



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SERGIPE - CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS



GILVANEIDE SANTOS DA SILVA CAETANO

EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS PARA ALIMENTOS: UMA REVISÃO

São Cristóvão – SE

2021

GILVANEIDE SANTOS DA SILVA CAETANO

EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS PARA ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, Campus São Cristóvão, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Ma. Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim

São Cristóvão – SE

2021

IFS - Biblioteca do Campus São Cristóvão

- C128e Caetano, Gilvaneide Santos da Silva
Embalagens sustentáveis para alimentos: uma revisão / Gilvaneide Santos da Silva Caetano. - São Cristóvão-SE, 2021.
63 f. ; il.
- Monografia (Graduação) – Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2021.
Orientadora: Professora MSc. Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim.
1. Sustentabilidade. 2. Embalagens sustentáveis. 3. Embalagens biodegradáveis. 4. Resíduos sólidos 5. Impacto ambiental. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS. II. Título.

CDU: 621.79

GILVANEIDE SANTOS DA SILVA CAETANO

EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS PARA ALIMENTOS: UMA REVISÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado ao Instituto Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, às 14h30min do dia 24 de agosto de 2021, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. O discente foi arguido pela banca examinadora composta pelos examinadores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Bruno Sales de Oliveira

Prof. Dr. Bruno Sales de Oliveira
FS - Campus São Cristóvão

Cleber Miranda Gonçalves

Prof. Dr. Cleber Miranda Gonçalves
IFS - Campus São Cristóvão

Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim

Profa. Ma. Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim
IFS - Campus São Cristóvão

São Cristóvão – SE
2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Pai celestial pela força, saúde e muita coragem que Ele me deu por todo o período deste curso. Presenciando todos os meus desafios e me mostrando que eu seria capaz de concluí-lo. Muito grata!

Agradeço à minha mãe Lúcia, pelo apoio e incentivo, e ao meu pai José (*in memoriam*), ambos com pouca instrução secular, porém com muita sabedoria em educar os filhos.

Agradeço às companheiras de jornada, minhas queridas filhas Nara Regina e Rejane, onde todo sofrimento do decurso desses últimos anos passamos juntas, acordando muito cedo para pegar o ônibus de seu Antônio, motorista do transporte do IFS São Cristóvão.

Agradeço a meu esposo Gildo, pela compreensão e por não se importar quando eu saía para estudar e não deixava o almoço pronto.

Agradeço à minha colega de turma e filha Luisiana Costa, que sempre me teve como mãe.

Agradeço a meu neto Eric, pelo apoio tecnológico que foi crucial para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à minha orientadora Professora Ma. Emanuele Cerqueira Oliveira Amorim por todo tempo dedicado em transmitir conhecimento científico em outras disciplinas e pela paciência e orientação a mim dirigida neste trabalho.

Agradeço aos dedicadíssimos mestres e doutores do Curso Superior em Tecnologia de Alimentos envolvidos nesta jornada, em especial, Rafaela Andrade, Ingrid Maria, Cleber Miranda, Bruno Sales e Anselmo Pinheiro.

“Nunca permita que alguém te diga que você não é capaz,
Porque toda sabedoria provém de Deus e não homem”.

RESUMO

As embalagens surgiram com o principal objetivo de preservação e transporte de alimentos na antiguidade, mas com o aumento da população e o desenvolvimento das tecnologias, foram criados diversos tipos de embalagens, que por sua vez, tiveram suas funções principais ampliadas, tornando-se mais atrativas, apresentando praticidade e segurança, transmitindo ao consumidor uma linguagem de arte. O alto consumo e o descarte desordenado dessas embalagens têm causado danos exponenciais ao meio ambiente, pois a maior parte delas é descartada após um único uso. Observa-se que as embalagens tradicionais de vidro, papel, plástico e metal causam danos ao meio ambiente desde a extração de suas matérias-primas até seu produto final, que são as embalagens e, por fim, seu desuso. Há algum tempo, os resíduos sólidos têm se tornado um problema ambiental a ser resolvido entre as autoridades competentes, juntamente com a população e a indústria de alimentos. E o termo sustentabilidade tem se tornado evidência na população mundial, levando à necessidade de se repensar sobre o uso adequado, reaproveitamento e reciclabilidade das embalagens. Embalagens sustentáveis e biodegradáveis são uma alternativa promissora para recriar este cenário, uma vez que se degradam em pouco tempo e, conseqüentemente, causam menos impacto ambiental. Buscando-se destacar a importância da temática no contexto ambiental e ampliar as pesquisas sobre o assunto, a proposta deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o desenvolvimento de embalagens sustentáveis para alimentos, com ênfase nas embalagens biodegradáveis. Embalagens sustentáveis e biodegradáveis estão ganhando cada vez mais espaço no mundo científico e diferentes matérias-primas renováveis, de origem vegetal e animal, têm sido estudadas para a elaboração de embalagens para aplicação em alimentos, de forma que diversos autores desenvolveram filmes biodegradáveis a partir de materiais naturais, abundantes na natureza, tais como amido, celulose, gelatina, pectina e quitosana. Apesar das vantagens proporcionadas pelas embalagens biodegradáveis, algumas limitações são associadas aos filmes obtidos, de forma que, a maioria dos trabalhos encontrados avaliam a combinação de diferentes materiais para melhoria das propriedades mecânicas e de barreira dessas embalagens.

Palavras-chave: sustentabilidade; embalagens sustentáveis; embalagens biodegradáveis; resíduos sólidos; impacto ambiental.

ABSTRACT

The packages emerged with the main objective of preserving and transporting foods in ancient times, but with the population growth and the development of technologies, several types of packaging were created, which in turn, had their main functions expanded, becoming more attractive, increasing practicality and safety, transmitting to the consumer a language of art. The high consumption and disorderly disposal of these packages have caused exponential damage to the environment, as most of them are discarded after a single use. It is observed that traditional packaging made of glass, paper, plastic and metal causes damage to the environment from the extraction of raw materials to the final product, which are the packaging and finally, its misuse. For a while now, solid waste has become an environmental problem to be resolved between the competent authorities, along with the population and the food industry and the term sustainability has made evident in the world population, leading to the need to rethink about the proper use, reuse and recyclability of packaging. Sustainable packaging and biodegradable packaging is a promising alternative to recreate this scenario, since it degrades in a short time and, consequently, creates less environmental impact. Searching to highlight the importance of the theme in the environmental context and expand research on the subject, the purpose of this work was to execute a literature review on the development of sustainable packaging for food, with an emphasis on biodegradable packaging. Sustainable and biodegradable packages are gaining more and more space in the scientific world and different renewable materials, of plant and animal origin, have been studied for the preparation of packaging for application in food, in a way several authors have developed biodegradable films from natural materials, abundant in nature, such as starch, cellulose, gelatin, pectin and chitosan. Despite the advantages provided by biodegradable packages, some limitations are associated with the films obtained, so that most of the studies found evaluate the combination of different materials to improve the mechanical and barrier properties of these packaging.

Keywords: sustainability; sustainable packages; biodegradable packages; solid waste; environmental impact.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Embalagem confeccionada com fibra de plantas.....	16
Figura 2 – Chifres de boi usados como meio de transportar e armazenar água.....	16
Figura 3 – Algumas embalagens de vidro utilizadas na antiguidade.....	17
Figura 4 – Embalagem de ferro utilizada na antiguidade.....	17
Figura 5 – Conjunto de embalagens de cobre utilizadas na antiguidade.....	17
Figura 6 – Conjunto de embalagens de estanho utilizadas na antiguidade.....	18
Figura 7 – Embalagens confeccionadas a partir de polímeros petrolíferos (plástico).....	18
Figura 8 – Tipos de potes de vidro utilizados para embalar alimentos diversos.....	19
Figura 9 – Tipos de embalagens de alumínio utilizadas para embalar alimentos diversos.....	19
Figura 10 – Sacos de papel utilizados para embalar alimentos.....	19
Figura 11 – Materiais utilizados na produção de embalagens no Brasil.....	21
Figura 12 – Destinação do resíduo sólido urbano global.....	27
Figura 13 – Tipos de embalagens sustentáveis.....	32
Figura 14 – Imagem de embalagem produzida a partir de polímero verde.....	33
Figura 15 – Embalagens produzidas a partir de resíduos da mandioca.....	34
Figura 16 – Embalagem produzida a partir de fibras de coco.....	34
Figura 17 – Percentual da capacidade de produção global de bioplásticos em 2019....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEAÇO - Associação Brasileira de Embalagem de Aço
ABIVIDRO - Associação Brasileira das Indústrias de Vidro
ABRE - Associação Brasileira de Embalagem
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
a.C. - antes de Cristo
ACB - Amido de casca de batata
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
°Brix - grau Brix
°C - grau Celsius
CMC - Carboximetilcelulose
CPE - Casca de pera espinhosa
CH₄ - gás natural
C₂H₄ - eteno
C₃H₆ – propeno
C₆H₆ - benzeno
C₁₀H₈ - nafta
CO₂ - dióxido de carbono
COJOP - Comitê Organizador dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos
d.C. - depois de Cristo
EBA - Associação Europeia de Bioplásticos
EEC - Extrato de castanha de caju
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FDA - Administração de Alimentos e Medicamentos dos Estados Unidos
GRAS - Geralmente reconhecido como seguro
HPMC - hidroxipropilmetilcelulose
kg - quilograma
LDPE - polietileno de baixa densidade
MMA - Ministério do Meio Ambiente

MPa - megapascal

NSQ - nanopartículas de quitosana

PE – polietileno

PEAD - Polietileno de alta densidade

PET - polietileno tereftalato

PLA - ácido polilático

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PP – polipropileno

PS – poliestireno

PVA - permeabilidade ao vapor de água

PVC - policloreto de vinila

RSU - Resíduo Sólido Urbano

RT - resistência à tração

SFF - solução de formação de filme

WWF - Fundo Mundial para a Natureza

ZnO - óxido de zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 EMBALAGENS PARA ALIMENTOS: HISTÓRICO E FUNÇÕES.....	15
2.2 PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS.....	21
2.2.1 Vidro.....	22
2.2.2 Papel.....	22
2.2.3 Metal.....	23
2.2.4 Plástico.....	24
3 METODOLOGIA.....	26
4 RESUTADOS E DISCUSSÕES.....	27
4.1 EMBALAGENS E MEIO AMBIENTE.....	27
4.2 EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS.....	31
4.2.1 Embalagens biodegradáveis.....	35
4.3 MATERIAIS UTILIZADOS EM EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS.....	37
4.3.1 Celulose.....	37
4.3.2 Amido.....	38
4.3.3 Pectina.....	40
4.3.4 Gelatina.....	42
4.3.5 Quitina/Quitosana.....	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

As embalagens surgiram com o objetivo de transportar e conservar os alimentos. As primeiras embalagens utilizadas foram bexigas e estômagos de animais, sacos de couro, folhas de plantas, pedaços de bambu e de ocos de árvores, chifres, cabaças, vasos de barro cozido, cestos de cipó, vime de bambu, palha costurada, entre outros (EVANGELISTA, 1998). As embalagens para fins alimentícios são constituídas de vidro, metal, plástico, celulose e materiais compostos. Para a escolha do material mais adequado ao acondicionamento de determinado alimento, leva-se em conta vários fatores como o tipo de produto, os requisitos de proteção, a vida útil do produto requerida, o mercado a que se destina e o circuito de distribuição e venda (TAVELLA, 2016).

Pelo contexto histórico, as embalagens foram essenciais ao desenvolvimento do comércio e, aos poucos, sua função foi incrementada, deixando de apenas conter e transportar produtos para se tornar um meio de atrair os consumidores. Além da atratividade, as embalagens precisavam permitir a conservação do produto até o receptor final, garantindo o mínimo de perdas, sendo esta sua real finalidade, o que consentiu o aumento na segurança pela não contaminação por micro-organismos e o contato com fatores ambientais (LANDIM *et al.*, 2016).

Apesar dos diversos benefícios oferecidos pelas embalagens como conservação, praticidade, armazenamento e transporte, seu uso desordenado gera um grande volume de resíduos sólidos que são associados ao impacto ambiental (OLIVEIRA, 2007 apud LANDIM *et al.*, 2016). Os impactos ambientais gerados pela utilização de embalagens são inúmeros. Como exemplo tem-se o lixo doméstico gerado, considerado um problema, já que a grande variedade de componentes que pode ser encontrada nesse grupo não permite uma solução universal de recuperação e reciclagem (ROBERTSON, 2015).

Em embalagens para alimentos, a inovação está envolvida, na maioria das vezes, à resistência mecânica, associada com propriedades de barreira a gases e aromas, além de novos sistemas de fechamento, garantindo maior segurança e praticidade para o consumidor. Porém, ainda é baixo o investimento para as inovações realmente sustentáveis. As poucas indústrias que optam por embalagens sustentáveis, geralmente voltam-se para o uso de materiais reciclados, muitas vezes por estratégia de *marketing*,

não se preocupando com a produção de embalagens que utilizam matérias-primas sustentáveis e com baixo tempo de degradação (LANDIM *et al.*, 2016).

Para contribuir positivamente com a sustentabilidade, as embalagens devem ser fabricadas a partir de materiais oriundos de fontes ambientalmente corretas, com tecnologias limpas de produção, serem recuperáveis após a utilização, além de serem fabricadas, transportadas e recicladas utilizando energia renovável (THE CONSUMER GOODS FORUM, 2011). Graças às preocupações ambientais que dizem respeito aos impactos causados pela utilização de recursos não biodegradáveis na produção de embalagens, têm-se intensificado as pesquisas sobre a aplicação de polímeros produzidos a partir de produtos agrícolas e/ou de resíduos alimentares, que incluem os amidos, derivados de celulose, quitina/quitosana, proteínas e lipídios (ELSABEE; ABDON, 2013).

Existe um grande interesse por diversas pesquisas que procuram aperfeiçoar a elaboração de materiais biodegradáveis de fontes renováveis diversas e desenvolver embalagens biodegradáveis, procurando manter e/ou melhorar a qualidade de alimentos embalados, além de reduzir o impacto causado ao ambiente pelo descarte de embalagens convencionais, o que demonstra comprometimento com o planeta (LANDIM *et al.*, 2016).

Diante do exposto, a proposta deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o desenvolvimento de embalagens sustentáveis para alimentos, destacando-se a importância da temática no contexto ambiental e os estudos voltados para elaboração de embalagens biodegradáveis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um levantamento, através de uma revisão de literatura, sobre o desenvolvimento de embalagens alimentícias sustentáveis, com ênfase nas embalagens biodegradáveis.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Destacar a importância da sustentabilidade no desenvolvimento de embalagens para alimentos;
- Identificar matérias-primas naturais promissoras para a elaboração de embalagem biodegradável;
- Identificar as principais vantagens e limitações das embalagens biodegradáveis apresentadas nos estudos encontrados.

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), um terço do resíduo doméstico é composto por embalagens, sendo 80% delas descartadas após um único uso (BRASIL, 2018). O uso e descarte não responsáveis dessas embalagens podem desencadear consequências exponenciais para o planeta.

Diante da problemática que envolve o meio ambiente, a sustentabilidade se tornou um tema relevante na sociedade. E, considerando-se os possíveis danos ambientais causados pelo grande volume de embalagens descartadas – no qual as embalagens para alimentos têm expressiva participação, estes recipientes precisam ser pensados da forma mais sustentável possível.

As preocupações ambientais provocadas pelo uso de polímeros à base de petróleo têm incentivado a utilização de matérias-primas renováveis e que facilmente se degradam no ambiente, destacando-se o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis. Estas embalagens são uma alternativa promissora para uma melhor qualidade de vida e uma importante inovação para a indústria de embalagem, podendo agregar inúmeros benefícios para o meio ambiente e promover um relevante aumento nas pesquisas provenientes de matérias-primas naturais na produção de embalagens alimentícias.

Realizar uma revisão de literatura acerca de embalagens sustentáveis para alimentos, além de conhecer o estado da arte e destacar a relevância do tema, pode contribuir para pesquisas futuras voltadas para a redução do impacto ambiental a partir da substituição das embalagens convencionais pelas oriundas de matérias-primas naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EMBALAGENS PARA ALIMENTOS: HISTÓRICO E FUNÇÕES

Embalagem para alimento, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é o invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento, removível ou não, destinada a cobrir, empacotar, envasar, proteger ou manter, especificamente ou não, matérias-primas, produtos semielaborados ou produtos acabados. Dentro do conceito de embalagem se encontram as embalagens primárias, secundárias e terciárias (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Embalagem pode ainda ser definida como o conjunto de artes, ciências e técnicas utilizadas na preparação das mercadorias, com o objetivo de criar as melhores condições para seu transporte, armazenagem, distribuição, venda e consumo, ou alternativamente, um meio de assegurar a entrega de um produto numa condição razoável ao menor custo global (MOURA; BANZATO, 2000 apud RIBEIRO, 2014, p. 13).

Segundo a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE, 2004), as primeiras embalagens surgiram há mais de 10.000 (dez mil) anos e serviram como simples recipientes para beber ou estocar. Há registros arqueológicos de “embalagens” que datam de 2200 a.C. Essas primeiras “embalagens” utilizavam-se exclusivamente de materiais naturais disponíveis na época, como couro, entranhas de animais, frutos, folhas e outras fibras vegetais. Isso possibilitou ao ser humano, entre outras vantagens, prolongar a duração das caçadas sem ficar faminto e sedento (NEGRÃO; CAMARGO, 2008 apud CRUZ NETO; CARMO; MATA, 2021). Conforme Evangelista (1998), esses tipos de embalagens eram utilizados para transportar e guardar alimentos. O autor enfatiza que os materiais utilizados para transportar alimentos eram confeccionados a partir de partes de animais, tais como estômagos, chifres, couro, fibras de plantas, bambu, dentre outros. As Figuras 1 e 2 ilustram exemplos de embalagens utilizadas pelas primeiras civilizações.

Figura 1 – Embalagem confeccionada com fibra de plantas.



Fonte: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/noticias-mercado/a-historia-das-embalagens/>. 2021.

Figura 2 – Chifres de boi usados como meio de transportar e armazenar água.



Fonte: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/noticias-mercado/a-historia-das-embalagens/>. 2021.

Moura e Banzato (1997 apud LAUTENSCHLÄGER, 2001, p.8) destacam que foram identificadas três fases da evolução da embalagem, de acordo com as características de seus materiais, que numa primeira fase, aproximadamente 4.000 a.C., caracteriza-se pelas embalagens naturais; numa segunda fase, até por volta de 1760 d.C., ficam as embalagens artesanais confeccionadas de argila, vidro e fibras; e finalmente a terceira fase, que se estende até a atualidade, caracteriza-se pelas embalagens industriais, identificando a indústria farmacêutica, que no início de 1740 já distribuía remédios para serem vendidos, como a provável pioneira na utilização da embalagem para consumo.

De acordo com Veloso (2016), a primeira embalagem foi a de vidro, mais tarde foi incorporado também o ferro, cobre e estanho. Pouco tempo depois, outros tipos de embalagens foram sendo introduzidas para atender as necessidades de conservação dos alimentos, pois os mesmos também foram passando por alterações. Imagens das primeiras embalagens de vidro, ferro, cobre e estanho são apresentadas nas Figuras 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

Figura 3 – Algumas embalagens de vidro utilizadas na antiguidade.



Fonte: <https://maua.br/files/monografias/completo-historia-embalagem:-stand-pouch-210909.pdf>. 2021.

Figura 4 – Embalagem de ferro utilizada na antiguidade.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=embalagens+de+ferro+antiga&tbm=isch>. 2021.

Figura 5 – Conjunto de embalagens de cobre utilizadas na antiguidade.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=imagem+de+embalagens+de+cobre+antiga&tbm=isc/>. 2021.

Figura 6 – Conjunto de embalagens de estanho utilizadas na antiguidade.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=imagem+de+embalagens+de+estanho+antiga&tbm=isch&ved/.>
2021.

Segundo Toga (1985 apud VELOSO, 2016), foi particularmente com a Revolução Industrial, após a invenção da máquina a vapor, que a embalagem adquiriu complexidade. Mais do que as distâncias, foi a velocidade de circulação das mercadorias que mais exigiu proteção e cuidado no transporte e na distribuição de alimentos, tecidos, máquinas e bens de uso (EVANGELISTA, 2001 apud LIMA, 2015).

A partir desse período, foram surgindo outras matérias-primas, como o plástico e o papel, e foi aumentando o consumo de vidro, metais e alumínio. Com o aumento do consumo de produtos industrializados e as evoluções tecnológicas, houve a necessidade de algo mais robusto, que conservasse por um período maior os produtos e oferecesse mais conveniência e segurança (CAVALCANTI; CHAGAS, 2006). Imagens de embalagens atuais oriundas de materiais como o plástico, vidro, metais e celulose são apresentadas nas Figuras 7, 8, 9 e 10, respectivamente.

Figura 7 – Embalagens confeccionadas a partir de polímeros petrolíferos (plástico).



Fonte: Acervo da autora (2021).

Figura 8 – Tipos de potes de vidro utilizados para embalar alimentos diversos.



Fonte: <https://www.silganwhitecap.com.br/embalagem-alimento-vidro>. 2021.

Figura 9 – Tipos de embalagens de alumínio utilizadas para embalar alimentos diversos.



Fonte: <https://blog.ifope.com.br/embalagens-de-alimentos/>.2021.

Figura 10 – Sacos de papel utilizados para embalar alimentos.



Fonte: <https://www.vipelsacos.com.br/embalagens-papel-alimentos> 2021.

Em geral, o principal objetivo de uma embalagem é conter o produto, com a finalidade de preservar as suas características e garantir sua qualidade durante o transporte e seu tempo de permanência na prateleira, ou seja, a embalagem preserva o

alimento por meio das propriedades de barreira aos fatores ambientais externos, podendo proporcionar um produto sem alterações indesejáveis durante o transporte e armazenamento (FERREIRA, 2012; NEGRÃO; CAMARGO, 2008).

Segundo Mestriner (2002), as embalagens possuem as seguintes funções: função primária: conter, proteger e transportar; econômica: componente do valor e do custo de produção; tecnológica: sistema de acondicionamento, novas matérias e conservação de produtos; mercadológica: chamar a atenção, transmitir informações, despertar desejo de compra, vencer barreiras de preço; conceitual: construir a marca do produto, formar conceito sobre o fabricante, agregar valor significativo ao produto; sociocultural: expressão da cultura e do estágio de desenvolvimento de empresas e países; meio ambiente: importante componente do lixo urbano, reciclagem e tendência mundial.

Para Ferreira (2012) e Negrão e Camargo (2008), podem ser atribuídas às embalagens as seguintes funções: melhorar a apresentação de um produto, através do *design* e *marketing*; facilitar o transporte e o acesso ao produto; trazer informações ao consumidor (ingredientes; tabela nutricional; validade), além de aumentar o valor agregado ao produto.

A embalagem é um meio informativo para consumidores e distribuidores. Para os consumidores, a embalagem é o suporte das informações legais que constam no rótulo como o nome e tipo do produto, quantidade, data de consumo, responsável pela colocação no mercado, informação nutricional e de instruções de armazenamento doméstico, de preparação e uso. Para os distribuidores, a embalagem transmite informação para a gestão de estoque, instruções de armazenamento e de manuseamento, preço e permite a identificação e rastreabilidade do produto (CABRAL *et al.*, 1984 apud BARÃO, 2011).

De acordo com Madhusudan, Chellukuri e Shivakumar (2018), Schaefer e Cheung (2018) e Sharma e colaboradores (2020), as embalagens podem ainda desempenhar funções de interação com o alimento e com o ambiente, sendo as funções ativas e/ou inteligentes, não sendo somente uma barreira e completamente inerte. Ainda segundo os autores, uma embalagem ativa pode interagir deliberadamente com o alimento de forma desejável objetivando manter sua qualidade, alterar alguma característica e estender sua validade comercial. Já com relação à embalagem inteligente, esta interage, monitorando

as condições dos alimentos, transpondo informações sobre o produto ou sobre as condições de estocagem que afetam sua qualidade, validade comercial e segurança.

2.2 PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS

As embalagens podem ser classificadas, quanto à sua função ou nível, em: embalagem primária, aquela que contém o produto, entrando em contato direto com o mesmo; embalagem secundária, que contém uma ou várias embalagens primárias e é normalmente responsável pela comunicação e pela proteção físico-mecânica durante a distribuição; e embalagem terciária, que agrupa diversas embalagens primárias ou secundárias, para facilitar o transporte e evitar danos nas movimentações (JORGE, 2013).

As embalagens para fins alimentícios são constituídas principalmente pelos materiais vidro, metal, celulose e plástico, ou combinações destes. Na indústria de alimentos, é comum a combinação de diversos materiais na confecção de embalagens, com o objetivo de explorar de cada um, o máximo de suas propriedades e características funcionais (FONTOURA; CALIL; CALIL, 2016; VERGHESE *et al.*, 2013; MARSH; BUGUSU, 2007). A Figura 11 apresenta o percentual dos materiais utilizados na produção de embalagens no Brasil, de acordo com a ABRE (2019).

Figura 11 – Materiais utilizados na produção de embalagens no Brasil.



Fonte: ABRE (2019).

2.2.1 Vidro

O vidro é um composto sólido e sem forma determinada, originado pela fusão e posterior resfriamento de óxidos ou derivados, até a obtenção de condição rígida, sem cristalização (LOMASSO *et al.*, 2015). Os vidros são fabricados por um processo no qual as matérias-primas (sílica, barrilha e calcário), em proporções variadas, são misturadas e fundidas a uma temperatura elevada entre 1350 °C a 1600 °C, o que possibilita a moldagem em diferentes formas e tamanhos (LANDIM *et al.*, 2016).

Nas embalagens de alimentos e bebidas, o vidro é muito usado pelo fato de ser inerte; impermeável a gases, umidade, odores e micro-organismos; permitir modelagem em vários formatos e cores; apresentar transparência para visibilidade do produto, além de ser totalmente reciclável (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Cabe destacar o vidro sodo-cálcico, também conhecido como vidro oco ou vidro cal de soda, que é o tipo mais comum de vidro, bastante utilizado nas embalagens de alimentos e bebidas e o mais encontrado nos depósitos de reciclagem (PINTO-COELHO, 2009). Este material constitui a maior parte das garrafas, frascos e potes de vidro (JORGE, 2013).

As garrafas de bebidas com volumes inferiores a 5 litros representam a maior porcentagem de uso no mercado brasileiro. São utilizadas principalmente em cervejas, refrigerantes, vinhos, aguardentes, licores, água mineral e azeites. Os potes são recipientes de qualquer formato com uma boca larga, que facilita a retirada do produto em porções, pedaços ou unidades. Devido a essa característica, acondicionam produtos como doces de frutas em pedaços, alimentos em conserva, maioneses, café solúvel e alimentos infantis (papinhas). Já os copos são recipientes com menor capacidade de armazenamento que os potes, destinados a acondicionar alimentos como geleias, requeijão e extrato de tomate. Os copos têm a vantagem de serem reutilizados após o consumo do produto, no uso doméstico (CABRAL *et al.*, 1984 apud BARÃO, 2011).

2.2.2 Papel

A celulose é considerada um dos componentes mais comuns e abundantes da natureza, correspondendo a aproximadamente metade da constituição da madeira,

sendo o principal constituinte da parede celular dos vegetais (KLOCK *et al.*, 2005). De acordo com Alves (2010), a celulose determina grande parte das propriedades do papel, além de exercer influência na resistência da fibra individual e na ligação entre fibras. O papel consiste essencialmente em um aglomerado de fibras celulósicas de diferentes tamanhos, entrelaçadas umas com as outras e finalmente, prensadas, oferecendo uma superfície adequada para colar, escrever ou imprimir (ROBERT, 2007). Ainda segundo o autor, o vegetal do qual é fabricado o papel, dita as características estruturais, dimensionais e de pureza, que por sua vez, determinam a qualidade do mesmo.

De acordo com Evangelista (2001) e Magalhães, Figueiredo e Dedini (2006), as embalagens de celulose apresentam as seguintes características: versatilidade; ideal para envasamento de produtos secos; pode ser utilizada como embalagem auxiliar, protegendo produtos embalados em unidades; baixo custo e possibilidade de reciclagem; relativamente leves; capacidade de amortecer choques, ou seja, resistência mecânica; facilidade de impressão e de manuseio; conservação do odor, quando impermeabilizadas; resistente a longos transportes e armazenamento. Os referidos autores comentam que, apesar dessas vantagens, as embalagens celulósicas, possuem algumas desvantagens: são permeáveis a água; impróprias para produtos líquidos e gordurosos, quando em contato direto; não suportam muito peso; e impróprias para produtos armazenados sob refrigeração, pois atua como isolante térmico.

2.2.3 Metal

O metal é um material muito utilizado no setor de embalagens devido às suas excelentes propriedades mecânicas, de barreira e moldabilidade, sendo muito aceito pelos consumidores devido à sua versatilidade (SILVA, 2021). Os metais mais utilizados para a formação de embalagens metálicas são o aço e o alumínio (MARSH; BUGUSU, 2007).

As latas de metal são impermeáveis à luz, umidade, odor e microrganismos, permitindo maior proteção do seu conteúdo. Também são embalagens resistentes ao transporte, não são inflamáveis, recicláveis e degradáveis (CARNEIRO *et al.*, 2007). Em embalagens metálicas, são utilizadas folhas de flandres, folhas cromadas ou de alumínio,

geralmente envernizadas (BOARD; STEELE; KELLY, 2001).

Esse tipo de embalagem permite a integridade do produto no transporte e comercialização, possui alta resistência mecânica, permite maior segurança aos produtos, pois possibilitam o processo de esterilização, além disso, é reciclável e degradável (ABEAÇO, 2010). Entretanto, sofrem amassamento durante o transporte e comercialização, e por ser um material não inerte, pode sofrer corrosão, além de permanecerem por mais de 100 anos no ambiente quando descartados (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

No que se refere ao alumínio, este metal é comumente usado para a fabricação de latas e folha de alumínio, e em embalagens laminadas ou filmes metalizados, a fim de melhorar as propriedades de barreira (LANDIM *et al.*, 2016). O alumínio tem como grandes vantagens ser um material leve, impermeável a luz, umidade e odores, ser maleável, apresentar alta relação resistência/peso e resistência à corrosão (SILVA, 2021; MARSH; BUGUSU, 2007).

2.2.4 Plástico

A cadeia produtiva dos plásticos inicia-se com o uso da nafta ($C_{10}H_8$), obtida pelo processo de refino do petróleo ou do gás natural (CH_4), utilizada como matéria-prima para a obtenção de eteno (C_2H_4), benzeno (C_6H_6), propeno (C_3H_6) e outros petroquímicos básicos. A partir desses produtos, são produzidas as resinas que são então processadas para a geração de variados produtos nas indústrias de transformação plástica (DIAS, 2016).

De acordo com Paine e Paine (1992), os plásticos dividem-se em dois grandes grupos, termofixos e termoplásticos. Os termofixos são aqueles que sofrem reações químicas em sua moldagem, as quais impedem uma nova fusão, portanto não são recicláveis. Os termoplásticos não sofrem alterações químicas quando aquecidos e depois de resfriados podem novamente passar pelo processo de fundição, podendo ser remoldados (MARSH; BUGUSU, 2007).

Os principais termoplásticos usados em embalagem de alimentos são o polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS) e o polietileno

tereftalato (PET) (FABRIS; FREIRE; REYES, 2006). O polietileno (PE) é conhecido como o material plástico transparente mais vendido e de menor preço no mundo (BARÃO, 2011). Sua densidade é a característica mais importante, ou seja, quanto maior a densidade, maior sua resistência mecânica, temperatura e barreira. E quanto menor a sua densidade, maior a sua resistência ao impacto. Sua resistência e flexibilidade são fatores essenciais para as numerosas opções de embalagem (FABRIS; FREIRE; REYES, 2006).

Os materiais plásticos têm como vantagens o seu baixo peso, baixo custo, elevada resistência mecânica e química, flexibilidade, possibilidade de aditivação e reciclabilidade (HENNINGSSON *et al.*, 2004). A principal desvantagem é a sua variável permeabilidade à luz, gases, vapores e moléculas de baixo peso molecular (SCHWARK, 2009). Outra desvantagem é serem, em sua maioria, não biodegradáveis e levarem mais de 100 anos para serem completamente degradados pela natureza (SANTOS; YOSHIDA, 2011).

3 METODOLOGIA

Com o intuito de apresentar um estudo bibliográfico com embasamento científico quanto ao tema “Embalagens sustentáveis para alimentos” e apresentar as perspectivas positivas quanto à problemática envolvida, neste trabalho buscou-se fazer um levantamento em fontes de dados publicados por vários autores, através de publicações em periódicos nacionais e internacionais, anais de eventos, trabalhos acadêmicos e sites de órgãos e instituições oficiais, disponíveis na plataforma de busca “Google Acadêmico”, sem restrições de acesso. A revisão foi realizada no período de maio a agosto de 2021.

Para a elaboração da pesquisa, inicialmente, foram selecionados 25 artigos, onde compilou-se as citações dos autores que estavam de acordo com o tema do trabalho proposto, as quais foram obtidas através das seguintes palavras-chave: “sustentabilidade”, embalagens sustentáveis”, “resíduo sólido” e “impacto ambiental”. Complementarmente, foram utilizadas outras palavras-chave que, posteriormente, foram inseridas nesta pesquisa, tais como: “embalagens de fontes renováveis”, “polímeros verdes” e “embalagens biodegradáveis”.

Após a seleção dos estudos, as informações técnicas de interesse sobre o tema de estudo foram organizadas para a elaboração dos tópicos desta revisão de literatura, os quais foram contemplados no “Referencial Teórico”, constituído pelas seções “Embalagens para alimentos: histórico e funções” e “Principais materiais utilizados para embalagens de alimentos”; e em “Resultados e discussões”, constituído pelos seguintes assuntos principais: “Embalagens e meio ambiente”, “Embalagens sustentáveis” e “Materiais utilizados em embalagens biodegradáveis”. No tópico “Materiais utilizados em embalagens biodegradáveis”, para citar trabalhos voltados para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de matérias-primas naturais, foram utilizados estudos com ano de publicação compreendido entre 2017 e 2021.

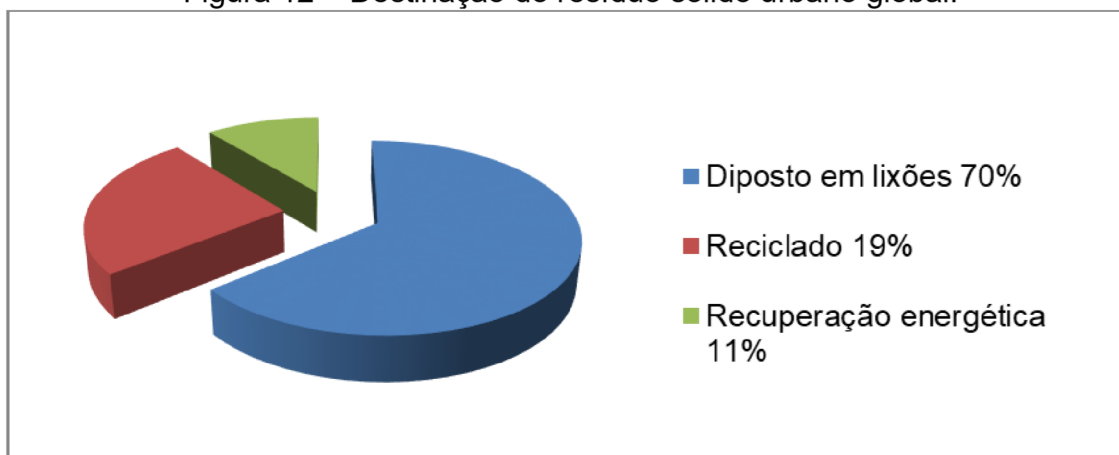
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EMBALAGENS E MEIO AMBIENTE

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são produtos da atividade humana tanto doméstica quanto industrial, e sua composição varia conforme os aspectos sócio geográficos e hábitos de consumo de um município. Tipicamente, incluem restos alimentícios, papel, plástico, metal, vidro e outros (folhas, têxteis e eletrônicos, por exemplo) (SILVA *et al.*, 2021).

Estima-se que no ano de 2030 haverá mais de 8,5 bilhões de pessoas no mundo, e o aumento da população é proporcional à geração de lixo (AGÊNCIA BRASIL, 2017). A produção global de RSU é estimada em 1,9 bilhão de tonelada por ano, da qual 70% é recolhida pelos sistemas de gerenciamento de resíduos dos municípios (NANDA; BERRUTI, 2021). O percentual da destinação do resíduo sólido urbano global, de acordo com Nanda e Berruti (2021), está descrito na Figura 12.

Figura 12 – Destinação do resíduo sólido urbano global.



Fonte: NANDA; BERRUTI (2021).

No Brasil, a geração média de resíduos sólidos urbanos é próxima de 1 kg / habitante / dia, padrão similar ao de alguns países da União Europeia (ABRELPE, 2019). Entre as populações urbanas com maior poder aquisitivo, o padrão de consumo se

equipara ao dos cidadãos norte-americanos, reconhecidamente os maiores produtores *per capita* de RSU (GOUVEIA, 2012). Do total de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil (79 milhões de toneladas por ano), 92% são coletados, mas, apesar do índice de coleta superior à média global, a taxa de reciclagem nacional é inferior a 4% (ABRELPE, 2020).

De acordo com relatório publicado pelo Fundo Mundial para a Natureza (WWF), o Brasil é o quarto maior produtor de lixo plástico do mundo, gerando uma média de 11,3 milhões de toneladas desses polímeros por ano. Desse número, apenas 1,28%, equivalente a 145 mil toneladas, são de fato recicladas e reinseridas na cadeia produtiva, número bem inferior à média global de reciclagem plástica, que é de 9% (WIT *et al.*, 2019).

A grande produção e utilização de plásticos leva a um volumoso descarte, que de forma crescente e desordenada tem contribuído para a geração de impactos ao meio ambiente. Devido à maioria desses materiais serem produzidos a partir do petróleo, o grande volume de plástico descartado no meio ambiente contribui para o aumento de CO₂ na atmosfera, promovendo consequentemente o aquecimento global. Somado a esse problema, tem-se as inundações, frequentemente observadas nas grandes cidades. Isso é decorrente da falta de consciência da população, das indústrias, bem como dos ineficientes sistemas de coleta de lixo (LANDIM *et al.*, 2016). Os biomas aquáticos estão entre os que mais sofrem com o descarte inapropriado de resíduos sólidos, sendo estimada a morte de mais de cem mil animais todos os anos, das quais mais de 80 % estão associadas ao plástico (CASAGRANDE, 2018).

Destinar de forma adequada os resíduos sólidos à base de plástico tem sido um desafio, uma vez que eles apresentam durabilidade no ambiente devido aos seus componentes químicos que não são decompostos por microrganismos. Mesmo os que são considerados biodegradáveis não resolvem os problemas, pois, simplesmente fragmentam-se em partes menores, diminuindo apenas o volume dessas embalagens no ambiente (SILVA; SANTOS; SILVA, 2013).

No que se refere ao papel, a obtenção da matéria-prima básica para a sua produção, a pasta de celulose, é responsável pela ocupação de milhares de hectares de florestas. Todavia, para se produzir uma tonelada de papel são necessárias de duas a

três toneladas de madeira, sendo principalmente de eucalipto e pinus. Embora o uso de florestas plantadas apresente benefícios, tais como a preservação de áreas nativas e a criação de biomassa, provoca impactos negativos devido à perda de biodiversidade e ocupação de grande extensão de terras, oferecendo pouco emprego (WIBBELT, 2011).

A produção de papel também exige um consumo elevado de água e energia e fica em quinto lugar na lista das embalagens que mais consomem energia (SILVA, 2021). Os produtos químicos utilizados na separação e no branqueamento da celulose também representam um sério risco para a saúde humana e para o meio ambiente, que devido à sua alta toxicidade, mesmo com tratamento de efluentes, compromete a qualidade da água, do solo e dos alimentos (MEIRELLES; CALAZANS, 2006).

Na sociedade atual e tecnológica, onde o mundo digital e virtual dispensa o uso de cadernos e livros, seria normal que houvesse uma diminuição na produção e consumo do papel, entretanto, o que se constata é o contrário, pois a partir da década dos anos 2000 esse consumo foi crescente (ROSSATO; SENS NETO, 2014). O papel é biodegradável e leva entre três e seis meses para decompor completamente, mas quando mal destinado, por exemplo, em aterros com umidade insuficiente para que o processo ocorra, pode levar cem anos. O papel e seus derivados são os materiais para empacotamento e embalagem mais utilizados globalmente e, segundo Piatti e Rodrigues (2005), é o material mais comumente visível nos resíduos urbanos.

A indústria do vidro, por sua vez, também está entre as que mais causam impactos ambientais, pois mais de 90% da produção vidreira utiliza areia, barrilha, calcário e feldspato como matérias-primas, os quais são extraídos da natureza. O processo de fabricação é baseado no aquecimento e fusão desses materiais a altas temperaturas gerando decomposição de hidratos, carbonatos, nitratos e sulfatos que se desprendem, gerando vapor de água, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio ou óxidos de enxofre (PRADO, 2007). Além disso, a utilização de compostos na pigmentação do vidro (óxido de ferro, cádmio ou cromo) gera toxinas no ar, que podem causar problemas à saúde humana (PETARNELLA *et al.*, 2017).

Diferente de outros materiais, o vidro possui um aproveitamento possível de 100% em reciclagem, não possuindo limites de ciclos de reciclagem, ou seja, uma quantidade de vidro descartado e, posteriormente reciclado, pode produzir essa mesma quantidade

de vidro, e com a mesma qualidade (FEITOSA *et al.*, 2017). Embora as embalagens de vidro possam ser totalmente reaproveitadas no ciclo produtivo, sem que haja perdas de material, sua reciclagem no Brasil ainda é pouco explorada (LANDIM *et al.*, 2016).

Além de ser reciclável, uma garrafa de vidro, por exemplo, pode ser retornada ao ciclo cerca de 30 vezes com apenas um processo de lavagem. Os impactos ambientais positivos decorrentes da recuperação de embalagens de vidro são marcantes, além do alto potencial de eficiência do processo (RICCHINI, 2016). No entanto, apesar de ser um dos materiais que possui maior potencial de retorno à cadeia produtiva, o vidro é um dos mais problemáticos para se coletar, triar e comercializar. Em regiões distantes dos grandes centros produtores ou onde o consumo de embalagens de vidro não é elevado, a receita com a venda desse material não cobre os custos com o transporte e, por esse motivo, muitas vezes o material que chega às organizações de catadores acaba sendo disposto em aterros (CAETANO; LUNA, 2018). E, quando não retornado ao ciclo produtivo, o vidro prejudica a operação do aterro sanitário, pois não se decompõe, reduzindo a vida útil do aterro. Além disso, aumenta a exploração de recursos naturais para obtenção de matéria-prima virgem, e o uso de energia e água é maior do que quando é utilizado material reciclado (ABIVIDRO, 2019).

O governo brasileiro tem buscado meios para a minimização dos impactos gerados pela produção, consumo e descarte das embalagens. Ao sancionar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em 2010, o governo estabeleceu acordos setoriais entre fabricante, importadores, distribuidores e comerciantes de embalagens que preveem a estruturação e implementação de sistema de logística reversa para as embalagens, contudo, muitos participantes da cadeia produtiva ainda não firmaram termo de compromisso e estão de fora do acordo setorial, porém continuam obrigados a cumprirem com as normas do acordo (BRASIL, 2010; ARAUJO, 2018).

Quanto ao metal, segundo Farias e Coelho (2002), a mineração é um motor econômico importante em diversos países, contribui intensivamente para a geração de emprego e renda, e desde que seja operada com base nos conceitos de desenvolvimento sustentável pode representar um aumento do bem-estar e melhoria na qualidade de vida das presentes e futuras gerações. Os mesmos autores apontam que a poluição da água e do ar, a poluição sonora, e a subsidência do terreno são as quatro categorias que

englobam os principais problemas oriundos da mineração. Os frequentes acidentes ocorridos em áreas de mineração, são referidos por Lopes (2016 apud SÁ, 2019) como uma quinta categoria de problema, com impactos muitas vezes mais diretos e devastadores do que as listadas anteriormente. Lopes (2016 apud SÁ, 2019) ainda afirma que o sistema de aterro hidráulico de rejeitos da mineração é o mais utilizado em todo o mundo. Trata-se de escoar os rejeitos separados do ferro durante a mineração, por ação da gravidade, até grandes bacias formadas por barragens localizadas nos rios. A areia despejada ou realocada estrategicamente para a parte frontal dessas bacias faz a filtragem dos resíduos.

Segundo Farias e Coelho (2002), o alto grau de ocupação urbana nas proximidades das áreas de mineração faz com que os impactos dessa atividade sejam ainda mais evidenciados. O impacto visual resulta dos volumes elevados de rocha e solo movimentados e das dimensões extensivas da cava ou da frente de lavra. A poluição sonora, do ar e dos recursos hídricos, causa desconforto mesmo quando as emissões estão abaixo dos padrões legais estabelecidos pela regulamentação ambiental.

4.2 EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS

De acordo com o relatório do Comitê Organizador dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos (COJOP, 2013), as embalagens são classificadas, quanto à sua destinação temporária, em: embalagem descartável (descartada após a primeira utilização); embalagem reutilizável (poderá ser utilizada novamente para o mesmo fim ou para outro fim); embalagem retornável (retornará ao processo de fabricação do produto para novo envase, até que sua vida útil indique que seja necessária a reciclagem). E quanto à destinação final, classificam-se em: embalagem reciclável (sua matéria-prima pode ser reaproveitada após sofrer transformação química ou física); embalagem biodegradável não compostável (se degrada facilmente no ambiente, mas não pode ser utilizada como adubo orgânico); embalagem biodegradável compostável (se degrada facilmente no ambiente e pode ser utilizada como adubo orgânico); embalagem não biodegradável (não se degrada naturalmente).

De acordo com Piennar (2018 apud SÁ, 2019), está se tornando cada vez mais

importante converter os sistemas da sociedade atual baseados na produção em massa, consumo e desperdício em um sistema de sociedade baseado na reciclagem e reutilização. Dessa forma, as embalagens devem ser fabricadas restritas em volume e peso às dimensões requeridas à proteção do conteúdo e à comercialização do produto; projetadas permitindo sua reutilização; e recicladas, quando a reutilização não for possível (SILVA, 2021).

As embalagens sustentáveis ou “embalagens verdes” foram criadas para reduzir os danos que são causados pelas embalagens descartáveis. São chamadas de embalagens sustentáveis aquelas que são feitas de materiais orgânicos ou materiais recicláveis (ECYCLE, 2018 apud FERREIRA; SILVA; MADEIRA, 2019). Alguns tipos de embalagens sustentáveis são apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Tipos de embalagens sustentáveis.



Fonte: https://br.freepik.com/fotos-gratis/maos-segurando-itens-reciclaveis_11373083.htm2021.

As embalagens sustentáveis se destacam como uma solução para as empresas que desejam ser ecologicamente sustentáveis, além de mostrar uma consciência ambiental por meio de uma embalagem com aparência inovadora e marcante. Em geral, essas embalagens são feitas à base de materiais biodegradáveis que, quando descartados, não oferecem riscos ao meio ambiente (ECYCLE, 2018 apud FERREIRA, SILVA; MADEIRA, 2019).

De acordo com Brito *et al.* (2011), o termo polímero verde é utilizado para fazer referência aos polímeros que outrora eram sintetizados a partir de matéria-prima proveniente de fontes fósseis, mas que, devido a avanços tecnológicos passaram também a ser sintetizados a partir de matéria-prima proveniente de fontes renováveis.

Os polímeros verdes podem ser classificados como sustentáveis, pois durante sua síntese, processamento ou degradação produzem menor impacto ambiental que os polímeros convencionais (LANDIM *et al.*, 2016). A reciclagem de uma tonelada de garrafas de polímero verde pode poupar a emissão de até 1,5 toneladas de CO₂ (SRINIVASAN; LU, 2014).

A Braskem, empresa brasileira da área petroquímica com o maior complexo de produção de resinas termoplásticas da América Latina, lançou em 2010 o primeiro polietileno de origem renovável a ser produzido em escala industrial no mundo. O plástico “I’m green” tem como matéria-prima o etanol, de origem renovável e reciclável, reduzindo a agressão ao meio ambiente (BRASKEM, 2021). O PEAD (polietileno de alta densidade) verde possui as mesmas funções, características e aplicações que o PE (polietileno) proveniente de recursos fósseis, porém, comparado aos PE à base de petróleo ou gás natural, o PEAD verde usa 70% menos combustível fóssil e emite, aproximadamente, 170% menos gases causadores do efeito estufa (SRINIVASAN; LU, 2014).

Uma imagem de embalagem produzida a partir de polímero verde está descrita na Figura 14.

Figura 14 - Imagem de embalagem produzida a partir de polímero verde.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=imagens+embalagens+produzidas+com+pol%C3%ADmeros+verdes> 2021.

De acordo com Ferreira, Silva e Madeira (2019), as embalagens sustentáveis podem ser feitas de inúmeros tipos de matérias-primas, como fibra de casca de coco, cogumelos, papel reciclado, fécula de mandioca, bagaço de cana-de-açúcar, milho, batata, uva, eucalipto entre outros. As matérias-primas utilizadas são encontradas na

natureza e, por isso, a tendência é que o próprio ambiente consiga absorver sua consistência sem comprometer o espaço em que ela é descartada. Ainda segundo os autores, até os animais podem consumir as embalagens sustentáveis. Algumas embalagens sustentáveis, à base de resíduo de mandioca e fibras de coco, estão mostradas nas Figuras 15 e 16, respectivamente.

Figura 15 – Embalagens produzidas a partir de resíduos da mandioca.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=embalagens+sustent%C3%A1veis+para+alimentos+mandioca&tbm2021>.

Figura 16 – Embalagem produzida a partir de fibras de coco.



Fonte: <https://www.google.com/search?q=embalagens+sustent%C3%A1veis+para+alimentos+fibras+de+coco&tbm2021>.

4.2.1 Embalagens biodegradáveis

Em virtude dos grandes impactos ambientais causados pelo gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, nos últimos anos, o empenho em produzir embalagens biodegradáveis a fim de substituir os polímeros sintéticos não biodegradáveis vem crescendo (PEREIRA; LOIOLA; SILVA, 2020). Assim, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas visando medidas que conservem o alimento com qualidade e segurança e que reduzam os impactos ambientais causados pelas embalagens convencionais (GARZILLO, 2019).

São denominados de polímeros biodegradáveis aqueles nos quais a degradação resulta da ação de micro-organismos de ocorrência natural como bactérias, fungos e algas, podendo ser consumidos em semanas ou meses sob condições favoráveis de biodegradação. Eles podem ser provenientes de fontes naturais renováveis como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou serem sintetizados por bactérias, ou até mesmo serem derivados de fonte animal, como a quitina, a quitosana ou proteínas (BRITO *et al.*, 2011 apud OLIVEIRA; FRANCESKI, 2021). Outros polímeros biodegradáveis podem ser obtidos de fontes fósseis, petróleo, ou da mistura entre biomassa e petróleo (BRITO *et al.*, 2011).

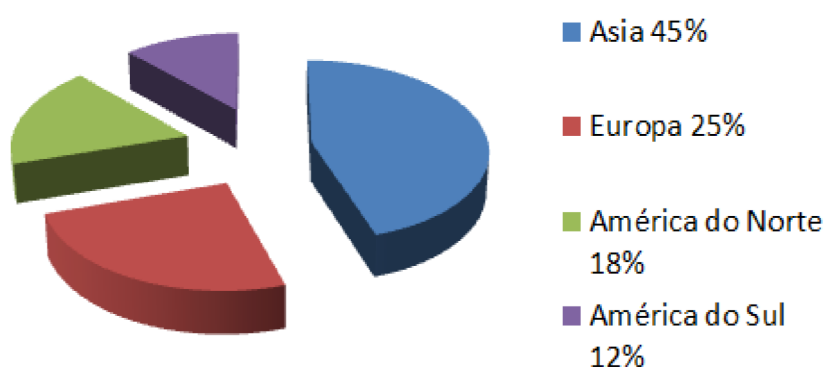
No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) estuda novos materiais que poderão ser transformados em embalagens ou mesmo ingredientes alimentícios, sendo chamados de bioplásticos ou biopolímeros, podendo fazer parte também de embalagens biodegradáveis (MATTOSO, 2018 apud FERREIRA, SILVA; MADEIRA, 2019).

De acordo com a Associação Europeia de Bioplásticos (EBA, 2020), o bioplástico é todo material plástico que é de base biológica, biodegradável ou ambos ao mesmo tempo, que substituem as embalagens sintéticas, diminuindo o impacto gerado ao ambiente. Os filmes produzidos a partir de biomoléculas apresentem tempo de degradação menor que embalagens produzidas de material sintético, sendo 90% dos biopolímeros degradados em até 6 meses (UEHARA *et al.*, 2017; LANDIM *et al.*, 2016; PESSANHA, 2016).

De acordo com a European Bioplastics (2020), os bioplásticos representam cerca

de 1% de mais de 359 milhões de toneladas de plástico produzidas anualmente. O percentual da capacidade de produção global de bioplásticos em 2019 está descrito na Figura 17.

Figura 17 – Percentual da capacidade de produção global de bioplásticos em 2019.



Fonte: European Bioplastic (2020).

Na elaboração de filmes bioplásticos, tem-se pesquisado a mistura de biopolímeros, de forma a se ter um melhoramento nas características finais, podendo apresentar uma ampla gama de estruturas com diferentes propriedades, permitindo assim direcionar as características para a aplicação desejada (JIMÉNEZ-ROSADO *et al.*, 2019), a exemplo da utilização de polissacarídeos e proteínas, os quais são abundantes, econômicos, capazes de formar matrizes contínuas e principalmente, são facilmente encontrados como resíduos da indústria alimentícia (LUCHESE, 2018).

Os materiais poliméricos com alta capacidade de biodegradação contribuem para a redução do acúmulo de material no solo, em especial de resíduos que possam ser prejudiciais para o ambiente (FERNANDES, 2021). O pouco tempo de permanência no ambiente diminui a chance de efeitos nocivos, como sufocamentos, entrada na cadeia alimentar, contaminação por disruptores e outros (AQUINO *et al.*, 2010).

Ainda segundo Aquino e colaboradores (2010), produtos com agentes biodegradáveis mais demorados podem ser inseridos em aterros sanitários e o gás oriundo da decomposição pode ser utilizado para produzir calor e energia, possuem deterioração completa e rápida, diminuindo a aglomeração de lixo no planeta e o impacto

ao ambiente. Podem ser produzidos com o mesmo processo de manufatura dos seus análogos não biodegradáveis e são compostáveis, podendo ser naturalmente assimilados pelo ambiente (MILLER; ALDRIDGE, 2012; ONG; CHEE; SUDESH, 2017).

Por outro lado, os filmes biodegradáveis são frágeis, tornando-se quebradiços devido às extensivas forças intermoleculares. A adição de um agente plastificante é necessária para superar a fragilidade dos filmes biodegradáveis, pois reduzem essas forças, suavizam a rigidez da estrutura do filme e aumentam a mobilidade entre as cadeias biopoliméricas, melhorando as propriedades mecânicas do filme (VEIGA-SANTOS *et al.*, 2005).

4.3 MATERIAIS UTILIZADOS EM EMBALAGENS BIODegradáveis

Os filmes biodegradáveis são obtidos através de polímeros naturais, vegetais ou animais. Esses filmes são finos e utilizados como barreiras, protegendo o produto de agentes externos que possam causar interferências na sua qualidade (HENRIQUE; PRATI; PARISI, 2016). Podem ser elaborados com inúmeros polímeros naturais, como os polissacarídeos, lipídios e as proteínas. Os materiais mais utilizados são o amido, a quitosana, a celulose e a pectina, além desses materiais, podem ser adicionadas outros compostos de modo que melhore suas propriedades conforme a necessidade do produto (SOARES *et al.*, 2009; ASSIS; BRITO, 2014).

4.3.1 Celulose

A celulose é o polímero natural e biodegradável de maior abundância na natureza (BRAZEIRO; IMTHON, 2021). É encontrada na forma de microfibrilas que constroem uma estrutura rígida na parede celular das plantas, sendo o principal componente estrutural dos vegetais (FARADILLA *et al.*, 2017; COELHO, 2016).

A estabilidade química, propriedades de permeação, baixo custo, propriedades mecânicas e compatibilidade biológica, fazem com que os biofilmes à base de celulose sejam uma excelente alternativa, já que todas essas características são necessárias para aplicação na indústria alimentícia (SILVA, 2016; VIÉGAS, 2016). Tanto a celulose como

o amido têm despertado um grande interesse no desenvolvimento de filmes biopoliméricos devido às suas características específicas, como por exemplo a alta afinidade com a maioria dos polímeros naturais (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

Melo (2021) avaliou a influência da adição de nanocelulose bacteriana (do tipo “nanocristais”) nas propriedades físicas (mecânica, barreira ao vapor de água, hidrofobicidade e umidade) e químicas (cristalinidade e temperatura de degradação) de filmes à base de gelatina, hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e pectina. Segundo a autora, os filmes compostos de gelatina, HPMC e pectina reforçados com nanocristais de celulose bacteriana apresentaram propriedades adequadas para aplicação como material de embalagem. Todos os filmes eram contínuos, manuseáveis, homogêneos e transparentes e os nanocristais contribuíram para melhorar a resistência mecânica dos filmes de maneira geral. A permeabilidade ao vapor de água diminuiu com a adição de nanocristais nos filmes de hidroxipropilmetilcelulose. A autora ressaltou que os nanocristais foram isolados da biomassa excedente, atendendo às tendências de biorrefinarias e bioeconomia circular, além de tal método potencialmente reduzir os custos de produção de embalagens em comparação com as de plásticos convencionais.

Lee e colaboradores (2020) estudaram a atividade antimicrobiana do filme de celulose à base de cana-de-açúcar com extrato de castanha de caju (ECC), para inibição de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Foram realizadas quatro concentrações de ECC, sendo 1,72; 2,90; 4,00 e 5,75 mg. A concentração de 5,75 mg, obteve zonas de inibição para *Escherichia coli* de 6 mm e para *Staphylococcus aureus* de 12 mm, o que mostra que a ECC foi duas vezes mais eficaz contra a bactéria gram positiva *Staphylococcus aureus*. Os autores atribuíram que a atividade antimicrobiana do ECC se dá devido aos polifenóis que estão presentes no composto, incluindo o ácido tânico.

4.3.2 Amido

O amido é um polissacarídeo natural que pode ser encontrado em sementes de cereais, como trigo, arroz, milho, além de tubérculos e raízes, como batata, batata-doce e mandioca (REIS, 2021), sendo o biopolímero mais utilizado para compor embalagens biodegradáveis (PEREIRA, 2017; CAO; YANG; SONG, 2017).

Por possuir características propícias para a formação de polímeros biodegradáveis e além de ser o principal material de reserva energética do reino vegetal, o amido tem custo relativamente baixo e abundante disponibilidade, sendo possível a produção de material plástico a partir do mesmo numa ampla escala industrial (REIS, 2021). Os filmes biodegradáveis à base de amido apresentam propriedades interessantes como inodoros, incolores, insípidos, não tóxicos, biodegradáveis (SOUZA *et al.*, 2012).

Corcione e colaboradores (2020) utilizaram farinhas residuais, provenientes de padarias, pizzarias e fábricas de massas alimentícias, a fim de substituir o amido de milho puro, na elaboração de filmes biopoliméricos termoplásticos. Os autores desenvolveram três tipos de blendas termoplásticas: Tipo 0, que consistiu em amido de milho puro (MS) plastificado com glicerol (G); Tipo 1, que consistiu em resíduos de farinha macia (provenientes de resíduos de pizzarias) e ácido polilático (PLA), plastificados com glicerol; e Tipo 2, que foi a mistura de farinha *durum* (proveniente de indústria de produção de massas) e PLA, plastificados com glicerol e cardanol. Os dados evidenciaram uma diminuição na resistência à tração em ambos os filmes à base de farinha residual (Tipo 1 e Tipo 2) em relação ao material de controle (Tipo 0). Já a permeabilidade ao vapor de água dos filmes do Tipo 0, mostraram-se cerca de 50% superiores aos filmes de Tipo 1 e 2, os quais não apresentaram diferenças significativas entre eles. De acordo com os autores, estes resultados são reflexo da diferença de cristalinidade entre os tipos de polímero utilizados, visto que o amido de milho puro apresentou cristalinidade superior aos amidos residuais. No entanto, os mesmos não esclarecem a relação entre as propriedades de RT e PVA com a cristalinidade. Quanto à solubilidade, está foi calculada nas primeiras 24 h, em condições amenas de temperatura, ou seja, a 25°C. Nestas condições, todos os filmes mostraram uma solubilidade bastante baixa, em particular, para as amostras do Tipo 1 e Tipo 2, foi registrada uma solubilidade em água menor que 15% em relação ao filme do Tipo 0.

Silva e outros (2019) produziram filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca com a incorporação de ácido cítrico (antes e durante o preparo dos filmes), visando avaliar o seu efeito nas propriedades dos filmes. Os autores realizaram a modificação do amido com ácido cítrico e a determinação da umidade do amido nativo e do amido modificado. Após o preparo dos filmes e sua posterior secagem em estufa,

caracterizaram o produto obtido por meio do aspecto visual, da espessura, da permeabilidade ao vapor de água e da perda de massa em água.

Marçal e colaboradores (2018) desenvolveram e caracterizaram biofilmes à base de amido de mandioca e óleo essencial de limão-tahiti, a fim de observar a influência da adição de óleo essencial nas propriedades do biofilme à base de amido de mandioca e glicerol. Os autores avaliaram a resistência mecânica, o módulo de elasticidade, a absorção de umidade e a atividade de água, além da microscopia eletrônica de varredura.

A maioria dos pesquisadores que elaboram filmes à base de amido optam pela incorporação de aditivos, principalmente o uso de plastificantes. A incorporação do plastificante na matriz polimérica provoca a modificação do rearranjo molecular, o que finda por promover maior mobilidade entre as cadeias do polímero (COSTA FILHO *et al.*, 2017).

4.3.3 Pectina

A pectina possui várias aplicações na indústria alimentícia, dentre elas a sua utilização no desenvolvimento de filmes, devido à sua característica de formação de géis (FRANCO; FARIA; BILICK, 2019; LIMA, 2019b). Brazeiro e Imthon (2021) afirmam que na elaboração de filmes, a pectina pode ser incorporada tanto na matriz polimérica ou como agente formador de filmes, e que seu uso na produção de filmes é devido à sua baixa toxicidade, alta biocompatibilidade, biodegradabilidade e ao fato de não apresentar nenhum risco à saúde, além de ser um hidrocolóide capaz de formar redes que capturam água e formam géis.

Na produção de filmes, a pectina pode ser utilizada tanto como matriz polimérica quanto como agente formador do filme. Entretanto, filmes à base de pectina, não apresentam boas propriedades térmicas, mecânicas e exibem baixa permeabilidade ao vapor d'água, limitando sua aplicação, sendo necessário a incorporação de agentes que melhorem essas qualidades, como aditivos e plastificantes (FRANCO; FARIA; BILICK, 2019; STOLLE, 2018).

Guerra (2021) desenvolveu filme e revestimento à base de pectina do pequi incorporado de nanopartículas de ZnO, sendo que os filmes apresentaram boa aparência

e o tratamento com maior adição de nanopartículas ZnO (1%) se destacou para a permeabilidade ao vapor de água, infravermelho e atividade antimicrobiana. Os dados obtidos foram muito positivos e a solubilidade, a espessura e a gramatura das amostras dos filmes foram significativas para o resultado da biodegradabilidade dos filmes. Os resultados mostraram que a aplicação da solução contendo nanopartículas afetou positivamente a capacidade de preservação de mangas *in natura*, com resultados satisfatórios para firmeza, perda de massa, °Brix, respiração e coloração dos frutos. Os filmes adicionados de nanopartículas de ZnO podem ser uma solução para o armazenamento de alimentos.

Moraes (2020) desenvolveu um filme com a pectina do albedo do pomelo e fez comparações com resultados de outros autores em relação à pectina cítrica comercial. Em suma, de acordo com a conclusão da autora, o filme de pectina do albedo do pomelo apresentou resultados satisfatórios para as análises de cor, pH, umidade e solubilidade em água. Devido à sua alta solubilidade em água, sugere seu uso em alimentos que possuem baixo teor de água, e seu pH ácido atua como inibidor de microrganismos, contribuindo para manter a qualidade microbiológica do filme e do alimento embalado. Em relação às propriedades mecânicas, o filme de pectina do albedo do pomelo não apresentou bons resultados, entretanto, pesquisas devem ser feitas para melhorar esse quesito, segundo a autora.

Ayquipa-Cuellar e colaboradores (2020) fabricaram filmes de mucilagem de casca de pera espinhosa (CPE) e amido de casca de batata (ACB) respectivamente, com as seguintes formulações: F1 (20:2), F2 (20:1), F3 (10:2), F4 (10:1), F5 (15:2) e F6 (15:1) e caracterizaram os filmes, através da espessura (e) e permeabilidade ao vapor d'água (PVA). A espessura dos filmes variou cerca de 60% e está relacionada ao conteúdo de sólidos na solução de formação de filme (SFF), que é representada principalmente por amido e mucilagem e associado com a proporção dos polímeros usados para formar a mistura. Em relação à PVA, o filme F5 obteve um valor 39% menor comparando com F1. Os resultados possivelmente indicam uma alta interação das cadeias de polímero no amido com os polissacarídeos, o que torna o filme mais compacto e mais resistente, ou seja, quanto menor o valor de PVA maior será a eficiência do filme como um material de barreira.

4.3.4 Gelatina

A gelatina é uma proteína de origem animal obtida principalmente de fonte bovina, suína, e do colágeno proveniente de ossos e peles de peixes. Sua cadeia proteica é simples, advinda da desnaturação térmica ou da degradação química e física das fibras proteicas insolúveis do colágeno (SCOPEL *et al.*, 2020; ROMANI *et al.*, 2019).

A gelatina tem sido recorrentemente utilizada na formulação de filmes, uma vez que filmes a partir de polissacarídeos ou proteínas possuem excelentes propriedades mecânicas e ópticas, além de ser comestível (BANDEIRA *et al.*, 2016; GOIANA, 2020). Os filmes à base de gelatina apresentam excelentes propriedades de barreira a oxigênio e dióxido de carbono, porém são altamente permeáveis ao vapor de água, possibilitando assim, a ligação com moléculas de água, tendendo a inchar ou dissolver caso tenha contato com produtos alimentícios com alta umidade, motivo pelo qual a maioria dos filmes de gelatina são produzidos através da sua combinação com outros biopolímeros (GARRIDO, 2019; WANG *et al.*, 2019). Por outro lado, a gelatina é considerada um biopolímero atrativo, que apresenta como potenciais benefícios seu baixo custo de produção (em larga escala) e fácil degradação (SIFUENTES-NIEVES *et al.*, 2015).

Garrido e colaboradores (2021) desenvolveram filmes biodegradáveis de gelatina bovina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada e glicerol. Primeiramente, os autores testaram o teor de gelatina para formação dos filmes, para que os mesmos apresentassem espessuras equivalentes às encontradas em trabalhos relacionados a filmes para prolongar a vida de prateleira de frutos e hortaliças. Foram preparados quatro filmes de gelatina, nas concentrações de 2 a 5% e o teor de glicerol foi fixado em 30% em relação à massa seca de biopolímero. Depois de obtido o teor de gelatina adequado, os autores prepararam outras duas formulações com diferentes teores de argila (2,5% e 5%) em relação à massa da gelatina seca. Os autores concluíram que a incorporação de argila favorece as propriedades de barreira, com melhoria e diminuição considerável da permeação de vapor de água dos filmes de gelatina. As propriedades mecânicas dos filmes foram influenciadas pelo teor de argila incorporada, aumentando a tensão na ruptura e reduzindo a deformação dos filmes.

Nunes e outros (2018) estudaram a influência da nano emulsão de óleo essencial

de limão em filmes à base de gelatina. Os autores mediram as espessuras dos filmes (com e sem nano emulsão) com um micrômetro digital, onde os valores obtidos foram empregados para os cálculos de permeabilidade ao vapor de água e propriedades mecânicas. Os autores concluíram que o filme obteve boa compatibilidade entre a matriz polimérica de gelatina com o óleo essencial de limão, com melhoria das propriedades sensoriais subjetivas. Observaram também que a presença do óleo essencial de limão aumentou a permeabilidade ao vapor de água e a elongação do filme e diminuiu a tensão máxima na ruptura de 94 ± 5 MPa para 82 ± 6 MPa, sendo ainda um valor elevado de tensão comparado a outros filmes de polímeros naturais.

Em outro estudo, os autores Crizel e colaboradores (2017) produziram filmes biodegradáveis e bioativos preparados à base de resíduos de cápsulas nutracêuticas de gelatina e cascas de mamão, sendo que a casca de mamão foi liofilizada, moída e seu pó embalado a vácuo. Sete formulações de filmes foram produzidas, sendo três com diferentes concentrações do pó de casca de mamão (2,5; 5,0 e 7,5%), três com diferentes concentrações de micropartículas da casca de mamão em pó (2,5; 5,0 e 7,5%), e uma formulação controle (sem pó e micropartículas). Os filmes contendo micropartículas foram os que apresentaram maiores resistências à tração, sendo até 125% mais resistentes que o filme controle. Os autores citam que este resultado chega a valores próximos aos filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (LDPE).

Crizel e colaboradores (2017) também obtiveram bons resultados no teste de alongamento, porém quando comparado ao controle, foram 50% menos flexíveis. Esses resultados foram justificados pelos autores devido às interações proteína–proteína nos filmes com micropartículas, resultando no reforço da matriz. Os filmes produzidos apresentaram uma coloração amarelada quando comparado ao filme controle. Os valores de PVA foram significativamente maiores para os filmes contendo pó da casca de mamão quando comparado ao filme controle (38% maior) e aos filmes com micropartículas (20% maiores). A adição de micropartículas não afetou significativamente a PVA dos filmes. O filme com menor solubilidade foi aquele com maior concentração de micropartículas, sendo em torno de 43% menos solúvel do que o filme controle. Os filmes incorporados com o pó e micropartículas de casca de mamão mostraram maior atividade antioxidante do que o filme controle, aumentando 700% e 369%, respectivamente. Os filmes com

maiores propriedades antioxidantes foram utilizados no condicionamento de banha em condições aceleradas e teve seu poder antioxidante analisado por 22 dias, sendo os filmes com micropartículas apresentados com maiores efeitos antioxidantes.

4.3.5 Quitina/Quitosana

A quitina é o segundo polímero natural mais abundante na natureza e é obtida principalmente de resíduos de cascas de caranguejo e camarão, geralmente utilizados de indústrias de frutos do mar, contudo pode ser obtida de diversas outras fontes como conchas de moluscos, parede celular e membrana celular de fungos, componente da parede celular de algas, exoesqueleto de insetos e aracnídeos (BAKSHI *et al.*, 2018).

A quitosana é um polissacarídeo semicristalino linear, derivado da desacetilação parcial da quitina (KNIDRI *et al.*, 2018) e é um dos polímeros naturais mais utilizados na nanotecnologia (MALERBA; CERANA, 2019). É reconhecida pelo seu carácter renovável e por suas propriedades físico-químicas e biológicas, como alta capacidade de adsorção, de quelação e de formação de filmes, atividades antioxidante, antimicrobiana, antitumoral, biodegradabilidade, biocompatibilidade e baixa toxicidade, sendo considerado um material GRAS (geralmente reconhecido como seguro) pela Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA) dos Estados Unidos (KUMAR; DOBRETSOV; DUTTA, 2019).

Em pesquisa realizada por Santos e colaboradores (2021), os autores prepararam 4 filmes com soluções filmogênicas diferentes, utilizando carboximetilcelulose (CMC), com adição ou não de solução etanólica de Cúrcuma longa (C) e nanopartículas de quitosana (NSQ), variando a composição de cada formulação. Os resultados mostraram que todos os filmes contendo a matriz (CMC) com outro constituinte apresentaram espessuras médias próximas e bem maiores em comparação com o filme controle, contendo apenas a matriz. O filme controle (CMC) apresentou valor de permeabilidade menor que os filmes de CMC + NSQ e CMC + C. Tais resultados foram atribuídos aos grupamentos hidrofílicos da cadeia polimérica da CMC, que podem estar interagindo entre si, causando uma aproximação das cadeias e impedindo a passagem dos vapores de água. Para o filme de CMC + NSQ, os valores de permeabilidade maiores do que os

do filme controle foram associados à hidrofiliabilidade das nanopartículas de quitosana. O filme de CMC + C, mesmo não sendo um composto com hidrofiliabilidade abundante, possui regiões hidrofílicas que possivelmente estão interagindo com os grupos da matriz polimérica, diminuindo possíveis pontos de interações matriz-vapor d'água, contribuindo para a permeabilidade. Em relação à propriedade de barreira, os citados autores comentam que embora esse polímero seja largamente utilizado para produção de filmes comestíveis, ele não apresenta propriedades mecânicas satisfatórias, sendo geralmente preciso utilizar aditivos visando à melhoria dessas propriedades. Neste contexto, a adição de nanopartículas de quitosana e Cúrcuma longa mostrou que houve um aumento considerável nessa propriedade principalmente no filme completo contendo NSQ e Cúrcuma longa.

No estudo de Lima (2019a), foram preparados filmes comestíveis de quitosana com incorporação de extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). Os filmes foram avaliados quanto à espessura, solubilidade, transparência, absorção de umidade, permeabilidade ao vapor de água e propriedades mecânicas. Apesar de não ter havido diferença significativa, foi observado que o filme controle, à base de quitosana sem adição de extrato de alecrim, teve sua solubilidade maior que os filmes adicionados do extrato, mostrando uma contribuição desses extratos para a diminuição da solubilidade desses filmes. A absorção de umidade variou significativamente entre o tratamento controle e os tratamentos com diferentes níveis de extrato de alecrim, os quais não diferiram entre si, no entanto, o tratamento com maior percentual de extrato de alecrim (8%) apresentou o menor resultado. Elevadas taxas de absorção de umidade trazem consequências indesejáveis como a redução da estabilidade estrutural do polímero. Na avaliação da permeabilidade ao vapor de água (PVA), houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos controle e com 8% de extrato de alecrim, entretanto, não houve significativa diferença de ambos os tratamentos citados anteriormente com o tratamento com 4% de extrato de alecrim. Com relação à transparência, o filme de quitosana sem adição dos extratos apresentou maior valor quando comparado com os filmes contendo os diferentes níveis de extratos. O autor concluiu que os revestimentos à base de quitosana e extrato de alecrim apresentaram influência na conservação e qualidade da carne bovina refrigerada.

Baron e colaboradores (2017) desenvolveram filmes baseados em blendas de quitosana (C) extraída de resíduos de siri azul e de pectina (P) extraída da casca de laranja. Cinco diferentes formulações foram desenvolvidas, sendo C: P em proporções 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 e 100:0 e dois filmes controles 0:100 e 100:0 de pectina comercial e quitosana. Quanto à espessura, não houve variação dos filmes produzidos, indicando um bom controle da razão de massa da solução formadora de filmes pela área da placa. Os filmes de 0:100 mostraram maior solubilidade em água devido à alta hidrofiliabilidade dessa matriz polimérica. Os filmes tiveram sua solubilidade em água reduzida de 54,8% para 7,6% com o aumento de quitosana na formulação. A proporção de ambos os biopolímeros não afetou significativamente a permeabilidade ao vapor d'água. Quanto à coloração, obteve-se um filme vermelho-amarelado, o qual se intensificava com o aumento da quitosana. Com o aumento de C, maior foi a resistência à tração e menor o alongamento. O aumento de pectina resultou em 12% a mais nos valores de alongamento dos filmes, garantindo melhor flexibilidade, sugerindo que a pectina tenha efeito de plastificante na matriz devido seu baixo peso molecular. Comparando aos filmes controles, a proporção 0:100 possuiu 30% a mais de resistência à tração, bem como a proporção 100:0 possuiu 22% a mais em resistência à tração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

São inúmeros os tipos de embalagens e incontestáveis as suas funcionalidades, as quais são oriundas dos mais complexos materiais e essenciais para o acondicionamento e proteção dos alimentos. Todavia, necessita-se de uma atenção mais efetiva por parte dos governantes, indústria e sociedade, no que tange ao descarte apropriado desses materiais não degradáveis.

O que outrora foi mencionado neste trabalho foi que, mesmo com a complexidade tecnológica das embalagens, é possível amenizar o impacto ambiental causado pelo seu uso, através de um projeto em que todos os envolvidos em gerar o resíduo sólido urbano se empenhem em separar o lixo, uma vez que a reciclagem possui um papel importante na preservação do meio ambiente em três esferas, que são: redução de energia gasta na obtenção da matéria-prima; um ambiente mais limpo e preservado; e geração de renda para as famílias que sobrevivem de catar tais resíduos, os quais em sua maioria são recicláveis e reutilizáveis.

É inegável que o plástico é o material mais abundante nos lixões e que mais poluem o meio ambiente tanto terrestre, quanto marítimo. O desenvolvimento de polímeros verdes é uma forma de reduzir o consumo de energia na produção desses materiais, utilizando-se matérias-primas de fontes renováveis para dar origem a embalagens sustentáveis, ainda que não sejam biodegradáveis.

Assim, esta revisão de literatura apresenta o estado da arte das embalagens, referente ao crescente interesse por parte dos pesquisadores em desenvolver filmes plásticos para acondicionar os alimentos, sendo eles oriundos de fontes naturais e abundantes na natureza, de origem animal e vegetal, e que apresentam vantagens econômicas e sociais. Diante dos danos ambientais causados pelas embalagens plásticas, é incontestável que a aplicação de materiais naturais para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis é a solução que o planeta necessita para agora e no futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **ONU diz que população mundial chegará a 8,6 bilhões de pessoas em 2030.** 2017. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-06/onu-diz-que-populacao-mundial-chegara-86-bilhoes-de-pessoas-em-2030>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ALVES, I. C. N. **Potencial da madeira de Eucalyptus benthamii Maiden et Cambage visando à produção de celulose kraft.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

AQUINO, E. S.; SILVA, L. C.; NASCIMENTO, N. S.; SIQUEIRA, N. L. A. **Produção de papel biodegradável utilizando folhas de bananeira.** 2010. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/viisimep/240944.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

ARAUJO, M. A. C. **EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS: uma revisão da literatura.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/16414/1/MACA11112019.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 87-97. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO (ABIVIDRO). 2019. Disponível em: <<https://abividro.org.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS (ABRE). 2004/2008. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/>>. Acesso em: 27 maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS (ABRE). **Estudo Macroeconômico de Embalagens.** São Paulo: ABRE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM DE AÇO (ABEAÇO). **Nosso aço: uma história para ser contada.** São Paulo: ABEAÇO, 2010. Disponível em: <<http://abeaco.org.br/wp-content/uploads/2018/12/200Anos.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019.** São Paulo: ABRELPE, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

AYQUIPA-CUELLAR, E.; SALCEDO-SUCASACA, L.; AZAMAR-BARRIOS, J. A.; CHAQUILLA-QUILCA, G. Assessment of prickly pear peel mucilage and potato husk starch for edible films production for food packaging industries. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, p. 321-331, 2020.

BAKSHI, P. S.; SELVAKUMAR, D.; KADIRVELU, K.; KUMAR, N. S. Comparative study on antimicrobial activity and biocompatibility of N-selective chitosan derivatives. **Reactive and Functional Polymer**, v. 124, p. 149-155, 2018.

BANDEIRA, S. F.; SILVA, R. S. G.; MOURA, J. M.; PINTO, L. A. A. Characterization and Film-Forming Properties of Gelatins from Whitemouth Croaker (*Micropogonias furnieri*) Skin and Bones. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 26, n.4, p.447-456, 2016.

BARÃO, M. Z. **Embalagens para produtos alimentícios**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Instituto de Tecnologia do Paraná. Curitiba: TECPAR, 2011. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY0MQ==>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

BARON, R. D.; PÉREZ, L. L.; SALCEDO, J. M.; CÓRDOBA, L. P.; SOBRAL, P. J. A. Production and characterization of films based on blends of chitosan from blue crab (*Callinectes sapidus*) waste and pectin from Orange (*Citrus sinensis* Osbeck) peel. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 676–683, 2017.

BOARD, P. W.; STEELE, R. J.; KELLY, M. The role of packaging in food preservation. In: MOIR, C. J.; ANDREW-KABILAFKAS, C.; ARNOLD, G.; COX, B. M.; HOCKING, A. D.; JENSON, I. **Spoilage of processed foods: causes and diagnosis**. Marrickville: Southwood Press, 2001. Chap. 2.8.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 06 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Impacto das embalagens no meio ambiente**. 2018. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/impacto-das-embalagens-no-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 06 jun. 2021.

BRASKEM. **Braskem investe US\$ 61 milhões na expansão da produção de biopolímeros**. 2021. Disponível em: <<https://www.braskem.com.br/detalhe->

noticia/braskem-investe-us-61-milhoes-na-expansao-da-producao-de-biopolimeros>. Acesso em: 27 jul. 2021.

BRAZEIRO F. S. G.; IMTHON N. D. **Filmes biodegradáveis baseados em polissacarídeos e proteínas, extraídos de resíduos industriais para aplicação em embalagens de alimentos: revisão sistemática da literatura**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2021. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br:8080/bitstream/riu/5805/1/TCC_II_Fernanda_e_Nathalia.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

CAETANO, A. C. G.; LUNA, M. M. M. Logística reversa de resíduos de embalagens de vidro: alternativas de coleta e suas implicações. *In*: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 1., 2018. **Anais** [...]. Gramado, 2018. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/conresol/1conresol.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2021.

CAO, T. L.; YANG, S.-Y.; SONG, K. B. Characterization of Barnyard Millet Starch Films Containing Borage Seed Oil. **Coatings**, v. 7, n. 11, p.183, 2017. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-6412/7/11/183/htm>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

CARNEIRO, C. M. B; ZORZAL, E. J.; SANTOS, G. P.; NUNES, R. V. Contribuição econômica e financeira da logística de embalagem para as empresas: um estudo comparativo entre a embalagem aço versus a embalagem PET em uma indústria de alimentos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 14., 2007. **Anais** [...]. João Pessoa, 2007. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/1463/1463>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

CASAGRANDE, N. M. **Inclusão dos impactos dos resíduos plásticos no ambiente marinho em avaliação de ciclo de vida**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

CAVALCANTI, P. R. A.; CHAGAS, C. **História da embalagem no Brasil**. São Paulo: Grifo, 2006.

COELHO, M. V. **Filmes compósitos de celulose nanofibrilada e minerais argilosos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Especialização em Processo, Ambiente e Energia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/81484/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Marisa%20V%20Coelho.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.

COMITÊ ORGANIZADOR DOS JOGOS OLÍMPICOS E PARALÍMPICOS RIO 2016 (COJOP). **Guia de embalagens**. Rio de Janeiro: COJOP, 2013.

CORCIONE, C. E.; STRIANI, R.; FERRARI, F.; VISCONTI, P.; RIZZO, D.; GRECO, A. An Innovative Method for the Recycling of Waste Carbohydrate – Based Flours. **Polymers (Basel)**, v. 6, p. 12, 2020. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7362212/>>. Acesso em: 03 ago. 2021.

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2017. **Anais [...]**. Natal, 2017. Disponível em: <<https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2018/02/APROVEITAMENTO-DE-RES%C3%8DDUOS-AGROINDUSTRIAIS-NA-ELABORA%C3%87%C3%83O-DE-SUBPRODUTOS.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

CRIZEL, T. M.; RIOS, A. O.; ALVES, V. D.; BANDARRA, N.; MOLDÃO-MARTINS, M.; FLÔRES, S. H. Biodegradable films based on gelatin and papaya peel microparticles with antioxidant properties. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 3, p. 536–550, 2017.

CRUZ NETO, A. M.; CARMO, L. R.; MATA, R. R. O. **O mundo e a pele que habito: guia de sustentabilidade nas embalagens de produtos *skincare***. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Design Gráfico) – Faculdade de Artes Visuais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

DIAS, J. C. **Rotas de destinação dos resíduos plásticos e seus aspectos ambientais: uma análise da potencialidade da biodegradação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

ELSABEE, M. Z.; ABDOL, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. **Materials Science and Engineering: C**, v. 33, n. 4, p. 1819–1841, 2013.

EUROPEAN BIOPLASTICS. **Bioplastics Market Data**. 2020. Disponível em: <<https://www.european-bioplastics.org/market/>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2001. Cap. 10, p. 433-465.

FABRIS, S.; FREIRE, M. T. A.; REYES, F. G. Embalagens plásticas: tipos de materiais, contaminação de alimentos e aspectos de legislação. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 19, n. 2, p. 59-70, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Felix_Reyes3/publication/287350514_Plastic_packaging_Types_of_materials_food_contamination_and_legislation_aspects/links/56>

bc95d508ae9ca20a4be4ec/Plastic-packaging-Types-of-materials-foodcontamination-and-legislation-aspects.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2021.

FARADILLA, R. H. F.; LEE, G.; ARNS, J.-Y.; ROBERTS, J.; MARTENS, P.; STENZEL, M. H.; ARCOT, J. Characteristics of a free-standing film from banana pseudostem nanocellulose generated from TEMPO-mediated oxidation. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, p. 1156-1163, 2017.

FARIAS, C. E. G.; COELHO, J. M. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: CGEE, 2002.

FEITOSA, B. B.; SAITO, D. K.; CORTEZ, J. P. S.; SOARES, V. F. **Relatório 01 - Água na Indústria (Vidro)**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Escola Politécnica da UFS. São Paulo: PHA/USP, 2017. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3466628/mod_folder/content/0/Vidro.pdf?forcedownload=1>. Acesso em: 03 jun. 2021.

FERNANDES, L. S. **Biodegradação de fertilizantes de eficiência melhorada baseados em carboximetilcelulose/quitosana/zeólita incorporados com macro e micronutrientes**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/14516/TCC_LarissaFernandes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 jul. 2021.

FERREIRA, D.; SILVA, P.; MADEIRA, T. F. Embalagens verdes: conceitos, materiais e aplicações. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, v. 1, n. 2, p. 28-39, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.unespar.edu.br/index.php/raei/article/view/2780/2027>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

FERREIRA, R. L. R. **Estudo da influência da razão de sopro na estrutura e propriedades de filmes de polietilenos produzidos pelo processo de extrusão tubular**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FONTOURA, D. R. S.; CALIL, R. M.; CALIL, E. M. B. A importância das embalagens para alimentos - aspectos socioeconômicos e ambientais. **Atas de Saúde Ambiental**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 138-160, 2016. Disponível em: <<https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ASA/article/view/1224>>. Acesso em: 17 jul. 2021.

FRANCHETTI, S. M. M; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 811– 816, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/QXT9wMDfVQ9PrhVsp8b3Pc/?lang=pt>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

GUERRA, I. C. Desenvolvimento de filme e revestimento à base de pectina do pequi incorporado de nanopartículas de ZnO e aplicação em pós colheita de manga. 2021. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1743/1/Disserta%20a7%20a3o%20de%20pectina%20do%20pequi%20incorporado%20de%20nanopart%C3%ADculas%20de%20ZnO%20e%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20em%20p%C3%B3s%20colheita%20de%20manga.pdf>

20Final%20do%20Mestrado%20IFGoiano%20Rio%20Verde%20-%20Itatiane%20Catarina%20Guerra.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2021.

HENNINGSSON, S.; HYDE, K.; SMITH, A.; CAMPBELL, M. The value of resource efficiency in the food industry: a waste minimisation project in East Anglia, UK. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, n. 5, p. 505-512, 2004.

HENRIQUE, C. M.; PRATI, P.; PARISI, M. C. M. Diferentes alternativas para embalagens. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 13, n. 1. 2016. Disponível em: <<http://aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/agregacao-de-valor-e-eng-de-alimentos/edicao-2016/janeiro-junho-4/1682-diferentes-alternativas-para-embalagens/file.html>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

JIMÉNEZ-ROSADO, M.; ZARATE-RAMÍREZ, L. S.; ROMERO, A.; BENGOCHEA, C.; PARTAL, P.; GUERRERO, A. Bioplastics based on wheat gluten processed by extrusion. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619328641>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

JORGE, N. **Embalagens para alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013. 194 p.

KLOCK, U. *et al.* **Química da madeira**. 3. ed. rev. Curitiba: UFPR, 2005. 86 p.

KNIDRI, H. E.; BELAABED, R.; ADDAOU, A.; LAAJEB, A.; LAHSINI, A. Extraction, chemical modification and characterization of chitin and chitosan. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1191-1189, 2018.

KUMAR, S.; YE, F.; DOBRETISOV, S.; DUTTA, J. Chitosan nanocomposite coatings for food, paints, and water treatment applications. **Applied Sciences**, Switzerland, v. 9, n. 12, 2019.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, São Carlos, v. 26, p. 82-92, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/po/a/Mnh695j5cVys99xsSSx54WM/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 23 maio 2021.

LAUTENSCHLÄGER, B. I. **Avaliação de embalagem de consumo com base nos requisitos ergonômicos informacionais**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/81838/188617.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 jun. 2021.

LEE, J. J. L.; CUI, X.; CHAI, K. F.; ZHAO, G.; CHEN, W. N. Interfacial Assembly of a

Cashew Nut (*Anacardium occidentale*) Testa Extract onto a Cellulose-Based Film from Sugarcane Bagasse to Produce an Active Packaging Film with pH-Triggered Release Mechanism. **Food and Bioprocess Technology**, v. 13, p. 501-510, 2020.

LI, M.; GUO, Q. The preparation of the hydrotalcite-based composite phase change Material. *Applied Energy*, v. 156, p. 207-212, 2015.10.1016/j.apenergy.2015.07.040.

LIMA, A. F. **Revestimentos comestíveis à base de quitosana e extrato de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e sua aplicabilidade na carne bovina**. 2019a. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/978/1/AllisonFL_DISSERT.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2021.

LIMA, C. R. **História de embalagem: stand-up pouch**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Embalagem) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2015. Disponível em: <<https://maua.br/files/monografias/completo-historia-embalagem:-stand-pouch-210909.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2021.

LIMA, M. F. **Estudo do comportamento do mesocarpo de coco babaçu na formação de biofilmes aditivados com compostos antioxidantes – cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2019b. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <<https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/4354/1/MEYRELLE-LIMA.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2021.

LOMASSO, A. L.; SANTOS, B. R.; ANJOS, F. A. S.; ANDRADE, J. C. A.; SILVA, L. A.; SANTOS, Q. R.; CARVALHO, A. C. M. Benefícios e desafios na implementação da reciclagem: um estudo de caso no Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, 2015.

LUCHESI, C. L. **Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir de amido contendo subprodutos provenientes do processamento de alimentos**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2018. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/178251>>. Acesso em: 09 ago. 2021.

MADHUSUDAN, P.; CHELLUKURI, N.; SHIVAKUMAR, N. Smart packaging of food for the 21st century – A review with futuristic trends, their feasibility and economics. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 10, p. 21018-21022, 2018.

MAGALHÃES, P. G.; FIGUEIREDO, P. R. A.; DEDINI, F. G. Rigidez do papelão ondulado: comparação entre resultados experimentais e os obtidos por cálculo analítico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 190-199, jan./abr., 2006.

MALERBA, M.; CERANA, R. Recent applications of chitin- and chitosan-based polymers in plants. **Polymers**, v. 11, n. 5, p. 1–9, 2019.

MARÇAL, J. G. V.; SANTOS, L. S.; MARTINS, M. D. M.; NERY, T. B. R. Desenvolvimento e caracterização de biofilme a base de amido de mandioca e óleo essencial de limão tahiti. *In*: ENCONTRO NORDESTE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE POLÍMEROS, 4., 2018. **Anais** [...]. Aracaju: UNIT, 2018. Disponível em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-3fb7d99135cdcaa9ae803678e4496e644255481f-segundo_arquivo.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2021.

MARSH, K.; BUGUSU, B. Food packaging: roles, materials, and environmental issues. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. 39-55, 2007.

MEIRELLES, D.; CALAZANS, M. **H₂O para Celulose x Água para todas as línguas: O conflito ambiental no entorno da Aracruz Celulose S/A – Espírito Santo**. Vitória: FASE, 2006. Disponível em: <<https://fase.org.br/wp-content/uploads/2017/07/H2O-para-celulose-X-%C3%81gua-para-todas-as-l%C3%ADnguas-%E2%80%93-O-conflito-ambiental-no-entorno-da-Aracracruz-Celulose-SA-%E2%80%93-Esp%C3%ADrito-Santo-FASE-2006.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2021.

MELO, P. T. S. **Nanocristais obtidos de resíduos industriais de celulose bacteriana aplicados como agente de reforço em filmes biopoliméricos**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/204962/melo_pts_dr_ilha_par.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 03 ago. 2021.

MESTRINER, F. **Design de embalagem: curso básico**. 2. ed. rev. São Paulo: Makron Books, 2002.

MILLER, L.; ALDRIDGE, S. **Why Shrink-Wrap a Cucumber?** Londres: Laurence King, 2012.

MORAES, N. F. S. **Desenvolvimento de filmes sustentáveis à base de pectina extraída do albedo do pomelo (*Citrus Grandis*)**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2020. <<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1028/3/TCC-%20Nathalya%20Ferreira%20de%20Souza%20Moraes.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2021.

NANDA, S.; BERRUTI, F. A technical review of bioenergy and resource recovery from municipal solid waste. **Journal of Hazardous Materials**, v. 403, n. 5, p. 123970, fev. 2021.

NEGRÃO, C.; CAMARGO, E. P. **Design de Embalagem: do Marketing à Produção**. São

Paulo: Novatec, 2008.

NUNES, J. C.; MELO, P. T. S.; AOUADA, F. A.; MOURA, M. R. Influência da nanoemulsão de óleo essencial de limão em filmes à base de gelatina. **Química Nova**, v. 41, n. 9, p. 1006-1010, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/3XhHk8Jx35fb47p8RM7Rgtm/?lang=pt&format=html>>. Acesso em: 06 ago. 2021.

OLIVEIRA J. F. R.; FRANCESKI, C. A utilização dos plásticos biodegradáveis e de fontes renováveis em São Lourenço do Oeste. **Brazilian Journals of Business**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 1662-1677, 2021. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJB/article/view/29629/23358>>. Acesso em: 24 jul. 2021.

ONG, S. Y.; CHEE, J. Y.; SUDESH, K. Degradation of Polyhydroxyalkanoate (PHA): a Review. **Journal of Siberian Federal University Biology**, v. 10, n. 2, p. 211-225, 2017.

PAINE, F. A.; PAINE, H. Y. **A handbook of food packaging**. London: Blackie Academic and Professional, 1992.

PEREIRA, A. D. **Extração e caracterização de amido e fibra de araruta (*Maranta arundinaceae* L.) para a produção de filmes flexíveis obtidos por extrusão termoplástica seguida de sopro**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia, Dourados, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2882/1/AmandaDambrosPereira.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

PEREIRA, E.; LOIOLA, S. S. N.; SILVA, S. N. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis de amido de milho. *In*: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2020. **Anais [...]**, v. 10, n. 2. Bagé: UNIPAMPA, 2020.

PESSANHA, K. L. F. **Polímeros biodegradáveis adicionados de nanopartículas como embalagem para alimentos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologias Industriais Farmacêuticas) – Instituto de Tecnologia em Fármacos/Farmanguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/18492>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

PETARNELLA, L.; NASCIMENTO, H. R. F.; FACÓ, J.; JUNGER, A. P. A reciclagem de vidros e o impacto socioambiental: O caso da Corporação de Apoio à Criança Queimada (COANIQUEM). **Revista Casos e Consultoria**, v.8, n.2, p.e821, 2017.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: EDUFAL, 2005.

PINTO-COELHO, R. M. **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil**. Belo

Horizonte: Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, 2009. 340 p.

PRADO, M. R. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e PET utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil**. 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

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**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Cuiabá, 2021. Disponível em: <https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/1856/1/TCC_Arylson___versao_final.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

RIBEIRO, M. **Embalagem retornável de papelão ondulado para compras em supermercados**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Embalagem) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3621/1/CT_CEEMB_2012_1_09.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2021.

RIBEIRO, M. P. R.; FUJI, T. M.; LIMA, M. C. B.; VALÉRIO, C.; SANTO, B. F. N.; SABADIN, V. P.; SOUZA, M. C.. O marketing e a embalagem no desenvolvimento do produto “milhitos” elaborado na disciplina de projeto interdisciplinar em ciência e tecnologia de alimentos. *In*: SIMPOSIO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO, 6., 2008. **Anais** [...]. Piracicaba: UNIMEP, 2008. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/6mostra/4/330.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

RICCHINI, R. **Reciclagem de metal**. 2016. Disponível em: <<http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-metal/reciclagem-de-metal/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.

ROBERT, N. T. F. **Produção de Embalagem de Papel**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: REDETEC, 2007. Disponível em: <<http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjAw>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ROBERTSON, G. L. Embalagens de alimentos. *In*: CAMPBELL-PLATT, G. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2015. p. 289.

ROMANI, V. P.; OLSEN, B.; COLLARES, M. P.; OLIVEIRA, J. R. M.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; MARTINS, V. G. Improvement of fish protein films properties for food packaging through glow discharge plasma application. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 970-976, 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X18309585?casa_token=TqGTgJJ5-NkAAAAA:GSE6Ezb1-0mKLFCHcUdbx9sl7Vbn2iPZB4rZ8otpEXw4xarJLlhlhSmv0XbijS-aA0Z6QcJjf9f19g>. Acesso em: 25 jul. 2021.

ROSSATO, I. F.; SENS NETO, V. N. Trabalho de Educação ambiental para conscientizar da importância na reciclagem para preservação do meio ambiente. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 3, n.1, p. 98-115, 2014. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2166/1584>. Acesso em: 28 jun. 2021.

SÁ, B. C. **Extensão do ciclo de vida das embalagens**. 2019. Dissertação (Mestrado em Design de Produto e Espaço) – Universidade Europeia, Faculdade de Design, Tecnologia e Comunicação, Portugal, 2019. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/32345/1/Sa_Bruno_MDPE_Disserta%20a7%20revis%20a3o.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SANTOS, A. M. P.; YOSHIDA, C. M. P. **Embalagem**. Recife: EDUFRPE, 2011. Disponível em: <<http://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Embalagem.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SANTOS, V. S.; SANTOS, V. S.; FERNANDES, R. S.; FERREIRA JÚNIOR, C. R.; AOUADA, F. A.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; MOURA, M. R. Avaliação e caracterização de biofilme comestível de carboximetilcelulose contendo nanopartículas de quitosana e Cúrcuma longa. **Revista Matéria**, v. 26, n. 1, 2021.

SCHAEFER, D.; CHEUNG, W. M. Smart Packaging: Opportunities and Challenges. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 1022-1027, 2018.

SCHWARK, F. Influence factors for scenario analysis for new environmental technologies: the case for biopolymer. **Technology Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 7, p. 644-652, 2009.

SCOPEL, B. S.; PRETTO, G. L.; CORRÊA, J. I. P.; BALDASSO, C.; DETTMER, A.; SANTANA, R. M. C. Starch–leather waste gelatin films cross–linked with glutaraldehyde. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 7, p. 1974-1984, 2020. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/219701/001123787.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

SHARMA, S.; BARKAUSKAITE, S.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. Essential oils as additives in active food packaging. **Food Chemistry**, v. 343, n. 1, 2020.

SIFUENTES-NIEVES, I.; RENDÓN-VILLALOBOS, R.; JIMÉNEZ-APARICIO, A.; CAMACHO-DÍAZ, B. H.; LÓPEZ, G. F. G.; SOLORZA-FERIA, J. Physical, Physicochemical, Mechanical, and Structural Characterization of Films Based on

Gelatin/Glycerol and Carbon Nanotubes. **International Journal of Polymer Science**, p. 1-8, 2015.

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**, v. 13 n. 13, p. 2683- 2689, ago. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/8248/pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SILVA, D. L. **Influência da adição de nanocristais e nanofibrilas de celulose extraídas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades de embalagens biodegradáveis ativas à base de pectina**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9880/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

SILVA, G. L.; SANTOS, J. G. R.; ALVES, J. H.; MARIA, M. C.; PITZ, R. A. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de mandioca adicionado de ácido cítrico**. 2019. Trabalho final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) – Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2019. Disponível em: <<https://quimica.arauari.ifc.edu.br/wp-content/uploads/sites/20/2020/04/TRABALHO-FINAL-PRODU%C3%87%C3%83O-E-CARACTERIZA%C3%87%C3%83O-DE-FILMES-BIODEGRAD%C3%81VEIS-DE-AMIDO-DE-MANDIOCA-ADICIONADO-DE-%C3%81CIDO-C%C3%8DTRICO.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2021.

SILVA, H. D. F. **Plástico residual: poluente expandido pela COVID-19 e a atuação da biotecnologia em mitigar o dano ambiental**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) – Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2021.

SILVA, I. C. S.; CORGOZINHO, C. N. C.; SANTOS, L. C.; ARAUJO, R. C. S.; REZENDE, D. B. Protótipo de reator para conversão de resíduos sólidos urbanos em produto de maior valor agregado. *In*: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 4., 2021. **Anais** [...]. Gramado, 2021. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2021/XII-006.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2021.

SOARES, N. F. F.; SILVA, W. A.; PIRES, A. C. S.; CAMILLOTO, G. P.; SILVA, P. S. Novos Desenvolvimentos e Aplicações em Embalagens de Alimentos. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 370-378, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226808003.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

SOUZA, A. C.; BENZE, R.; FERRÃO, E. S.; DITCHFIELD, C.; COELHO, A. C. V.; TADINI, C. C. Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol, and clay nanoparticles content on tensile, and barrier properties, and glass transition temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, n. 1, p. 110-117, 2012.

SRINIVASAN, S.; LU, W. F. Development of a supporting tool for sustainable fmcg

packaging designs. **Procedia CIRP**, v. 15, p. 395-400, 2014.

STOLLE, A. M. **Elaboração e caracterização de filmes de pectina para uso na conservação de tomates-cereja (*Solanum lycopersicum*)**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16655/1/PG_COALM_2018_2_02.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2021.

TAVELLA, A. **Rotulagem de Alimentos**. São Paulo: Editora SENAI – SP, 2016.

THE CONSUMER GOODS FORUM. **A global language for packaging and sustainability**. France, 2011. Disponível em: <<https://www.theconsumergoodsforum.com/wp-content/uploads/2018/05/Global-Packaging-Report-2011.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

UEHARA, T.; MINOSHIMA, Y.; SAGANE, K.; SUGI, N. H.; MITSUHASHI, K. O.; YAMAMOTO, N.; KAMIYAMA, H.; TAKAHASHI, K.; KOTAKE, Y.; UESUGI, M.; YOKOI, A.; INOUE, A.; YOSHIDA, T.; MABUCHI, M.; TANAKA, A.; OWA, T. Selective degradation of splicing factor CAPER α by anticancer sulfonamides. **Nature Chemical Biology**, v. 13, n. 6, p. 675-680, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28437394/>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

VEIGA-SANTOS, P.; OLIVEIRA, L. M.; CEREDA, M. P.; ALVES, A. J.; SCAMPARINI, A. R. P. Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.19, n. 2, p. 341- 349, 2005.

VELOSO, C. N. **O poder da embalagem na decisão de compra do consumidor de detergente em pó: uma análise com consumidores na cidade de Araguaína/TO**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Logística) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/1862/1/CATIANE%20NASCIMENTO%20VELOSO%20-%20TCC%20-%20LOG%20c3%8dSTICA.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

VERGHESE, K.; LEWIS, H.; LOCKREY, S.; WILLIAMS, H. **Final Report: The role of packaging in minimising food waste in the supply chain of the future**. 2013. Acesso em: 02 jun. 2021.

VIÉGAS, L. P. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2016. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Vers%C3%A3o-Impress%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 26 de julho de 2021.

WANG, Q.; CAO, J.; YU, H.; ZHANG, J.; YUAN, Y.; SHEN, X.; LI, C. The effects of EGCG on the mechanical, bioactivities, cross-linking and release properties of gelatin film. **Food Chemistry**, v. 15, n. 271, p. 204-210, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30236668>. Acesso em: 23 jul. 2021.

WIBBELT, A. C. C. **Aplicação do papel reciclado artesanal em brindes corporativos**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Artes Gráficas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

WIT, W.; HAMILTON, A.; SCHEER, R.; STAKES, T.; ALLAN, S. **Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização**. Gland, Suíça: WWF - Fundo Mundial para a Natureza, 2019.