. 212-217, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/Q7NCT8xP5TZSmwvfnJKLZDq/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 jun. 2023.

PRIYADARSHI, R. *et al.* Chitosan film incorporated with citric acid and glycerol as an active packaging material for extension of green chilli shelf life. **Carbohydrate polymers**, v. 195, p. 329-338, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861718304831?casa_token=dlqVqShhnmQAAAAA:rgoITaEDSEWz-SQNjMWjCbGobyakf-emRo1AyhnZnrX8jQ5YpcLIC5NogN5hki6RIEunMAIfgKZb. Acesso em: 20 maio 2023.

RABELLO, M. **Aditivação de polímeros**, São Paulo: Artlibler, 2000, 242 p. Disponível em: https://kupdf.net/download/aditivos-de-polimeros-rabelo-marcelo-silveira_5963d85fdc0d60ce3f2be30f_pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

REDDY, N.; REDDY, R.; JIANG, Q. Biopolímeros de reticulação para aplicações biomédicas. **Tendências em biotecnologia**, v. 33, n. 6, pág. 362-369, 2015. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/biotechnology/fulltext/S0167-7799\(15\)00070-0](https://www.cell.com/trends/biotechnology/fulltext/S0167-7799(15)00070-0). Acesso em: 02 jul. 2023.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, Elisena AG. **Química de alimentos**. Editora Blucher, 2007. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215301/>. Acesso em: 20 maio 2023.

RIBEIRO, M. P. R. *et al.* O marketing e a embalagem no desenvolvimento do produto “milhitos” elaborado na disciplina de projeto interdisciplinar em ciência e tecnologia de alimentos. In: **Simpósio de Ensino de Graduação**, 6., 2008, Piracicaba. Anais eletrônicos. Piracicaba: UNIMEP, 2008. Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/6mostra/4/330.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

RODRIGUES, N. H. P. *et al.* **Embalagem de espuma à base de amido desenvolvida a partir de subproduto da industrialização da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5115>. Acesso em: 26 nov. 2023.

ROSA, D. S. *et al.* Avaliação da Biodegradação de Poli-beta-(Hidroxibutirato), Poli-beta-(Hidroxibutirato-co-valerato) e Poli-épsilon-(caprolactona) em Solo Compostado. **Polímeros**, v. 12, p. 311-317, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/yFLZDcMwBvdDPRTz5p38k8h/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 jun. 2023.

ROSA, D. S.; PANTANO FILHO, R. P. **Biodegradação: um ensaio com polímeros**. Itatiba, SP: Moara Editora, 2003. 112 p. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=920408&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ROSA,%20D.%20dos%20S.%22&qFacets=autoria:%22ROSA,%20D.%20dos%20S.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 23 jun. 2023.

RUDNIK, E. **Compostable polymer materials**. Newnes, 2019. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=xh0tBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Rudnik,+E.+Compostable+Polymer+Materials.+Oxford:+Elsevier,+2008.&ots=WHsThCgxBx&sig=hZ6a6Yeu_TrMDt97o2byf6ICod0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 07 jun. 2023.

SANTOS, A. M. P.; YOSHIDA, M. P. Embalagem. **Recife: EDUFRPE**, 2011. Disponível em: <https://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Embalagem.pdf>. Acesso em: 11 maio 2023.

SCHIMMELFENIG, C.; SANTOS, D. M. dos; BERNIERI, E. Inovação de embalagens. **Revista de Administração e Ciências Contábeis do IDEAU**, v. 4, n. 9, p. 1-15, 2009. Disponível em: https://www.caxias.idea.com.br/wp-content/files_mf/0f6df8018c8f4d2a2b09acc7a2039dda106_1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

SCIPIONI, G. C. *et al.* **Otimização do processo de sacarificação do amido de batata (*Solanum Tuberosum* L.) utilizando enzimas amilolíticas**. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7954>. Acesso em: 20 maio 2023.

SHIMAO, M. **Biodegradação de plásticos**. Opinião atual em biotecnologia, v. 12, n. 3, p. 242-247, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958166900002068>. Acesso em: 26 nov. 2023.

SILVA, N. da *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Editora Blucher, 2017. E-book. ISBN 9788521212263. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521212263/>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SINDICERV - Sindicato Nacional das Cervejas. **Atuação**. São Paulo. 2022. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/noticias/dia-internacional-da-cerveja-brasil-e-o-terceiro-pais-do-mundo-que-mais-produz-a-bebida/>. Acesso em: 02 jul. 2023.

SOUZA, G. T. A. M. **Biodegradação de plásticos e bioplásticos no solo sob condições controladas e em campo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/3870/1/Gustavo%20Tadeu%20Alvarenga%20Marques%20de%20Souza.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SOUZA, R. R. *et al.* Determinação de plastificantes em água potável utilizando cromatografia gasosa e espectrometria de massas. **Química Nova**, v. 35, p. 1453-1458, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/8bsY6Vnm3y3dfCKwyMtMwXJ/?lang=pt>. Acesso em: 06 jun. 2023.

STANDARD test method for water absorption of plastics. Disponível em: <https://www.astm.org/d0570-22.html>. Acesso em: 23 jun. 2023.

SUDERMAN, N.; ISA, M. I. N.; SARBON, N. M. The effect of plasticizers on the functional properties of biodegradable gelatin-based film: A review. **Food Bioscience**, v. 24, p. 111-119, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429217306636?casa_token=hilutoEraGcAAAAA:3mCMbr80n1mR01pdTf_I03RhLJ9HreX15YxLufRQTA0SiHqLzO4p3R_MuzhHSlqqZJNN-b0JwHMS. Acesso em: 20 maio 2023.

TAN, H. W.; AZIZ, AR Abdul; AROUA, M. K. Glycerol production and its applications as a raw material: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 118-127, 2013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113004127?casa_token=HMpODME_ikAAAAA:yzXjenAUWas4iuhOsoe4zjYe23JLOZESuPQmPZfhzv9NdIU8igJkJ84B4e pan79Yc7R8SyVjBlv9. Acesso em: 20 maio 2023.

TRAVAGLINI, D. A. Desidratação de frutas. **Casa da Agricultura**, v. 8, p. 15-19, 1986. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/647358ed53aa8c8963078010>. Acesso em: 01 dez. 2023.

YAM, K. L. (Ed.). **A enciclopédia Wiley de tecnologia de embalagem**. John Wiley & Filhos, 2010. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=LW1lxnmMi94C&oi=fnd&pg=PR5&dq=YAM,+K.+L.+The+Wiley+Encyclopedia+of+Packaging+Technology,+Third+Edition.&ots=wS8gAq0an0&sig=QLY79wkij_TPWLbXk56UWGBRvI0#v=onepage&q=YAM%2C%20K.%20L.%20The%20Wiley%20Encyclo

pedia%20of%20Packaging%20Technology%2C%20Third%20Edition.&f=false. Acesso em: 20 maio 2023.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. **Food Research International**, v. 33, p. 563-570, 2000. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996900000922?casa_token=0kcxsklzqTEAAAAA:whcmzGdOpR_i5L7nk4fQhKkHTMUck4sG8FIDZnyoTuDNhlSMYZJqXzfTdJHjshBxXXAESCudAM5j. Acesso em: 20 maio 2023.