

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

MATHEUS MILER

**EMBALAGENS MULTICAMADAS:
FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES**

SÃO CARLOS -SP
2023

EMBALAGENS DE ALUMÍNIO MULTICAMADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Carlos Henrique Scuracchio.

São Carlos-SP
2023

A Deus, minha família e amigos, gratidão por todo apoio do início ao fim dessa trajetória.

AGRADECIMENTO

Inicialmente, quero expressar minha mais profunda gratidão a Deus por me orientar nesta jornada e por me agraciar com a força e sabedoria necessárias para concluir este curso. Sinto-me eternamente grato pelo apoio da minha família, que sempre depositou fé em mim e me incentivou a perseguir meus sonhos. Também gostaria de transmitir minha sincera apreciação ao meu orientador, o professor Carlos Henrique Scuracchio, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado e pela orientação e mentoria que recebi, sou verdadeiramente grato pela sua ajuda e dedicação. Por fim, desejo expressar minha gratidão aos meus amigos que estiveram sempre presentes ao longo dos últimos anos. A amizade e o apoio que compartilhamos foram inestimáveis e valorizo imensamente as lembranças que construímos juntos, as quais levarei com carinho pelo resto da minha vida. A todos vocês, meu profundo agradecimento por tornarem essa jornada verdadeiramente memorável.

“O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.” (Gro Harlem Brundtland, 1987)

RESUMO

As embalagens multicamadas são estruturas compostas por diversas camadas de materiais, que podem ser similares ou diferentes, como alumínio, plástico e papel. Essas embalagens desempenham um papel crucial na proteção de produtos e alimentos, garantindo sua integridade e prolongando sua vida útil. No entanto, o uso de embalagens multicamadas também apresenta desafios significativos, principalmente do ponto de vista ambiental, devido aos problemas de descarte pós-consumo. Um exemplo de vantagem das embalagens multicamadas é sua capacidade de oferecer barreiras eficazes contra fatores externos, como umidade, luz e oxigênio, que podem deteriorar os produtos embalados. Isso contribui para a preservação da qualidade dos produtos e a redução do desperdício. No entanto, as desvantagens incluem a complexidade de sua composição, o que dificulta a reciclagem e o descarte adequado, aumentando os impactos ambientais. A problemática ambiental associada às embalagens multicamadas tem despertado preocupações crescentes, levando à busca de soluções sustentáveis. O Brasil, um país reconhecido por suas práticas sustentáveis, está abordando esse desafio como uma oportunidade de melhoria, dada a significativa quantidade de embalagens multicamadas consumidas anualmente no país. Medidas como a promoção da reciclagem e a busca por alternativas de embalagens mais ecológicas estão entre as iniciativas em andamento. Em suma, as embalagens multicamadas desempenham um papel importante na proteção de produtos, mas também apresentam desafios ambientais. A revisão bibliográfica destaca a necessidade de abordar esses desafios em prol da sustentabilidade na produção e no consumo de embalagens.

Palavras-chave: Embalagem; Multicamadas; Reciclagem; Sustentabilidade

ABSTRACT

Multilayer packaging consists of structures composed of multiple layers of materials, which can be similar or different, such as aluminum, plastic, and paper. These packages play a crucial role in protecting products and food, ensuring their integrity and extending their shelf life. However, the use of multilayer packaging also presents significant challenges, especially from an environmental perspective, due to post-consumer disposal issues. An example of the advantage of multilayer packaging is its ability to provide effective barriers against external factors such as moisture, light, and oxygen, which can degrade packaged products. This contributes to preserving product quality and reducing waste. However, disadvantages include the complexity of their composition, making recycling and proper disposal more difficult, thereby increasing environmental impacts. The environmental concerns associated with multilayer packaging have raised growing concerns, leading to the search for sustainable solutions. Brazil, a country recognized for its sustainable practices, is addressing this challenge as an improvement opportunity, given the significant amount of multilayer packaging consumed annually in the country. Measures such as promoting recycling and seeking more environmentally friendly packaging alternatives are among the ongoing initiatives. In summary, multilayer packaging plays an important role in product protection but also presents environmental challenges. The literature review emphasizes the need to address these challenges for sustainability in packaging production and consumption.

Keywords: Packaging; Multilayer; Recycling; Sustainability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 UM BREVE RESUMO SOBRE A INVENÇÃO DAS EMBALAGENS.....	13
MULTICAMADAS	
3.2 COMPOSIÇÃO DE EMBALAGENS MULTICAMADAS.....	17
3.3 VANTAGENS DAS EMBALAGENS MULTICAMADAS.....	22
3.4 DESVANTAGENS DAS EMBALAGENS MULTICAMADAS.....	25
3.5 PROCESSO DE RECICLAGEM DE EMBALAGENS MULTICAMADAS.....	29
4 METODOLOGIA.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7 REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Embalagens multicamadas, como o próprio nome sugere, são compostas por diferentes materiais, como plástico, metal e papel. Um exemplo de embalagem multicamada amplamente conhecida são aquelas criadas em 1951 pelo Dr. Ruben Rausing, essas embalagens, conhecidas como longa vida, são muito utilizadas no cotidiano para diversos produtos, como leite e derivados, e são formadas por polietileno, papel e alumínio. O seu uso frequente no mercado se deve à sua praticidade, sua capacidade de conservação dos alimentos e sua resistência a altas temperaturas que resulta em uma vida útil maior dos produtos. (TETRA PAK, 2021)

No entanto, a reciclagem das embalagens multicamadas ainda enfrenta desafios e está em constante aprimoramento em termos de métodos e processos, por isso, a adoção generalizada dessas embalagens tem levantado preocupações quanto ao seu impacto ambiental. Esta revisão bibliográfica tem como objetivo fornecer uma visão geral das embalagens multicamadas, falando também sobre os seus desafios ambientais e das estratégias utilizadas para enfrentá-los. Por meio da análise de estudos e pesquisas existentes na área, busca-se obter conclusões e percepções relevantes.

Vale ressaltar que a necessidade de mais cautela no que diz respeito aos impactos ambientais diz respeito à vários fatores e não é de única responsabilidade, pois o problema está desde a responsabilização das empresas responsáveis pela produção desses futuros resíduos, até a conscientização individual e coletiva, visto que a maior parte das pessoas nem ao menos sabem que essas embalagens não devem ser descartadas no lixo comum. (YASHIRO, 2023)

Acrescentando ainda, cabe ao governo tomar medidas para conter os problemas que serão explorados ao longo deste trabalho, tais como mudanças na legislação nas quais os produtores e consumidores maiores dessa embalagem (indústria alimentícia) devem “compensar” os danos causados que vão desde reflorestamento até a implementação de políticas de incentivo à reciclagem e ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes de reciclagem de embalagens multicamadas. Além disso, é essencial promover a conscientização dos consumidores sobre a importância da separação adequada e do descarte correto dessas embalagens, incentivando práticas sustentáveis. (SCHMIDT et al., 2022)

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo explorar os desafios ambientais associados às embalagens multicamadas e analisar possíveis soluções para mitigar seus impactos negativos. Serão abordados aspectos como a necessidade de uma gestão

eficiente de resíduos, a promoção da economia circular e a adoção de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis na cadeia de produção e consumo.

Ao longo deste estudo, serão discutidos casos de métodos que obtiveram avanços significativos na reciclagem de embalagens multicamadas, bem como as oportunidades e desafios específicos enfrentados pelo Brasil, que é um dos maiores consumidores desse tipo de embalagem. O objetivo é fornecer uma visão abrangente do cenário atual e propor medidas para promover a sustentabilidade na utilização dessas embalagens.

Dessa forma, espera-se que este trabalho contribua para a conscientização sobre a importância da gestão adequada das embalagens multicamadas, destacando a necessidade de ações coletivas e governamentais para enfrentar os desafios ambientais associados a esse tipo de embalagem.

2 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre as embalagens multicamadas, com ênfase no uso dessas embalagens e nas práticas de reciclagem. A pesquisa visa apresentar um panorama geral do cenário atual dessas embalagens, destacando suas vantagens tecnológicas na indústria alimentícia, mas também identificando as preocupações ambientais relacionadas ao seu impacto. Através da análise de artigos, monografias, notícias e informações fornecidas pelas próprias empresas produtoras, busca-se enfatizar as estratégias que promovam a sustentabilidade em seu uso.

Além de focar a eficiência das embalagens multicamadas no armazenamento e conservação de alimentos, esta revisão bibliográfica também aborda o impacto ambiental causado por esses materiais. Portanto, a pesquisa se dedica a explorar as estratégias adotadas por algumas empresas para enfrentar esses desafios e promover a reciclagem dessas embalagens, visando minimizar os impactos negativos no meio ambiente.

Ao tratar da sustentabilidade em relação às embalagens multicamadas, é imprescindível fomentar a conscientização sobre a importância da gestão adequada desses materiais desde o estágio de produção até o descarte final. Ademais, o TCC busca lançar luz sobre a necessidade de medidas coletivas e governamentais que incentivem a adoção de práticas sustentáveis em toda a cadeia de produção e consumo de embalagens multicamadas, visando um futuro mais responsável e em harmonia com o meio ambiente. Ao fornecer uma compreensão abrangente dos desafios e oportunidades relacionados a essas embalagens, espera-se que este trabalho contribua para uma conscientização mais ampla sobre a importância das escolhas no âmbito ambiental. Além disso, busca-se também oferecer uma visão sobre o que já se sabe e identificar as áreas que ainda necessitam de descobertas para aprimorar o conhecimento sobre o tema.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A INVENÇÃO DAS EMBALAGENS MULTICAMADAS

As embalagens, embora muitas vezes passem despercebidas devido ao seu curto tempo de existência antes de seu descarte, são fundamentais, possuindo diversas funções como proteger produtos durante o transporte e armazenamento, preservar a qualidade, frescor e até mesmo a segurança dos alimentos. Além disso, existem também as questões artísticas ligadas ao marketing, estética e marca que geram influência todos os dias nos consumidores.

Uma embalagem tem como principais funções conter o produto, protegê-lo durante o transporte, movimentação e armazenagem, reduzindo riscos de contaminação por impurezas, insetos, bactérias, evitando a permeação de umidade ou oxigênio e ser atrativa aos consumidores, ou seja, deve vender o produto. Além destas funções, há também o dever perante o consumidor de informá-lo, protegê-lo e, em certos casos, garantir que o seu conteúdo, nem a própria embalagem, quando descartada, não agride o meio ambiente.(DANTAS, 2000, p1).

Atualmente, no mercado, as embalagens multicamadas têm se destacado como uma opção versátil e de múltiplos usos. Com diferentes tipos disponíveis, essas embalagens são capazes de atender a diversas necessidades. A técnica que consiste em criar várias camadas utilizando dois ou mais tipos de materiais é muito antiga, estima-se que há mais de 2000 a.C. os egípcios utilizavam essa invenção para a decoração nos processos de mumificação e também na criação de adereços como as máscaras dos faraós, para isso, eles usavam linho e folhas de papiro que combinados com resinas e metais preciosos como ouro e prata resultaram em artigos resistentes e duradouros (TAYLOR, 2001). Além disso, associado aos processos de embalsamamento dos corpos, essas peças multicamadas contribuíram para a preservação dos corpos em seu interior.

O conceito de embalagem de múltiplas camadas busca combinar as melhores propriedades de cada tipo de material utilizado, assegurando um acondicionamento eficiente para diferentes tipos de conteúdo (DANTAS, 2000). Na tabela 1, há uma lista dos principais materiais empregados como matéria-prima em embalagens, acompanhados de suas características distintas:

Tabela 1: Principais características de alguns substratos usados em estruturas combinadas

SUBSTRATO	CARACTERÍSTICA
Papel comum	Baixo custo, rigidez e resistência mecânica.
Papel glassine	Barreira à passagem de gorduras e aromas.
Alumínio	Boa aparência, proteção contra luz, e baixa permeabilidade a gases e vapor de água.
Celofane	Transparência, brilho e rigidez.
Polietileno	Baixo custo, baixa permeabilidade de vapor de água e propriedade termosoldável.
Polipropileno	Rigidez, baixa permeabilidade de vapor de água e brilho.
PVC	Propriedade termosoldável e resistência a gorduras.
PVDC	Barreira a gases e umidade.
EVOH(Copolímero de Etileno e Álcool Vinílico)	Barreira a oxigênio.
Poliéster (PET)	Resistência a tração, química e à variação de temperatura, brilho e transparência.
Poliamida	Baixa permeabilidade a gases.

Fonte: Adaptado de Alcan (1997).

As embalagens fabricadas a partir dos insumos da Tabela 1, como folhas de alumínio, filmes plásticos, adesivos, tintas e papel, desempenham um papel significativo nas prateleiras dos supermercados, ocupando uma considerável parcela do espaço disponível. Elas abrigam uma vasta gama de produtos, tanto alimentares quanto de uso geral, como evidenciado na Tabela 2:

Tabela 2: Exemplos de embalagens multicamadas e suas aplicações:

Aplicação	Estruturas
Biscoitos e salgadinhos	Polipropileno, adesivo, polipropileno perolizado, alumínio, PET e polietileno.
Café	PET, alumínio, adesivo e polietileno.
Chocolates	Polipropileno, alumínio, adesivo, papel e adesivo hot melt.
Cigarros (embalagem interna)	Alumínio, adesivo e papel.
Creme dental	Polietileno, adesivo e alumínio.
Leite em pó	PET, alumínio, adesivo e polietileno.
Manteiga	Alumínio, adesivo, papel, adesivo hot melt, e polietileno.
Rótulos	Alumínio, adesivo e papel.
Sachês para fármacos	Papel, polietileno, alumínio e adesivo.
Sachês para xampu e cosméticos	PET, adesivo, alumínio e polietileno.
Sorvetes	Papel, polietileno, alumínio e adesivo.
Sopas e sucos em pó	PET, adesivo, alumínio, polietileno e papel.
Temperos e condimentos	PET, polietileno, alumínio, papel verniz e adesivo hot melt.

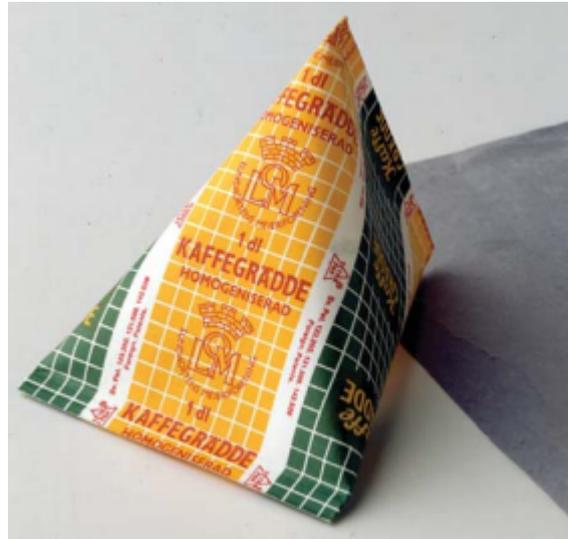
Fonte: Adaptado de Alcan (1997).

Um tipo bastante comum de embalagem multicamada atualmente são aquelas utilizadas para o armazenamento seguro e prolongado de alimentos como leites e sucos, conhecidas popularmente como “longa vida”. A invenção desse tipo de embalagem teve um impacto muito grande na indústria, uma vez que revolucionou o conceito de armazenamento principalmente de alimentos perecíveis.

Durante o processo de criação das embalagens longa vida, Rausing procurava uma solução para o problema da deterioração rápida dos alimentos em recipientes tradicionais, sua inovação foi a criação de uma embalagem composta por várias camadas, incluindo papel, alumínio e plástico, que combinavam resistência, impermeabilidade e proteção contra a luz (Tetra Pak, 2006), a figura 1 exibe uma foto da primeira embalagem desenvolvida,

mais adiante será abordado especificamente a composição desse tipo de embalagem.

Figura 1: Primeira embalagem cartonada lançada em Lund, Suécia, em novembro de 1952.



Fonte: TETRA PAK, 2006.

Construída em uma forma plana, essa embalagem pode ser facilmente dobrada e vedada para garantir a esterilização e a conservação dos alimentos. Isso é possível graças ao processo de envase asséptico, no qual o alimento é aquecido a altas temperaturas para eliminar micro-organismos e, em seguida, embalado em condições estéreis. (TETRA PAK, 2021)

Por isso, uma das principais vantagens da embalagem longa vida é a sua capacidade de manter os alimentos frescos e seguros por um longo período, sem a necessidade de refrigeração. Além disso, as embalagens são leves, fáceis de transportar e têm um design ergonômico e estão contando cada vez mais com tecnologias que visam à facilidade do consumidor final, contribuindo para a sua popularidade. (TETRA PAK, 2021)

Este modelo de recipiente modificou significativamente a indústria de alimentos e bebidas, permitindo que empresas e consumidores se beneficiassem de alimentos mais duradouros e convenientes. Ela também teve um impacto significativo no campo da redução do desperdício de alimentos, permitindo o armazenamento prolongado e a distribuição eficiente de produtos perecíveis. (TETRA PAK, 2021)

Desde a sua invenção, a embalagem longa vida tem sido amplamente adotada em

todo o mundo, e além dos impactos mencionados também afetou diversas outras áreas, como a economia, visto que atualmente esta é a forma mais barata para os produtores de alimentos prolongar a validade de seus produtos.

Outro tipo de embalagem multicamada muito presente atualmente são aquelas fabricadas com BOPP (Polipropileno Orientado Biorientado) que têm se tornado amplamente populares, especialmente em alimentos como salgadinhos e snacks, devido aos inúmeros benefícios que oferecem. Uma das vantagens mais significativas é a alta barreira à vapor d'água, o que ajuda a manter os produtos frescos e crocantes por mais tempo, protegendo-os da umidade externa. Além disso, essas embalagens apresentam um baixo consumo de material por kg de produto embalado, o que resulta em menor desperdício de alimentos e outros produtos. Isso se deve à capacidade do BOPP de ser produzido em camadas finas sem comprometer a eficiência da embalagem. Para melhorar a barreira contra o oxigênio, a estrutura multicamada é laminada com um filme de poli (tereftalato de etileno). E, para aprimorar a qualidade da selagem, um filme de PE (polietileno) é normalmente laminado ao BOPP. Para além do uso de material plástico, também existem combinações que envolvem papel, folha de alumínio ou aplicação de metalização. (YUGUE, 2020).

3.2 COMPOSIÇÃO DE EMBALAGENS MULTICAMADAS

Conforme mencionado anteriormente, as embalagens multicamadas são compostas principalmente por papel, alumínio e plástico. No entanto, é importante ressaltar que cada um desses materiais apresenta uma ampla variedade de formas, composições e características. Essa diversidade permite a criação de embalagens personalizadas para atender às necessidades específicas de diferentes produtos e setores industriais.

Os materiais derivados da celulose, geralmente papel cartão duplex, desempenham um papel crucial na composição das embalagens, fornecendo estrutura e conferindo uma ampla variedade de formatos que facilitam o manuseio, empilhamento e transporte dos produtos. Além de proporcionar praticidade, esses materiais possuem a vantagem de serem leves, contribuindo para a redução do peso das embalagens. Além disso, a superfície dos materiais celulósicos é altamente adequada para impressão, permitindo a personalização das embalagens com diferentes tipos e qualidade de informações. O Papel cartão Duplex é feito com uma capa de celulose branqueada, utilizando pasta de alta qualidade e/ou aparas provenientes de pré e pós consumo para formar o miolo, enquanto o verso é feito com celulose não branqueada (CRUZ, 2016). Essa versatilidade torna possível o uso abrangente

desses materiais, desde a contenção e proteção de produtos leves, como cigarros, fármacos e confeitos, até a fabricação de estruturas de grande porte, utilizadas para acondicionar eletrodomésticos e peças automotivas.(Mourad, 1996).

Já os metais são amplamente reconhecidos por suas propriedades de proteção física e de barreira, além de oferecerem formabilidade e serem altamente recicláveis, o que contribui para sua aceitação pelos consumidores. Quando as latas de metal são completamente seladas, apresentam a capacidade de suportar temperaturas elevadas e baixas durante o processamento, o que as torna ideais para diversos tipos de produtos. (LANDIM, 2016). Sua impermeabilidade à luz, umidade, odor e microrganismos garante a proteção do conteúdo armazenado. De acordo com a ABRE, as embalagens de metal compreendem uma parcela significativa de 16,03% do valor total de produção no setor de embalagens.(ABRE, 2014). Os metais mais comumente utilizados na fabricação de embalagens multicamadas é o alumínio, devido às suas propriedades e características adequadas para atender às demandas do mercado, como a “densidade inferior à dos aços, o que se traduz em um alívio de peso”.(MARTINS,2020, p.23).

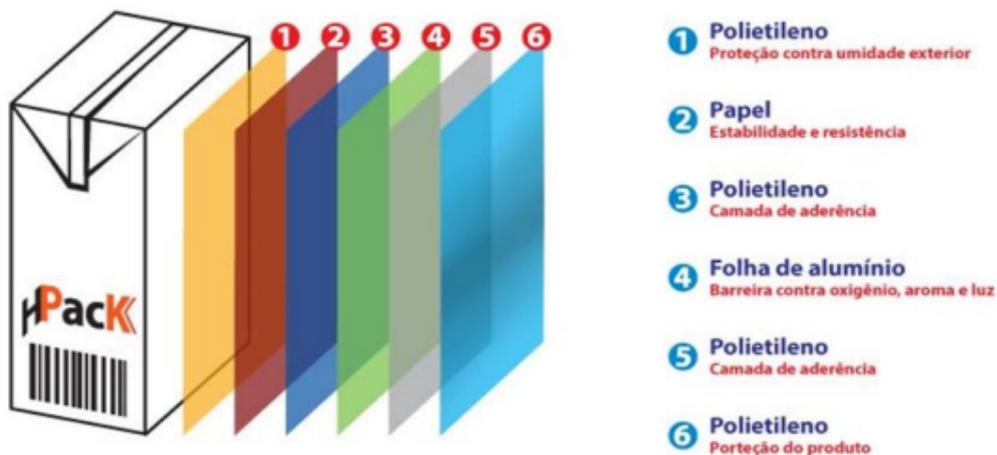
Por último, mas com uma parcela muito grande, estão os plásticos, que são fabricados a partir da nafta, um subproduto obtido durante o processo de refino do petróleo. A partir dessa matéria-prima, são obtidos os monômeros, que, por meio da polimerização, se unem para formar macromoléculas, conhecidas como polímeros. Quando a formação dos polímeros utiliza apenas um tipo de monômero, eles são denominados de homopolímeros, enquanto aqueles compostos por dois ou mais tipos de monômeros são chamados de copolímeros (MACHADO, 2002). Os plásticos oferecem diversas vantagens, como baixa densidade, custo reduzido, alta resistência mecânica e química, flexibilidade, possibilidade de aditivação e reciclabilidade. Sua baixa densidade contribui para a redução do peso total dos produtos, facilitando o manuseio e transporte. Porém é um dos materiais com maior impacto ao meio ambiente atualmente e têm gerado muito alarme por conta do seu volumoso resíduo que demora muito para se decompor.

“O consumo desenfreado de plásticos, adotado pela sociedade atual, tem sido motivo de crescente preocupação ambiental devido a grande quantidade de resíduos que são gerados. Em termos quantitativos, a produção mundial de plásticos tem crescido significativamente nos últimos anos, de 1,5 milhões de toneladas em 1950 para mais de 300 milhões de toneladas em 2017”.(OLIVATTO, 2018, p3).

A combinação dos três materiais em uma embalagem multicamada oferece uma proteção completa, combinando resistência, barreira e flexibilidade, assegurando a qualidade e a segurança dos produtos embalados. Essa sinergia entre os materiais também possibilita a redução de custos e a utilização eficiente dos recursos, tornando as embalagens multicamadas uma escolha amplamente adotada em diversos setores industriais. Por meio dessa estratégia inteligente de design, é possível otimizar a durabilidade, a conservação e a apresentação dos produtos, atendendo às exigências do mercado e garantindo a satisfação dos consumidores.(TETRA PAK, 2021)

Retomando o exemplo de recipiente multicamada mundialmente famoso, a embalagem longa vida, é do tipo cartonada e é constituída por multicamadas de papel, plástico e alumínio, sendo cerca de 70% a 75% de papel, 5% de alumínio e 20% de plástico (TETRA PAK, 2023).O papel, alumínio e plástico são arranjados em uma sequência particular e, em seguida, submetidos a um processo de laminação, no qual a pressão é aplicada sobre as folhas dos diferentes componentes. Esse processo de laminação é realizado com o objetivo de unir e comprimir as camadas dos materiais, formando assim a estrutura da embalagem multicamada. A figura 2 mostra uma ilustração de uma embalagem longa vida modelo TETRA PAK:

Figura 2: Multicamadas de uma embalagem cartonada



Fonte: Partners, 2018

O polietileno ou PE, presente em várias camadas das embalagens longa vida, é uma resina termoplástica parcialmente cristalina e flexível, obtida através da polimerização do etileno(GUITIÁN, 1995). Esse material tem inúmeras aplicações, desde a produção de

filmes para embalagens automáticas de cereais, leite e outros alimentos, até a fabricação de sacos plásticos utilizados para diversos fins, como armazenamento de gelo, alimentos congelados, na agroindústria, entre outros. Além disso, é encontrado em bolsas para soro medicinal, sacos de lixo e diversos produtos do cotidiano.

Atualmente, a indústria de embalagens flexíveis do Brasil consome cerca de 770 mil toneladas de PE por ano, representando aproximadamente 80% do consumo total desse material no país. Esse fato evidencia a ampla utilização desse tipo de plástico na sociedade brasileira. Outro aspecto interessante é que o mercado nacional de PE tem crescido proporcionalmente duas vezes mais que o PIB (Produto Interno Bruto) do país. Esse crescimento robusto demonstra a importância e versatilidade desse material na economia e no desenvolvimento industrial brasileiro. (SETOR DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS ENCERRA 2020 EM ALTA, 2021)

Assim como o PEAD (Polietileno de Alta Densidade), o polietileno também pode ser obtido a partir do petróleo ou fontes vegetais, sendo denominado como "plástico verde" quando derivado de fontes renováveis(MARQUES, 2012). Essa característica *eco-friendly* torna o plástico verde uma opção mais sustentável e ambientalmente consciente para diversas aplicações. Logo, o polietileno é um material amplamente utilizado na indústria de embalagens e em diversos setores, e sua popularidade e demanda continuam crescendo significativamente no Brasil, impulsionando o mercado nacional e seu desenvolvimento econômico.

Já na camada de papel, utiliza-se o papel duplex que é uma folha composta por múltiplas camadas de celulose que são unidas e secas de forma contínua, criando uma superfície com boa espessura e uma parte de trás sem tratamento, geralmente de cor parda ou esbranquiçada. Já sua frente recebe tratamento, sendo branca e preparada para receber impressão. Esse tipo de papel é amplamente utilizado em embalagens devido à sua versatilidade, adaptando-se a diversas necessidades. É possível encontrar o cartão duplex em embalagens de remédios, peças de automóveis, materiais de escritório, brinquedos e muito mais. Suas características tornam essas embalagens resistentes, práticas e acessíveis em termos de custo.(CRUZ, 2016). Graças ao tratamento que o papel recebe, suas ondulações são minimizadas, permitindo que seja impresso em padrão de fotografia, offset, apresentando qualidade semelhante à de uma fotografia. Além disso, essas embalagens podem receber acabamentos adicionais, como plastificação, que confere brilho, ou verniz à base de água. No Brasil, a madeira utilizada para a fabricação desse tipo de papel geralmente provém de florestas de reflorestamento, sendo o Pinus e, ocasionalmente, o Eucalipto as principais espécies utilizadas. (CRUZ, 2016).

Também há uma fina folha de alumínio nessas embalagens, elemento químico de número atômico 13 e pertencente ao grupo 13 (família IIIa) da Tabela Periódica, é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e o terceiro mais comum do mundo, superado apenas pelo oxigênio e silício. Caracterizado como um metal leve, macio e de cor branca prateada, o alumínio possui propriedades que o tornam altamente versátil. Sua maleabilidade permite que seja facilmente moldado, enquanto sua condutividade elétrica o torna um excelente material para aplicações na área de eletricidade. Uma das características mais notáveis do alumínio é sua resistência à corrosão, o que o torna durável e adequado para uma ampla gama de usos, tanto em ambientes internos quanto externos. Além disso, o metal tem a vantagem de ser facilmente reciclável, tornando o processo de reciclagem do alumínio amplamente empregado e economicamente vantajoso em comparação com a extração a partir de minérios. (ATKINS,2006). Encontrado principalmente na natureza em compostos com outros elementos em minérios, o alumínio não é encontrado em sua forma pura. Ele representa aproximadamente 8% do peso da superfície terrestre, demonstrando sua abundância no planeta. O alumínio é amplamente aplicado na fabricação de diversos objetos de uso cotidiano. Entre os mais conhecidos, destacam-se as folhas de alumínio, utilizadas para embalagens e proteção de alimentos, as latas de bebidas, as panelas e os antitranspirantes. (ATKINS,2006).

Essas embalagens, compostas por camadas de papel, polietileno e alumínio, atuam como uma barreira eficaz contra fatores externos, como oxigênio, luz e microrganismos, proporcionando uma proteção robusta aos alimentos envasados. Essa preservação é alcançada sem a necessidade de adição de conservantes, permitindo que os alimentos sejam armazenados por períodos mais longos, mantendo-se frescos e em condições ideais de consumo. Além disso, a maior durabilidade do produto embalado aumenta as chances de que seu preço seja mantido estável ao longo do tempo, proporcionando benefícios tanto para produtores quanto para consumidores.

Em resumo, a combinação dos materiais papel, alumínio e plástico na formação das embalagens multicamadas proporciona uma proteção abrangente e duradoura aos alimentos. Essas embalagens oferecem resistência, barreira contra fatores externos e flexibilidade, garantindo a qualidade e a segurança dos produtos embalados. Além disso, permitem a redução de custos e o uso eficiente dos recursos. No entanto, é importante ressaltar que, embora existam vantagens, também podem ser um desafio ambiental devido à lenta decomposição de alguns componentes. Portanto, é essencial buscar soluções sustentáveis para minimizar o impacto desses recipientes no meio ambiente.

Além das composições mencionadas anteriormente, é importante destacar a

presença significativa das embalagens plásticas flexíveis em BOPP multicamadas metalizadas no mercado. Isso ocorre porque é um material versátil amplamente utilizado na indústria de embalagens. As embalagens BOPP multicamadas metalizadas são comumente encontradas em uma variedade de produtos, como salgadinhos, biscoitos, chocolates e muitos outros. Além de oferecerem uma combinação única de propriedades (YUGUE, 2020), também são capazes de proporcionar um aspecto atraente e brilhante, pois a camada metalizada confere à embalagem uma aparência sofisticada, além de fornecer propriedades de barreira adicionais. Essas embalagens são projetadas para manter a frescura, a crocância e a qualidade dos alimentos.

3.3 VANTAGENS DAS EMBALAGENS MULTICAMADAS

A primeira e principal vantagem das embalagens multicamadas do modelo longa vida é proporcionar uma proteção eficaz contra microorganismos, oxigênio e luz, evitando o contato direto com os alimentos. Isso resulta na preservação dos produtos por períodos prolongados, sem a necessidade de refrigeração. Ao criar uma barreira eficiente, essas embalagens ajudam a manter a qualidade, o frescor e as propriedades sensoriais dos alimentos, garantindo uma experiência satisfatória ao consumidor. Além disso, essa capacidade de prolongar a vida útil dos produtos sem a necessidade de refrigeração permite maior flexibilidade no armazenamento, distribuição e comercialização dos alimentos, otimizando recursos e reduzindo desperdícios. (TETRA PAK, 2021)

Porém existem outras vantagens bastante significativas dessa invenção, tais como o seu baixo custo, que está diretamente relacionado ao aumento significativo do tempo de prateleira (*shelf-life*) dos produtos embalados (MARTINS 2020). Ao proteger os alimentos contra os fatores mencionados, essas embalagens permitem que os produtos sejam armazenados por períodos mais longos, reduzindo as perdas e o desperdício. Isso resulta em uma maior eficiência na cadeia de suprimentos e uma maior disponibilidade de produtos frescos por um período estendido, o que beneficia tanto os produtores quanto os consumidores.

Além disso, com a proteção eficaz proporcionada por essas embalagens, a quantidade de alimentos descartados devido à deterioração é significativamente reduzida. Isso não apenas tem um impacto positivo no meio ambiente, mas também na economia global, pois:

Reduzir o desperdício de alimentos é a forma mais sustentável de diminuir perdas de recursos naturais. E reduzir o desperdício de alimentos pela

metade per capita mundial, em nível de varejo e do consumidor, é uma das metas relacionadas aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável aprovados pelas Nações Unidas. Esta meta consiste em diminuir as perdas de alimentos em toda a rede alimentar, desde a produção à distribuição, abrangendo ainda as perdas pós-colheita, até 2030.(SANTOS et. al, 2020, p. 3).

Menos alimentos desperdiçados significa menos recursos utilizados na produção, transporte e descarte desses alimentos, resultando em uma utilização mais eficiente dos recursos naturais e uma redução nos custos associados ao desperdício de alimentos.A redução do desperdício de alimentos também contribui para uma utilização mais eficiente dos recursos naturais. Menos alimentos descartados significa menos água, energia e terra utilizados na produção desses alimentos que acabariam sendo desperdiçados. A agricultura consome uma quantidade significativa de água e energia, além de ocupar vastas áreas de terra. Ao evitar o desperdício de alimentos, podemos direcionar esses recursos para outras necessidades, como a produção sustentável de alimentos adicionais, preservação de ecossistemas naturais e mitigação dos impactos ambientais associados à agricultura intensiva. (SANTOS et. al, 2020).

Também é válido considerar as possíveis implicações positivas na segurança alimentar global. Em muitas partes do mundo, milhões de pessoas enfrentam a fome e a desnutrição. A redução do desperdício de alimentos pode, em certas circunstâncias, contribuir para aumentar a disponibilidade de alimentos, possibilitando que mais pessoas tenham acesso a uma dieta adequada. Isso se torna especialmente relevante ao levar em conta o crescimento populacional e os desafios enfrentados na produção de alimentos para atender às demandas globais.(SANTOS et al., 2023)

Portanto, ao reduzir o desperdício de alimentos, não apenas economiza-se recursos preciosos, mas também promove-se uma maior sustentabilidade ambiental e eficiência econômica. É essencial que governos, indústria e consumidores trabalhem em conjunto para adotar práticas e tecnologias que minimizem o desperdício de alimentos ao longo de toda a cadeia de suprimentos, desde a produção até o consumo final. Somente através desses esforços conjuntos pode-se enfrentar o desafio global do desperdício de alimentos e construir um futuro mais sustentável e equitativo.(SANTOS et al., 2023)

Além disso, a conservação de nutrientes é uma importante vantagem oferecida pelas embalagens multicamadas. Essas embalagens são projetadas para proteger os alimentos embalados contra fatores que podem levar à perda de nutrientes, como a exposição à luz, oxigênio e umidade. (NASCIMENTO, 2014). A luz pode causar a degradação de vitaminas, resultando em perda de valor nutricional dos alimentos. As embalagens multicamadas com

camadas opacas ou opacas à luz ajudam a bloquear a entrada de luz, protegendo assim os nutrientes sensíveis à luz dos alimentos. O oxigênio também pode levar à deterioração de nutrientes, especialmente as vitaminas sensíveis à oxidação. As embalagens multicamadas com camadas de barreira de oxigênio atuam como uma proteção eficaz contra a entrada de oxigênio, minimizando a perda de nutrientes sensíveis. A umidade excessiva também pode afetar a qualidade e o valor nutricional dos alimentos. As embalagens multicamadas com camadas impermeáveis à umidade ajudam a manter a integridade dos alimentos, evitando a absorção excessiva de umidade e a deterioração dos nutrientes.(ESTELLES, 2003). Ao preservar os nutrientes dos alimentos, as embalagens multicamadas contribuem para a oferta de alimentos mais saudáveis e nutritivos aos consumidores. Isso é especialmente importante em produtos que possuem vitaminas e minerais essenciais, como frutas, legumes, produtos lácteos e produtos fortificados, logo as embalagens multicamadas desempenham um papel vital na conservação de nutrientes dos alimentos, protegendo-os contra fatores que podem levar à perda de valor nutricional.

Além disso, as embalagens multicamadas oferecem uma proteção geral contra a contaminação microbiana. Microorganismos podem causar a deterioração dos alimentos e a perda de nutrientes ao longo do tempo. As camadas de barreira nas embalagens multicamadas impedem a entrada de microorganismos, mantendo a qualidade e os nutrientes dos alimentos embalados. Isso é particularmente relevante para produtos perecíveis e sensíveis, que são mais propensos a serem contaminados por bactérias, fungos e outros microorganismos. Ao manter os alimentos protegidos e seguros, as embalagens multicamadas contribuem para a redução dos riscos de doenças transmitidas por alimentos e promovem uma alimentação mais saudável e confiável para os consumidores, além de contribuir com a saúde pública.(REINISCH, 2022)

Em resumo, as embalagens multicamadas oferecem benefícios significativos. Elas proporcionam proteção eficaz contra microorganismos, oxigênio e luz, preservando a qualidade e as propriedades sensoriais dos alimentos. Além disso, essas embalagens prolongam a vida útil dos produtos, reduzindo o desperdício e permitindo uma maior flexibilidade na armazenagem e distribuição dos alimentos. A conservação de nutrientes também é uma vantagem importante, garantindo que os alimentos embalados mantenham seu valor nutricional. Além disso, as embalagens multicamadas contribuem para a segurança alimentar, protegendo contra a contaminação microbiana.(REINISCH, 2022) Ao adotar essas embalagens, podemos reduzir o desperdício de alimentos, promover a redução de desperdícios, a segurança alimentar e oferecer produtos mais saudáveis aos consumidores.

3.4 DESVANTAGENS DAS EMBALAGENS MULTICAMADAS

Embora as embalagens multicamadas ofereçam uma série de vantagens notáveis, é importante reconhecer que também apresentam alguns aspectos negativos a serem considerados. Estes aspectos estão ligados principalmente às questões ambientais da produção, descarte e reciclagem desses materiais.

A reciclagem de embalagens de filmes monocamada, como PVC, já é amplamente conhecida e possui soluções técnicas estabelecidas. Várias empresas estão envolvidas no processamento desses tipos de filmes, conforme destacado por Tartakowski em 2010. No entanto, quando se trata de embalagens multicamadas, segundo Toensmeier em 2019 e também mencionado por Tartakowski em 2010, a reciclagem desse material apresenta um desafio significativo devido à sua estrutura composta por uma grande variedade de materiais. Embora o uso de embalagens multicamadas esteja em ascensão ao redor do mundo, a reciclagem desse tipo de embalagem ainda enfrenta obstáculos devido à complexidade de sua composição, em outras palavras, a separação desses materiais requer processos de reciclagem muitas vezes mais caros e trabalhosos, o que pode dificultar a recuperação eficiente dos recursos e aumentar os custos ambientais.(TOENSMEIER, 2019)

Acrescentando ainda, existem fatores que agravam ainda mais as dificuldades da reciclagem dessas embalagens, como: a ampla disparidade nas propriedades dos diferentes materiais presentes na embalagem, o que requer condições de processamento distintas; a falta de sistemas de identificação para embalagens multicamadas, como PET/PE ou PVC/PE; a ausência de soluções para a coleta eficiente desses materiais, levando ao armazenamento junto com outros materiais de características semelhantes; a falta de padrões para propriedades, dificuldades no processamento e aplicação de compósitos derivados de materiais reciclados provenientes de embalagens multicamadas; e a ausência de um sistema economicamente viável para a segregação dos diferentes materiais. Esses fatores combinados tornam a reciclagem de embalagens multicamadas um desafio complexo.(Tartakowski 2010).

Outro ponto negativo das embalagens multicamadas de alumínio também está relacionado ao impacto ambiental, uma vez que a sua produção depende de uma quantidade considerável de recursos naturais e energia. Um dos processos para obter a

matéria prima das embalagens envolve a extração e refino do alumínio. A produção de alumínio primário consome grandes quantidades de eletricidade, principalmente de fontes não renováveis, o que contribui para as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que a sua fabricação é intensiva em carbono e gera emissões significativas de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases poluentes durante todo o processo, desde a extração da bauxita até a produção final da embalagem. (MORAES, 2022)

Além disso, é importante destacar que a atividade de mineração resulta em deterioração do ambiente físico, afetando tanto áreas pontuais quanto regiões inteiras. Essas alterações ambientais têm efeitos significativos que podem ser observados através de diferentes fatores, naturais ou relacionados à ação humana, com possíveis impactos na vida humana. Um exemplo disso é a extração de bauxita, que leva à devastação da vegetação, ocasionando mudanças radicais na paisagem e perturbações significativas no ecossistema (GARDNER, 2001). Ao considerar os impactos ambientais da mineração, é fundamental reconhecer que praticamente todas as atividades desse setor envolvem movimentação de terra e escavações. Essas atividades acarretam consequências abrangentes, tais como desmatamento, alterações na topografia da paisagem, perda ou degradação das camadas superficiais do solo, instabilidade de encostas e terrenos, mudanças nos corpos d'água e no nível do lençol freático, além da erosão e acúmulo de sedimentos (KOPEZINSK, 2000).

Esses impactos ambientais associados à mineração, tanto na fase de extração quanto no processamento dos materiais, requerem uma abordagem responsável. É necessário implementar práticas de mineração que busquem amenizar esses impactos negativos, desacelerando a degradação ambiental e promovendo a recuperação de áreas afetadas. Além disso, a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes são fundamentais para garantir a preservação dos ecossistemas e dos recursos naturais para as gerações futuras.

Também é crucial destacar e conscientizar sobre os impactos negativos causados pelo descarte inadequado das embalagens multicamadas de alumínio. O descarte incorreto pode resultar em danos significativos ao meio ambiente devido à decomposição extremamente lenta do alumínio e do plástico na natureza, que levam centenas de anos para se desfazerem. Diferentemente de outros materiais, o alumínio ocupa espaço nos aterros sanitários por um período prolongado, representando um desperdício significativo de recursos valiosos. Para lidar com essa questão, é fundamental implementar políticas de gestão de resíduos mais eficientes, com foco na reciclagem e no uso responsável desses materiais. A conscientização dos consumidores desempenha um papel crucial, incentivando

a separação correta dos materiais e o descarte nos sistemas de reciclagem apropriados.

Ainda sobre o descarte inadequado, por conta das embalagens conterem uma quantidade significativa de plástico ela pode se enquadrar em mais uma problemática: o plástico nos oceanos. Diariamente, uma considerável quantidade de resíduos, incluindo embalagens metalizadas de alimentos, como sorvetes e biscoitos, chegam aos oceanos, acumulando-se tanto na superfície quanto no fundo do mar. Os microplásticos, também presentes na superfície dos oceanos, entram em contato com animais que têm o mar como habitat natural. Infelizmente, a má gestão de resíduos plásticos tem acarretado a morte de centenas de animais marinhos, sendo as causas mais comuns o emaranhamento em redes de pesca e a ingestão desses resíduos. A longo prazo, esses problemas podem levar à extinção de espécies da fauna marinha. Além da dispersão do plástico ocasionada pelos resíduos despejados no mar através de redes de esgoto ou poluição em áreas litorâneas, também existem os impactos do próprio processo de produção do plástico, que contribui para a ampliação dos impactos negativos nos ecossistemas marinhos (FAGUNDES, 2019).

Além disso, essa longa vida útil do alumínio como resíduo pode resultar em contaminação do solo e da água, contribuindo mais uma vez para a poluição ambiental. Além do alumínio, é importante mencionar que o plástico também apresenta um problema semelhante. Conforme mostrado na Tabela 3, o plástico pode levar mais de 400 anos para se decompor completamente:

Tabela 3: Tempo de decomposição de materiais:

MATERIAL	TEMPO
Jornais	2 a 6 semanas
Pontas de cigarro	2 anos
Embalagens de Papel	1 a 4 meses
Casca de Frutas	3 meses
Guardanapos de papel	3 meses
Fósforo	2 anos
Chicletes	5 anos
Nylon	30 a 40 anos
Sacos e copos plásticos	200 a 450 anos
Latas de alumínio	100 a 500 anos
Tampas de garrafas	100 a 500 anos
Pilhas	100 a 500 anos
Garrafas e frascos de vidro ou plástico	indeterminado

Fonte: Mateus et al., 2019

Outro ponto muito importante é que “os processos de degradação envolvem transformações químicas. Os materiais podem se transformar em ou mobilizar substâncias que apresentem maior impacto ambiental do que o resíduo inerte – aditivos, cargas, pigmentos, corantes e metais, por exemplo.” (Mateus et al., 2019, p.263). Ou seja, os efeitos desses materiais desconhecidos no ambiente são incertos. No entanto, materiais inertes e não degradáveis são menos arriscados para o meio ambiente e permitem que o resíduo seja aproveitado através de reciclagem mecânica ou energética. Isso ajuda a minimizar o impacto ambiental.(Mateus et al., 2019).

Em outras palavras, a reciclagem de embalagens multicamadas é um desafio complexo devido à composição intrincada desses materiais e à falta de soluções técnicas estabelecidas. Além do impacto ambiental negativo causado pela produção de alumínio para essas embalagens, o descarte inadequado prolonga sua decomposição no meio ambiente, gerando preocupações adicionais com a formação de substâncias desconhecidas e seus potenciais efeitos adversos. Essa problemática ressalta a importância de abordagens mais sustentáveis e inovadoras no gerenciamento de embalagens multicamadas, visando a redução do desperdício, a recuperação eficiente de recursos e a minimização dos impactos ambientais associados.(LANDIM, 2016).

Portanto, embora as embalagens multicamadas tenham suas vantagens, como a proteção dos produtos e o aumento da vida útil, é importante abordar esses aspectos negativos e trabalhar para mitigar seus impactos por meio de inovação na reciclagem, busca por materiais mais sustentáveis e conscientização dos consumidores. Esses dados ilustram a magnitude do impacto ambiental desses materiais quando descartados inadequadamente. A decomposição lenta do alumínio e do plástico resulta em uma acumulação prolongada de resíduos nos ecossistemas naturais, afetando negativamente a vida selvagem, o solo, a água e a qualidade do ar. É importante também buscar alternativas sustentáveis às embalagens multicamadas, como materiais biodegradáveis, compostáveis ou provenientes de fontes renováveis. O desenvolvimento e a adoção dessas opções podem reduzir a dependência de materiais não biodegradáveis, contribuindo para a preservação do meio ambiente a longo prazo.(LANDIM, 2016).

3.5 PROCESSO DE RECICLAGEM DE EMBALAGENS MULTICAMADAS

A reciclagem é um processo complexo que engloba diversas técnicas e abordagens para reaproveitar materiais descartados, reintroduzindo-os de volta ao ciclo produtivo. Essa prática é considerada uma das alternativas mais vantajosas para o tratamento de resíduos sólidos, trazendo benefícios tanto do ponto de vista ambiental quanto social. Em termos ambientais, a reciclagem contribui significativamente para a redução do consumo de recursos naturais, pois permite a utilização de materiais já existentes em vez de extrair novas matérias-primas. Além disso, ela ajuda a preservar a energia, uma vez que a produção a partir de materiais reciclados geralmente requer menos energia em comparação com a produção a partir de matérias-primas virgens. A reciclagem também economiza água, pois os processos de reciclagem costumam exigir menos água em comparação com a produção convencional. (BRASIL, 2020).

Outro benefício da reciclagem é a redução do volume de resíduos sólidos gerados, o que contribui para a diminuição da quantidade de lixo destinado a aterros sanitários e incineração. Isso tem um impacto positivo na preservação do espaço e na mitigação dos impactos ambientais associados a essas formas tradicionais de disposição de resíduos. Além disso, a reciclagem desempenha um papel fundamental na geração de empregos e renda. A indústria da reciclagem emprega milhares de pessoas em atividades relacionadas à coleta, triagem, processamento e comercialização de materiais recicláveis. Esse setor também impulsiona o empreendedorismo e o desenvolvimento de pequenos negócios, contribuindo para a inclusão social e econômica de comunidades locais. Dessa forma, a reciclagem não apenas oferece soluções ambientais, mas também promove o crescimento econômico sustentável e a melhoria da qualidade de vida da população. (BRASIL, 2020).

A questão da reciclagem e sustentabilidade é cada vez mais discutida em âmbito global, e o Brasil não tem ficado para trás nesse movimento. Um marco importante nesse sentido foi a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da lei nº 12.305 em 2010. Essa política visa não apenas diminuir a geração de resíduos sólidos, mas também estabelecer a responsabilidade compartilhada entre a indústria, governo e sociedade, criando metas para os índices de reciclagem. Com a implementação da PNRS, o Brasil passa a se alinhar com países desenvolvidos, demonstrando um compromisso significativo com a promoção de práticas sustentáveis e a preservação do meio ambiente. (BRASIL, 2010)

A PNRS coloca o Brasil em uma posição estratégica para enfrentar os desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos de maneira mais eficiente e sustentável. Além de

fomentar a reciclagem, a política também incentiva a redução na geração de resíduos por meio da conscientização e da busca por soluções mais ecológicas e eficientes. Ao estabelecer metas e responsabilidades claras, a PNRS cria um ambiente propício para a adoção de práticas sustentáveis em todo o ciclo de vida dos produtos, desde a sua produção até a destinação final. Dessa forma, o Brasil se posiciona como um país engajado na busca por soluções ambientalmente responsáveis, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e a construção de um futuro mais sustentável, mantendo a sua postura como um país referência quando se trata de sustentabilidade.

Ao falar sobre a reciclagem de embalagens multicamadas de alumínio utilizadas em salgadinhos e outros rótulos é preciso também falar sobre os desafios significativos devido à sua baixa relação peso/volume. Com embalagens extremamente leves em comparação com outros materiais, como as garrafas PET, é necessário reunir uma quantidade considerável dessas embalagens para atingir o mesmo peso de materiais mais pesados. Isso resulta em um valor unitário de comercialização extremamente baixo, dificultando a obtenção de uma remuneração adequada pelos agentes envolvidos na cadeia reversa. A baixa viabilidade econômica acaba por restringir o incentivo à reciclagem desses materiais, criando um desafio significativo para promover a sustentabilidade e aumentar os índices de reciclagem nesse segmento. Como consequência disso, apesar dessas embalagens serem recicláveis muito pouco chega de fato à esse processo. (DEMAJOROVIC, 2017).

Para tentar minimizar esse gargalo da reciclagem, grandes empresas que produzem produtos que utilizam tais embalagens, adotam projetos que visam reciclar esses materiais de forma útil para a própria marca, como por exemplo a PepsiCo que contribuiu para a sustentabilidade por meio do Programa Reciclo, fabricando 144 mil displays completamente reciclados para exibir seus produtos em pontos de venda. Esses displays são produzidos utilizando material pós-consumo de embalagens de snacks feitas de BOPP. Em média, cada display requer 425 embalagens de salgadinhos recicladas, demonstrando o compromisso da empresa em utilizar resíduos como recursos valiosos em sua cadeia de produção. (CATTO, 2015).

Outro exemplo de organização com ações sustentáveis voltadas especificamente para as embalagens de guloseimas é a TerraCycle, que, através do reaproveitamento de Resíduos como embalagem de bala ou de salgadinho, produz uma ampla variedade de mais de 30 produtos, incluindo bolsas, mochilas, lancheiras, estojos, guarda-chuvas e brinquedos, como bolas e pipas. Esses produtos estão disponíveis para compra no site da organização e também podem ser encontrados em lojas de varejo. Os preços dos produtos variam entre R\$13 e R\$30, oferecendo opções acessíveis para os consumidores.

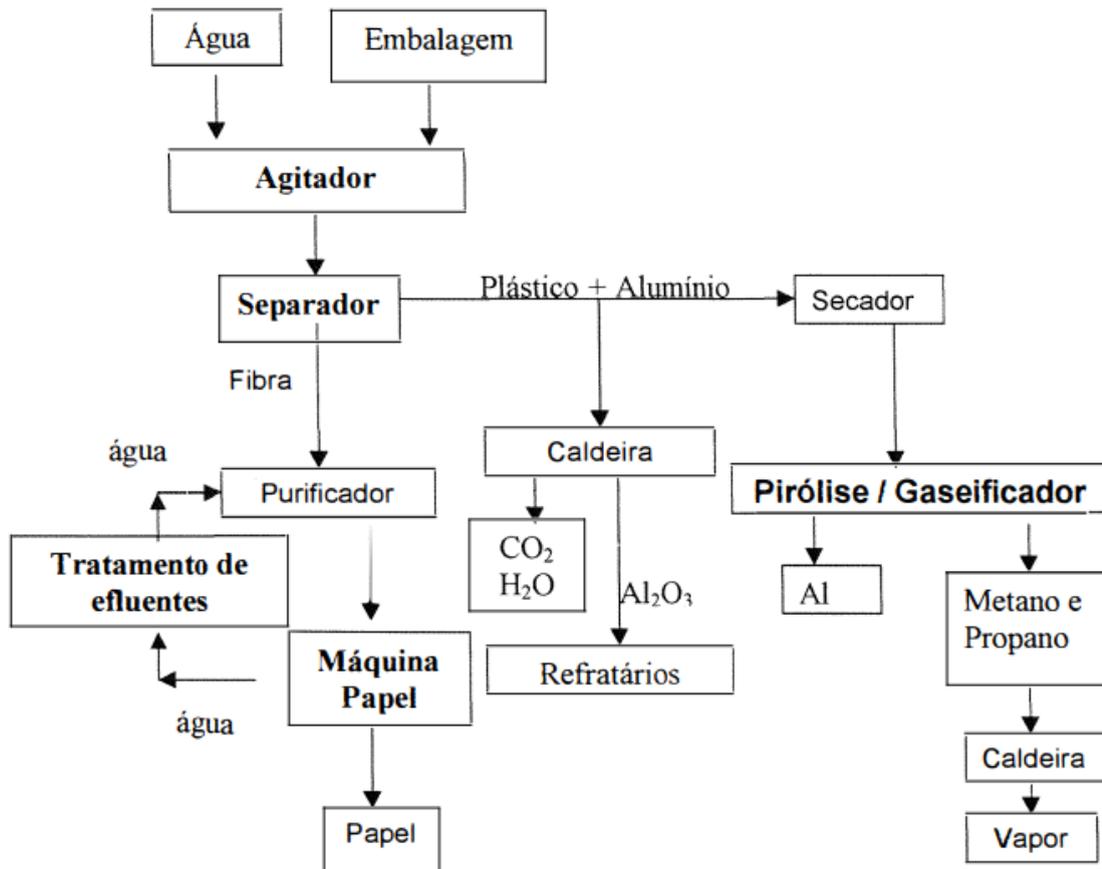
Complementando o diferencial da empresa, a matéria prima utilizada nos produtos são provenientes de doações de sobras de empresas fabricantes de embalagens e também aceita embalagens pós-consumo de produtos como refresco em pó, salgadinhos, chocolate, alimentos congelados, e diversos outros, que são enviadas pelos próprios consumidores finais. O procedimento é simples: o consumidor recolhe o material que deseja reaproveitar, realiza um cadastro no site da empresa e cria uma conta pessoal. Ao criar uma senha, o usuário obtém acesso para imprimir um selo de correio pré-pago, permitindo o envio da encomenda à TerraCycle sem custo algum. Para cada malote, é necessário coletar no mínimo 50 embalagens de qualquer marca, independentemente do estado de conservação do resíduo. A empresa paga R\$ 0,02 por cada embalagem, e o consumidor tem a liberdade de indicar uma instituição beneficente ou sem fins lucrativos para receber o repasse do dinheiro arrecadado. Atualmente, no Brasil, a empresa conta com 125.600 pessoas cadastradas, dedicadas a proporcionar uma destinação adequada aos resíduos. De forma tradicional, esse tipo de resíduo costumava ser descartado em aterros sanitários, resultando em problemas ambientais. Porém, com o apoio desses cadastrados, evita-se que esses resíduos sejam jogados em ruas e vias públicas, onde poderiam entupir bueiros e gerar enchentes prejudiciais ao ambiente urbano. (CIVI-CO – POLO DE IMPACTO SOCIAL, 2023).

O mesmo ocorre com as embalagens longa vida que, apesar das vantagens em relação ao menor consumo de energia, ausência de necessidade de refrigeração do alimento e menor gasto de combustíveis no transporte, manuseio e armazenamento, as embalagens cartonadas apresentam dificuldades significativas em termos de reciclagem e degradação no meio ambiente. Essas embalagens são compostas por diferentes materiais com características químicas e físicas bastante distintas, o que dificulta seu processo de reciclagem. Além disso, o processo de degradação das embalagens cartonadas é incerto, pois é sabido que a degradação do alumínio, um dos componentes, pode levar muitos anos. (LANDIM, 2016).

Um dos processos de reciclagem dessas embalagens, desenvolvido pela pioneira no assunto, a Tetra Pak, é chamado de “hidrapulper”. Nesse método, um equipamento é utilizado com apenas 15% de água, dispensando o uso de compostos químicos para acelerar a hidratação das fibras. Durante 35 minutos de agitação, o polietileno e o alumínio são separados do papel. As fibras obtidas desse processo podem ser reaproveitadas na fabricação de papel-toalha, caixas de papelão ondulado e outros materiais. O polietileno e o alumínio obtidos nesse processo podem ser reaproveitados de três maneiras distintas: a recuperação de energia por meio de incineração em caldeiras de biomassa ou fornos de

pirólise, e também através de processos de transformação do plástico (extrusão e injeção) para obter peças de baixa resistência mecânica.(DANTAS, 2000). A Figura 3 ilustra as etapas desse processo de reciclagem:

Figura 3: Processo de reciclagem de embalagens Tetra Pak



Fonte: Dantas, 2000.

Outra forma de reaproveitamento desses materiais desenvolvidos pela Tetra Pak, em colaboração com a Johnson & Johnson, é a utilização do papel das embalagens longa vida na fabricação de embalagens para os produtos Band-Aid, enquanto os resíduos de polímero e alumínio são aproveitados na produção de telhas.(Tetra Pak, 2006). Além disso, foram criados métodos para reciclar as embalagens, que envolvem a separação de seus diversos materiais para serem utilizados na produção de placas compósitas de polietileno de baixa densidade (PEBD) e alumínio. Essas placas têm aplicação em telhas, painéis de vedação e

outras estruturas, como no setor automotivo, no qual podem ser utilizadas como revestimentos para portas e diversas outras peças, substituindo os polímeros atualmente empregados. Essa aplicação contribui para aumentar a rigidez dos veículos e garantir a segurança dos ocupantes, tanto em automóveis quanto em outros tipos de veículos automotores.(MARTINS, 2020).

Além das tradicionais formas de reciclagem, existem métodos inovadores para reciclar resíduos de embalagens multicamadas, um deles foi desenvolvido no Brasil e utiliza a tecnologia a plasma. Esse sistema emprega energia elétrica para produzir um jato de plasma extremamente quente, aquecendo a mistura de plástico e alumínio. Com esse processo, o plástico é transformado em parafina e o alumínio é totalmente recuperado em forma de lingotes de alta pureza. Esses lingotes são utilizados para produzir novas folhas de alumínio, que são usadas novamente em embalagens cartonadas, fechando o ciclo de reciclagem. Esse método pioneiro e 100% brasileiro tem despertado interesse de países europeus, ressaltando a imagem sustentável do Brasil (TETRA PAK, 2006).

Outra abordagem consiste na prensagem do composto de plástico e alumínio a quente, formando chapas semelhantes à madeira, que são ideais para a produção de móveis e divisórias. Essas chapas também podem ser transformadas em telhas usadas na construção civil. Além disso, o plástico da embalagem cartonada, sendo um termoplástico, pode ser reaproveitado várias vezes em indústrias recicladoras de plásticos. O alumínio presente no composto não interfere nos processos finais de fabricação de peças por termo-injeção, rotomoldagem ou sopro. Dessa forma, os produtos finais incluem vassouras, coletores e outras peças (TETRA PAK, 2006).

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo principal realizar uma revisão bibliográfica com o propósito de destacar a importância das embalagens multicamadas, bem como enfatizar sua relevância como uma invenção revolucionária que transformou principalmente a indústria alimentícia. Ao longo da análise, foram identificadas suas principais vantagens e desvantagens, sendo esta última relacionada ao impacto ambiental. Além disso, foram abordadas as estratégias adotadas para enfrentar os desafios associados a essas questões ambientais.

Na metodologia deste estudo, a abordagem adotada para realizar a revisão bibliográfica foi pautada na seleção criteriosa de diversas fontes. Para isso, foram utilizados artigos científicos provenientes de renomadas revistas especializadas no tema das embalagens multicamadas, sendo priorizados os mais recentes para refletir os avanços mais atuais na área. No entanto, também foram consideradas algumas referências pioneiras que contribuíram significativamente para o desenvolvimento do campo de estudo.

Ademais, além dos artigos acadêmicos, foram consultadas monografias disponíveis no Google Acadêmico, Scielo e no repositório da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), a fim de enriquecer a pesquisa com trabalhos de conclusão de curso e pesquisas realizadas por alunos da instituição. A complementação dessa revisão bibliográfica incluiu a análise de notícias atuais relacionadas às embalagens multicamadas. A coleta de informações junto às empresas produtoras das embalagens foi uma estratégia fundamental para obter uma visão prática e realista dos desafios enfrentados no setor e das soluções implementadas para lidar com o impacto ambiental.

Para realizar a busca e seleção adequada dos materiais na revisão bibliográfica, foram utilizadas palavras-chave específicas que direcionaram a pesquisa para o cerne do estudo. As palavras-chave "embalagens multicamadas", "alumínio" e "reciclagem" foram essenciais para abordar de forma abrangente e precisa os tópicos relacionados à importância das embalagens multicamadas na indústria alimentícia, com foco na utilização do alumínio como material presente em todas elas e nas estratégias de reciclagem para lidar com o impacto ambiental dessas embalagens. A seleção criteriosa das palavras-chave permitiu a obtenção de uma ampla gama de fontes relevantes, garantindo que o estudo abordasse tanto as vantagens tecnológicas e econômicas das embalagens multicamadas, quanto as questões ambientais e sustentáveis associadas ao seu uso.

Com esse conjunto de fontes abrangentes e variadas, a revisão bibliográfica buscou oferecer uma análise completa e atualizada sobre a importância das embalagens

multicamadas, destacando sua influência na transformação da indústria alimentícia, bem como os desafios relacionados ao impacto ambiental. O objetivo foi fornecer uma base sólida para enfatizar a importância da elaboração de estratégias e soluções que busquem minimizar o impacto negativo dessas embalagens no meio ambiente, levando em conta as experiências e práticas de empresas do setor e as abordagens acadêmicas mais recentes sobre o tema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos diversos materiais selecionados nesta revisão bibliográfica revelou uma série de perspectivas contrastantes em relação às embalagens multicamadas. Enquanto alguns autores enfatizaram os aspectos positivos, como a economia de recursos, aumento do prazo de validade, e, conseqüentemente, redução de desperdício de alimentos, além da praticidade que estas embalagens proporcionam à indústria alimentícia, outros se concentraram nas dificuldades associadas à sua reciclagem e ao impacto ambiental resultante.

Uma das principais vantagens apontadas pelos autores defensores das embalagens multicamadas, como Martins em 2020, diz respeito ao baixo custo e eficiência técnica e funcional das embalagens, que garantem uma melhor proteção aos alimentos, contra a perda de sabor, de nutrientes e também contra microrganismos e outras impurezas através dos materiais que juntos oferecem uma barreira contra fatores externos, como luz, oxigênio e umidade, que podem afetar negativamente a qualidade e a segurança dos alimentos.

Contudo, do ponto de vista ambiental, muitas fontes dissertaram sobre a predominância do uso de alumínio em embalagens multicamadas que apresenta um dilema significativo. A extração desse metal implica na emissão de grandes quantidades de gases de efeito estufa e no consumo energético elevado, contribuindo para o aquecimento global e o esgotamento dos recursos naturais. (MORAES, 2022) Além disso, a reciclagem de embalagens multicamadas com alumínio, conforme destacado por Toensmeier em 2019, pode ser complexa, o que dificulta o aproveitamento total dos materiais e agrava o problema do descarte inadequado, porém ainda pode ser vantajosa se comparada à produção do alumínio virgem.

Existe ainda outro dilema, pois, a extensão da vida útil dos produtos é benéfica em diversos aspectos ambientais. Primeiramente, reduz a demanda por novas produções, uma vez que os produtos já existentes permanecem aptos para o consumo por mais tempo, Martins destacou um maior *shelf-life* para alimentos e outros produtos devidamente protegidos do meio externo. Isso implica em menor consumo de recursos naturais, como água, energia e matérias-primas, que seriam utilizados na fabricação de novos itens. Adicionalmente, ao estender a vida útil dos produtos, as embalagens também podem ajudar a otimizar a logística de distribuição e transporte, reduzindo o número de viagens necessárias para abastecer os pontos de venda. Com menos deslocamentos, há uma economia de combustível e uma diminuição nas emissões de gases poluentes. Em contraste a isso, em alguns casos, embalagens excessivas ou inadequadas podem levar ao

desperdício de materiais e recursos. O uso desnecessário de embalagens pode representar um consumo exagerado de matérias-primas, energia e água, além de aumentar a carga de emissão de carbono do produto, isso somado aos problemas de descarte que podem ocasionar diversos outros problemas, tais como danos à fauna, o prejuízo da fauna pode se estender as vidas marinhas, Fagundes, em 2019, ressaltou que a má gestão de resíduos sólidos tem custado a vida de centenas de animais marinhos. Além disso, em 2019, Mateus trouxe a perspectiva da geração de outros componentes químicos nocivos e desconhecidos durante a longa decomposição desses materiais.

Ante aos pontos de vista apresentados e de seus dilemas, surge a necessidade urgente de buscar soluções e estratégias que promovam uma abordagem mais equilibrada e responsável, garantindo que o proveito dessa invenção seja benéfico para a indústria sem gerar resíduos tão nocivos para o meio ambiente. Diversas abordagens estão sendo adotadas, como a implementação de programas de reciclagem mais eficientes e o desenvolvimento de tecnologias de reciclagem que permitam a recuperação dos materiais constituintes das embalagens multicamadas. Além disso, empresas como a Tetra Pak têm se comprometido com a sustentabilidade, investindo em pesquisas e inovações para tornar suas embalagens mais amigáveis ao meio ambiente, incluindo a utilização de materiais renováveis, redução do consumo de recursos e desenvolvimento de sistemas de reciclagem mais avançados. Essas iniciativas visam minimizar o impacto ambiental das embalagens multicamadas e promover a transição para um modelo mais sustentável no setor.

Existem diversas responsabilidades sobre esse assunto, tais como:

- Responsabilidade individual: os consumidores precisam ser conscientizados sobre o descarte correto dessas embalagens, pois desempenham um papel fundamental na redução do impacto ambiental dessas embalagens por meio de suas escolhas e comportamentos.
- Responsabilidade coletiva: cabe às autoridades de cada país estabelecer políticas e regulamentações que incentivem a adoção de práticas mais sustentáveis na indústria e que penalizem o descarte inadequado das embalagens. Além disso, o governo tem um papel crucial em atribuir responsabilidades aos grandes fabricantes de embalagens, exigindo medidas que visem aumentar significativamente o percentual de embalagens recicladas. Isso é especialmente importante, considerando que muitas dessas embalagens possuem um custo baixo, o que leva algumas pessoas que trabalham com reciclagem a optar por não coletá-las.

Além disso, pode-se afirmar que nem sempre é necessário o uso de uma embalagem multicamada, visto que há muitas opções no mercado com embalagens de

papel ou outros materiais biodegradáveis sem interferir na qualidade do produto embalado, isso significa que existe uma forma de diminuir a fabricação desse tipo de embalagem, destinando-as apenas aos produtos necessários, seguindo os três R's da sustentabilidade: reduzir, reutilizar e reciclar, o cenário pode mudar de forma surpreendente:

- Reduzir: cabe aos fabricantes investirem em embalagens biodegradáveis e diminuir o máximo do desperdício de materiais, bem como cabe ao consumidor o bom senso para também evitar desperdício;
- Reutilizar: sempre que possível, evitar o descarte imediato das embalagens, existem inúmeras formas delas serem úteis, como por exemplo, no artesanato. Isso contribui para reduzir o desperdício e o impacto ambiental, promovendo a sustentabilidade e prolongando a vida útil dos materiais.
- Reciclar: conforme visto anteriormente, é importante destacar que há inúmeras formas de reutilizar e reciclar essas embalagens multicamadas, permitindo que se transformem em novos produtos com diversos propósitos. Por meio de processos de reciclagem e reutilização adequados, essas embalagens podem ser transformadas em materiais versáteis, tais como stands para eventos, bolsas, placas utilizadas na fabricação de telhas e revestimento de automóveis, entre outros.

Em vista dos pontos apresentados, torna-se evidente que essa questão traz à tona um impasse significativo, gerando uma lacuna na avaliação do verdadeiro proveito dessa invenção e se ela, de fato, justifica sua utilização. A ambiguidade entre os benefícios e os impactos negativos das embalagens multicamadas cria uma ponderação delicada sobre sua eficácia e sustentabilidade. Por um lado, é de senso comum os avanços tecnológicos que permitem a proteção e a conservação de alimentos, bem como a praticidade para o consumidor. No entanto, a consideração dos aspectos ambientais revela desafios que não podem ser ignorados, como o aumento da geração de resíduos e a demanda por recursos naturais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As embalagens multicamadas apresentam uma dualidade marcante: vantagens significativas na preservação dos alimentos e conveniência para os consumidores, mas também desafios. Elas protegem aroma, sabor e nutrientes, reduzindo desperdício e contaminação. É inegável que, antes dessa inovadora invenção, muitas doenças e mortes foram ocasionadas por contaminação de alimentos. Portanto, as embalagens multicamadas representam uma evolução significativa no campo da proteção e segurança alimentar, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da sociedade em geral. A redução do desperdício de alimentos também resulta em uma utilização mais eficiente dos recursos naturais, com menos água, energia e terra sendo utilizadas na produção, transporte e descarte de alimentos. Isso contribui para uma maior sustentabilidade ambiental, ao evitar o consumo excessivo de recursos e reduzir os impactos negativos da agricultura intensiva.

De encontro a isso, estão os pontos negativos, tais como o aumento da geração de resíduos, o descarte inadequado que causa poluição ambiental, a dificuldade de reciclagem para embalagens multicamadas e os impactos ambientais da produção, como desmatamento, esgotamento de recursos e emissões de gases de efeito estufa, com consequências para os ecossistemas e a saúde humana.

Dentre as responsabilidades coletivas que visam minimizar os danos decorrentes do uso, produção e descarte das embalagens multicamadas de alumínio, pode-se acrescentar a responsabilidade do governo em investir em pesquisa nas universidades, fundamental para impulsionar avanços na reciclagem e reaproveitamento de embalagens multicamadas de alumínio. Por meio de investimentos direcionados, as instituições de ensino podem conduzir estudos e desenvolver tecnologias inovadoras que aprimorem a reciclagem dessas embalagens, tornando o processo mais eficiente e sustentável. Além disso, ao promover a pesquisa acadêmica nessa área, o governo incentiva a formação de profissionais especializados, que poderão liderar iniciativas voltadas à redução do impacto ambiental causado por essas embalagens complexas. O investimento público na pesquisa universitária nesse campo é um passo importante para impulsionar o progresso e fomentar ações concretas em prol de um futuro mais sustentável e responsável com o meio ambiente, dando um retorno inestimável desse investimento a longo prazo.

Enquanto a indústria busca soluções mais sustentáveis, os consumidores também desempenham um papel importante nesse cenário. Conscientizar as pessoas sobre a destinação correta dessas embalagens é essencial para reduzir seu impacto negativo no meio ambiente. Além disso, o incentivo à adoção de embalagens biodegradáveis e a prática

do reaproveitamento podem se mostrar estratégias eficazes na redução da quantidade de resíduos gerados. As autoridades governamentais também possuem responsabilidade nesse processo, pois devem estabelecer políticas e regulamentações que incentivem práticas mais sustentáveis na indústria e promovam a implementação de tecnologias de reciclagem avançadas. Somente por meio de esforços conjuntos, será possível encontrar um equilíbrio entre os benefícios e desafios das embalagens multicamadas.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, Lucas Henrique de. **DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO OBTIDO A PARTIR DA RECICLAGEM DE EMBALAGENS CARTONADAS**. 2017. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Cap. 50.

ALCAN ALUMÍNIO DO BRASIL SA DIVISÃO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS. Portfólio Mauá: Alcan, 1997. 1v.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2018.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: 14 jul. 2023.

Brundtland, Gro Harlem. **Discurso da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 1983. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 14 de jul de 2023.

CATTO, Dr André Luis. **RECICLAGEM DE RESÍDUOS E SUSTENTABILIDADE**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. 25 slides, color. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andre-Catto-2/publication/304880817_RECICLAGEM_DE_RESIDUOS_E_SUSTENTABILIDADE/links/577ca14808ae213761cac1f6/RECICLAGEM-DE-RESIDUOS-E-SUSTENTABILIDADE.pdf. Acesso em: 16 jul. 2023.

CIVI-CO – POLO DE IMPACTO SOCIAL (org.). **Embalagem de salgadinho também é reciclável**. Disponível em: <https://akatu.org.br/embalagem-de-salgadinho-tambem-e-reciclavel/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

CRUZ, MARIA OLIVIA ROCHA. O futuro do papel-cartão na indústria de embalagens do segmento de alimentos secos no Brasil: caso Suzano Papel e Celulose. **Trabalho de Formatura, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 127p. São Paulo, 2016**.

DALMACIO, Bruna Carvalho. **Desenvolvimento de processo para a reciclagem de embalagens multicamadas tipo sachê**. 2020.

DANTAS, Mara Lúcia Siqueira. **Degradabilidade de embalagens compostas de laminados de papel revestido, plástico e alumínio e sua interação com o meio ambiente**. 2000. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Sp, 2000.

DEMAJOROVIC, Jacques; MASSOTE, Bruno. Acordo setorial de embalagem: avaliação à luz da responsabilidade estendida do produtor. **Revista de Administração de Empresas**, v. 57, p. 470-482, 2017.

DE OLIVEIRA TEODÓSIO, Samara et al. **EMBALAGENS RECICLADAS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O TEMA.**

ESTELLES, Renata Soares. **Importância do controle da temperatura e do tratamento térmico na preservação dos nutrientes e da qualidade dos alimentos.** 2003. 32 f. Monografia (Especialização em Qualidade em Alimentos)-Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

FAGUNDES, Lena Marques; MISSIO, Eloir. Resíduos plásticos nos oceanos: ameaça à fauna marinha. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 3, p. 2396-2401, 2019.

FORLIN, Flávio J.; FARIA, José de Assis F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros**, v. 12, p. 1-10, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/jj/po/a/YNNvN9nLDV8rS5ffJp9rF4Q/>. Acesso em: 03 jul. 2023.

GARDNER, J. Rehabilitación de minas para el mejor uso del terreno: la minería de bauxita en el bosque de jarrah de Australia Occidental. **Unasyuva**, v. 52, n. 207, p. 3-4, 2001.

GUITIÁN, Ramón. Os polietilenos. **Revista Plástico Moderno, São Paulo**, n. 257, p. 45-48, 1995.

KOPEZINSKI, Isaac. **Mineração x meio ambiente: considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores.** Editora da Universidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

LABORINHO, Eliana. **As técnicas de mumificação no Egito antigo.** 2003.

LANDIM, Ana Paula Miguel et al. Sustainability concerning food packaging in Brazil. **Polímeros**, v. 26, p. 82-92, 2016.

MACHADO, Eduardo Luiz. Economia de baixo carbono: petróleo e petroquímica. **São Paulo: EBC**, 2002.

MARQUES, José Jorge. **O plástico verde e o mercado brasileiro de etanol.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINS, Raphael de Barros. **CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE PLACAS COMPÓSITAS PRODUZIDAS A PARTIR DE EMBALAGENS CARTONADAS.** 2020. 53 f. TCC - Curso de Engenharia Automotiva, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2020.

Material das embalagens cartonadas da Tetra Pak. Disponível em:

<<https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/packaging/packaging-material/materials>>.

MATEUS, Alfredo LML; MACHADO, Andréa H.; AGUIAR, Patrícia A. Tabela de tempo de decomposição de materiais: contexto para a abordagem de química ambiental no ensino profissional de nível médio. **Química nova na escola**, v. 41, n. 3, p. 259-265, 2019.

MOREIRA, Paulo Roberto. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG.** 2004. xv, 139 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100645>>.

MORAES, Patrick Marques de. **Reciclagem do alumínio no contexto da economia circular: desafios e oportunidades.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2022.

MOURAD, A.N. **Boletim Técnico do Centro de Tecnologia de Embalagem do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.8, n.1, p. 5-6, 1996.

NASCIMENTO, Karine Silveira. **Avaliação da eficácia do uso da técnica de liofilização no processo de conservação do leite humano.** 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.

OLIVATTO, Gláucia P. et al. Microplásticos: Contaminantes de preocupação global no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

PARTNERS, Hx. **Reciclagem de Embalagens Cartonadas.** 2018. Disponível em:<https://www.hxpartners.com.br/site/category/novo/> . Acesso em: 14 jul. 2023.

REINISCH, Maria Alves et al. Principais embalagens de alimentos por segmentação da indústria alimentícia: uma abordagem atual e sustentável. 2022.

SANTOS QUEVEDO, Daniella Cristina; DIAS DA SILVA, Robson. Perda e desperdício de alimentos no Brasil: as contribuições do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) para sua redução. **GeSec: Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 4, 2023.

SANTOS, Karin Luise dos et al. Perdas e desperdícios de alimentos: reflexões sobre o atual cenário brasileiro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. e2019134, 2020.

SCHMIDT, Jannick et al. Multilayer packaging in a circular economy. **Polymers**, v. 14, n. 9, p. 1825, 2022.

SETOR DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS ENCERRA 2020 EM ALTA. São Paulo: Aranda Editora Técnica e Cultural, 16 mar. 2021. Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/1835-Setor-de-embalagens-flexiveis-encerra-2020-em-alta-.html>. Acesso em: 10 jul. 2023.

TARTAKOWSKI, Zenon. Recycling of packaging multilayer films: New materials for technical products. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 2, p. 167-170, 2010.

TAYLOR, John H. **Death and the afterlife in ancient Egypt**. University of Chicago Press, 2001.

TETRA PAK. Disponível em http://www.tetrapak.com.br/htmls/tetravc/publicacoes/meio/meio_artigos.asp (acesso: julho, 2023).

TETRA PAK. **História Tetra pak**. 2021a. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/pt-br/about-tetra-pak/who-we-are/heritage>. Acesso em: 10 jul. 2023.

TOENSMEIER, Pat. Circular Design: flexible food packaging is growing, along with concerns about recyclability. the industry is taking note and working to improve plastics collection and reuse. **Plastics Engineering**, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 24-30, abr. 2019.

YASHIRO, Camila Miho Nishijima. **Reciclagem de embalagens multicamadas poliméricas**. 2023.

YUGUE, Eduardo Tadashi. **Desafios e potenciais soluções para reciclagem de embalagens plásticas flexíveis pós-consumo no Brasil**. 2020.