

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MATHEUS PIRES FARIA

**ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA PARA A PRODUÇÃO DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS DESTINADAS A ALIMENTOS**

**VOLTA REDONDA
2020**

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA PARA A PRODUÇÃO DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS DESTINADAS A ALIMENTOS**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UNIFOA como requisito parcial à aprovação na disciplina de Projeto Final.

Aluno: Matheus Pires Faria

Orientador: Prof. Sérgio Roberto Montoro

VOLTA REDONDA

2020



Fundação Oswaldo Aranha




FOLHA DE APROVAÇÃO

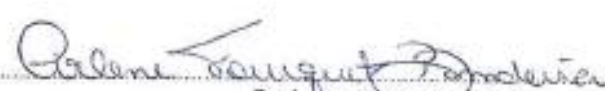
O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA PARA A PRODUÇÃO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS DESTINADAS A ALIMENTOS**


Elaborado por **MATHEUS PIRES FARIA** - Matrícula: **201611276**, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora via Plataforma *Microsoft Teams*, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia de Produção.

Aprovada em 26 de junho de 2020.

Banca Avaliadora:


.....
Professor(a) Orientador(a)
Prof. Dr. Sérgio Roberto Monteiro, UniFOA


.....
Professor(a) Avaliador(a)
Prof. Dr. Cirlene Fourquet Bandeira, UniFOA


.....
Professor(a) Avaliador(a)
Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato, UniFOA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus familiares e amigos que estiveram me incentivando durante este período de formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para chegar até aqui e atingir o objetivo de concluir o curso de graduação em Engenharia de Produção.

Agradeço a meus familiares por me dar apoio e incentivo durante esta jornada e meu professor orientador por ter me aceitado como seu orientado.

RESUMO

A embalagem é considerada um utensílio para facilitar o acondicionamento de produtos, de modo que estejam protegidos, conservados e devidamente lacrados, para que nenhuma ação externa os prejudique ou até mesmo os danifique, alterando suas propriedades físico-químicas e sua aparência visual. Este segmento está presente onde cada tipo de embalagem apresenta cores, tamanhos, materiais distintos em sua composição e formatos diferenciados. Sua empregabilidade é variada, pois pode ser encontrada em produtos alimentícios, médicos, farmacêuticos, eletrodomésticos, automotivos, eletroeletrônicos, dentre outros. Neste presente trabalho de conclusão de curso será apresentado o processo de elaboração de uma embalagem de biscoitos, com o objetivo de realizar um estudo sobre qual é o melhor tipo de filme para efetuar sua fabricação, exibindo suas propriedades, características, vantagens e aplicações. O processo de confecção das embalagens de biscoitos se baseia em um processo de transformação, denominado extrusão, onde seu propósito é a transformação de resinas de polietileno em um filme polimérico. Concluiu-se que dentre os tipos de filmes apresentados neste trabalho, o melhor polímero que propicia a fabricação deste tipo de embalagem, é o polipropileno biorientado, pois apresenta características vantajosas que auxiliam neste processo de produção.

Palavras-chave: BOPP. biscoitos. processo de transformação.

ABSTRACT

The packagings considered a tool to facilitate the packaging of products, so that they are protected, preserved and properly sealed, so that no external action harms them or even damages them, changing their physical-chemical properties and their visual appearance. This segment is present today, where each type of packaging presents colors, sizes, different materials in their composition and different formats. Its employability is varied, as it can be found in food, medical, pharmaceutical, household appliances, automobiles, electronics, among others. In this present work of completion of the course will be presented the process of elaboration of a package of biscuits, with the objective of carrying out a study on which is the best type of film to effect its manufacture, showing its properties, characteristics, advantages and applications. The biscuit packaging process is based on a transformation process, called extrusion, where its purpose is to transform polyethylene resins into a polymeric film. It was concluded that among the types of films presented in this work, the best polymer that allows the manufacture of this type of packaging, is the bioriented polypropylene, as it presents advantageous characteristics that assist in this production process.

Keywords: BOPP. Cookies. transformation process.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Polímeros	16
2.2 Classificação	16
2.2.1 Classificação geral	16
2.2.2 Classificação quanto a ocorrência.....	16
2.2.3 Classificação quanto a forma molecular	17
2.2.4 Classificação quanto a estrutura química.....	19
2.2.5 Classificação quanto ao comportamento mecânico	26
2.2.6 Classificação quanto ao desempenho mecânico.....	28
3 NOMENCLATURA DOS POLÍMEROS.....	30
3.1 Terminologia baseada no(s) monômero(s) de origem, para polímeros fabricados a partir de um único tipo de monômero	30
3.2 Terminologia baseada no arranjo químico reiterada do polímero, para polímeros formados a partir de dois ou mais tipos de monômeros.....	31
3.3 Terminologia estabelecida pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)	32
3.4 Nomes Comerciais	33
4 ESTRUTURA QUÍMICAS DOS POLÍMEROS	34
4.1 Polietileno (PE)	34
4.2 Polipropileno (PP)	35
4.3 Poli(Tereftalato de etileno)	36
4.4 Poliestireno (PS).....	37
5 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO	38
5.1 Extrusão	38
5.2 Termoformação	39
5.3 Injeção	40
5.4 Extrusão - sopro	41

5.4.1 Vantagens do método extrusão por sopro.....	45
5.4.2 Desvantagens do método extrusão por sopro.....	45
5.4.3 O equipamento	46
5.4.4 Funcionamento.....	47
5.5 Injeção - sopro.....	48
5.6 Extrusão por filme cast.....	49
6 EMBALAGENS FLEXÍVEIS.....	50
6.1 Introdução	50
6.2 Componentes de laminação	50
6.3 Filme Laminado	54
6.3.1 Adesivos de primeira geração	55
6.3.2 Adesivo de segunda geração	56
6.3.3 Adesivos da terceira geração	56
6.4 Filme Metalizado	56
6.5 Folha de alumínio.....	57
7 PLÁSTICOS.....	59
7.1 Principais termoplásticos utilizados.....	59
7.1.1 Polietileno.....	59
7.1.2 Polipropileno.....	60
7.1.3 Policloreto de Vinila	61
7.1.4 Poliestireno.....	62
7.1.5 Polietileno tereftalato	62
7.2 A embalagem flexível	63
8 EMBALAGENS PARA BISCOITOS	65
8.1 As embalagens flexíveis.....	65
8.2 O mercado de embalagens flexíveis	65
8.3 A empregabilidade das embalagens flexíveis na fabricação de biscoitos	66
8.4 Os principais filmes utilizados na fabricação de embalagens de biscoitos.....	67
8.4.1 Polipropileno.....	68

8.4.2 Polipropileno Biorientado.....	69
8.5 Análise de qualidade das embalagens de biscoitos	70
8.5.1 Avaliação Visual	70
8.5.2 Gramatura	72
8.5.3 Espessura	73
8.6 Elaboração de embalagens para biscoitos.....	74
8.6.1 Matéria Prima	74
8.6.2 Zona de Exrusão e Pré Impressão.....	75
8.6.3 Laminação do filme	80
8.6.4 Pull Roll	85
8.6.5 Acabamento Final	89
8.7 Aspectos que atuam na qualidade do biscoito	89
8.7.1 Matéria Prima	91
8.7.2 Selagem das embalagens	92
8.7.3 Atuação funcional.....	95
9 CONCLUSÃO	96
REFERÊNCIAS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Cadeias Poliméricas ramificadas com três exemplos de arquiteturas comuns	18
Figura 02 - Conformação de novelos em cadeias poliméricas	19
Figura 03 - Cadeias poliméricas com ligações cruzadas	19
Figura 04 - Estrutura molecular do politetrafluoroetileno	21
Figura 05 - Sieriação dos copolímeros quanto aos monômeros	31
Figura 06 - Terminologia de alguns polímeros mais comuns.....	32
Figura 07 - Exemplos de produtos obtidos por injeção	40
Figura 08 - Estrutura de produção de peças por extrusão sopro.....	42
Figura 09 - Carcaça de soprador de jardim.....	44
Figura 10 - Exemplo de uma máquina EBM tipo shuttle	47
Figura 11 - Representação ilustrativa do ciclo da matéria-prima desde a sua entrada na máquina até à formação da manga.....	48
Figura 12 - Retrato de uma empacotadeira tipo <i>flow-pack</i> (embalagem secundária)	67
Figura 13 - Foto de uma empacotadeira tipo portfólio	67
Figura 14 - Fluxograma do processo de confecção das embalagens de biscoitos.....	74
Figura 15- Divisão das três zonas no equipamento de extrusão.....	76
Figura 16 - Representação da boca de uma laminadora para filme plano e filme de três camadas.....	76
Figura 17 - Diagrama chill roll.....	77
Figura 18 - Método de produção do polipropileno biorientado.....	78
Figura 19 – Esquema de pré-impressão das embalagens flexíveis	79

Figura 20 - Divisão diagonal de laminação	80
Figura 21 - Esquema de laminação pelo método úmido.....	81
Figura 22 – Representação MDO.....	82
Figura 23- Saída do filme do MDO.....	83
Figura 24 – Estrutura TDO	84
Figura 25 – Alongamento do filme no TDO	85
Figura 26 – Diagrama Pull Roll	86
Figura 27 – Esquematização do processo de corte.....	87
Figura 28 – Tratamento Corona.....	88
Figura 29 – Tratamento chama.....	88
Figura 30 - Representação do processo de corte.....	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nomes comuns e siglas usadas para nomear polímeros.....	33
Quadro 2 - Principais características de alguns substratos presentes na laminação	53
Quadro 3 - Exemplos de categorias de embalagens	57
Quadro 4 - Embalagens plásticas para alimentos	63
Quadro 5 - Taxa de penetrabilidade ao vapor de água.....	90

LISTA DE ABREVIATURAS

MDO – Machine Direction Order

PC – Policarbonato

PE - Polietileno

PEAD – (Polímero de Alta Densidade)

PEBD - (Polímero de baixa densidade)

PELBD ou PEBDL - (Polímero Linear de Baixa Densidade)

PMMA - Poli(metacrilato de metila)

PEO - Poli(óxido de etileno)

PEUAPM – (Polietileno de ultra alto peso molecular)

PEUBD - (Polietileno de ultra baixa densidade)

PET – Poli(tereftalato de etileno)

PETG – Politereftalato de etileno

PETF - Ferrodexin Chromoplastic

PRFV – Polímero reforçado com fibra de vidro

PS - Poliestireno

PVC - (Policloreto de vinila)

PP – Polipropileno

TE - Termoplásticos de Engenharia

1 INTRODUÇÃO

As embalagens de um modo geral estão presentes no cotidiano cada vez mais, pois ao se adquirir um produto, pode se observar que o mesmo está envolvido em uma espécie de proteção, onde os materiais utilizados no processo de confecção são de diferentes formas, tamanhos, aspectos e apresentam características essenciais que contribuem nas propriedades de conservação do material que está contido em seu interior.

As embalagens podem ser de vidro, papelão, plásticos, metais e materiais secundários que as compõem, favorecendo seu processo de fabricação e proporcionando um melhor acabamento e um aspecto visual diferenciado.

Um exemplo comum de embalagem, é a de biscoitos, a mesma pode ser encontrada em prateleiras de supermercados, lanchonetes e outros estabelecimentos comerciais.

Este tipo de embalagem exhibe numerosas propriedades químicas e algumas vantagens perante as demais já existentes nas indústrias de alimentos no Brasil.

Segundo Gonçalves (2008), o empório de produtos alimentícios no país tornou-se centro de grandes utilidades e é um dos que mais desenvolve. Portanto, o mercado de embalagens passa pela mesma alteração com a abertura de novas fábricas e melhoria dos processos produtivos.

Contudo, os consumidores buscam produtos com embalagens mais seguras, nas quais não se deformem facilmente no processo de fabricação, transporte e estocagem, além de proporcionar uma maior facilidade e praticidade de se segurar e armazenar alimentos sem causar algum tipo de estrago ou avaria no produto.

1.1 Objetivo

O propósito principal deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica dos tipos de polímeros empregados pela indústria alimentícia, a fim de obter informações sobre suas classificações, nomenclaturas e estruturas químicas para que se possa realizar uma análise e saber qual será o polímero mais apropriado para se confeccionar uma embalagem de alimentos (biscoitos).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Polímeros

A palavra polímero é definida como: *poli*, significa muitos e *meros* significa partes, portanto um polímero é considerado uma macromolécula composta por muitas unidades de repetição, denominada “meros”, onde apresenta ligações covalente entre os átomos (CANEVAROLO,2006).

Já a palavra macromolécula é o termo usual quando se refere a uma molécula de tamanho grande ou de alto peso molecular

2.2 Classificação

2.2.1 Classificação geral

Os polímeros se classificam em:

- I. Plásticos
- II. Borrachas
- III. Fibras

2.2.2 Classificação quanto a ocorrência

Se classificam em naturais ou sintéticos.

Polímeros Naturais: De acordo com Canevarolo (2006), são aqueles que pode se encontrar na natureza, como por exemplo a borracha natural e a celulose.

Exemplos: Proteínas, polinucleotídeos, gomas, resinas e elastômeros.

Polímeros Sintéticos: De acordo com Canevarolo (2006), são os polímeros obtidos na indústria. Um exemplo é o polietileno (PE), poliestireno (PS) e o policloreto de vinila (PVC).

Os polímeros sintéticos podem ser: rígidos, flexíveis, amorfos, semicristalinos, opacos, transparentes, podem apresentar maior ou menor temperatura de processamento, resistência mecânica diferenciada, podem se classificar como polares ou apolares, além disso os polímeros podem ser termorrígidos ou termoplásticos (CANEVAROLO,2006).

A principal diferença entre os polímeros termorrígidos e termoplásticos é que os polímeros termorrígidos mostram reticulações, isto é ligações covalentes entre as cadeias poliméricas, isto pode impossibilitar sua reciclagem ou reprocessamento, ou seja podem ser utilizados para outras funções, como por exemplo o pneu que é moído que pode ser usado em carga em asfalto (CANEVAROLO,2006).

2.2.3 Classificação quanto a forma molecular

As cadeias poliméricas são exibidas de três formas:

- Cadeia Ramificada;
- Cadeias Lineares;
- Cadeia com Ligações Cruzadas ou Reticuladas;

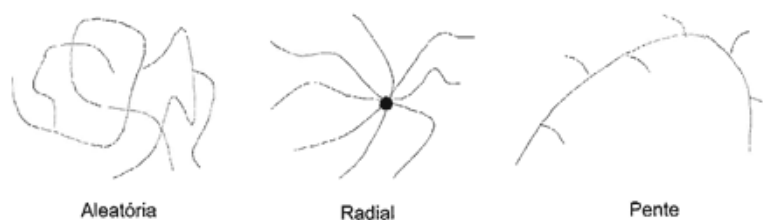
Cadeia Ramificada - Partem da cadeia principal prolongamentos, podendo ser longos ou curtos, onde são constituídos pelo mesmo “mero” que compõem a cadeia principal ou por outro mero, criando diferentes estruturas. A figura 01 demonstra esse tipo de cadeia (CANEVAROLO,2006).

As diferentes arquiteturas são:

- I. Arquitetura Aleatória: Apresenta ramificações variadas, podendo ser longas ou curtas, porém formadas pela mesma estrutura com a mesma unidade “pendurada” em sua cadeia principal (CANEVAROLO,2006).

- II. Arquitetura Estrelada: É formada por várias ramificações que partem de um mesmo ponto centralizado, formando assim uma estrela (CANEVAROLO,2006).
- III. Arquitetura pente: Da cadeia principal partem inúmeras ramificações, onde às mesmas indicam o mesmo tamanho fixo e sua distribuição é homogênea ao longo da cadeia polimérica (CANEVAROLO,2006).

Figura 01 - Cadeias poliméricas ramificadas com três exemplos de arquiteturas comuns.



Fonte:CANEVAROLO (2006)

Cadeia Linear: É a cadeia que apresenta uma constituição principal de moléculas, onde é formada por monômeros bifuncionais, podendo assim exigir a ajuda de catalisadores estereoespecíficos. É demonstrado na figura 02 a representação de uma cadeia linear (CANEVAROLO,2006).

Figura 02 - Conformação em novelos de cadeias poliméricas.



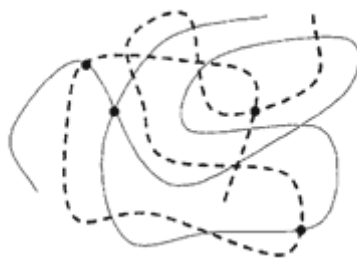
Fonte: CANEVAROO (2006)

Cadeia com Ligações Cruzadas ou Reticuladas: É caracterizada como os segmentos que unem duas cadeias principais (CANEVAROLO,2006).

O número de ligações cruzadas pode ser dividido em polímeros de baixa densidade, como por exemplo a borracha vulcanizada e polímeros de alta densidade, como por exemplo, os termorrígidos. Na figura 03, observa-se uma representação de cadeia com ligações cruzadas (CANEVAROLO,2006).

Os pontos de entre cruzamento, apontados por uma marca de cor preta, são compostos por ligações covalentes primárias intramoleculares (CANEVAROLO,2006).

Figura 03 - Cadeias poliméricas com ligações cruzadas.



Fonte: CANEVAROLO (2006)

2.2.4 Classificação quanto a estrutura química

Nesta classificação, segundo Canevarolo (2006), se apresenta o polímero de acordo com a estrutura do seu mero. São subdivididos em:

- I. Polímeros de Cadeia Carbônica.
- II. Polímeros de Cadeia Heterogênea.

I. Polímeros de Cadeia Carbônica:

Poliiolefinas:

Estes polímeros possuem dupla ligação de carbono, nesta classificação de baixa e alta densidade como por exemplo, o polipropileno (PP), poli - 4 – metil, polibuteno ou polibutileno (CANEVAROLO,2006).

As poliolefinas são hidrocarbonetos alifáticos insaturado,originado de monômeros.

Polímeros de Dienos:

Estes polímeros possuem dupla ligação residual, onde estas ligações são entre átomos de carbono. Os polímeros que exibem esse tipo de ligação são classificados monômeros com dienos, ou seja, borrachas vulcanizadas (CANEVAROLO,2006).

Alguns exemplos são:

- a. Polibutadieno(BR): Neste tipo de polimerização, mostra constituição de isômeros, onde são aplicados em conjunto com borracha natural ou SBR (CANEVAROLO,2006).
- b. Policloropreno: Este tipo de polimerização apresenta melhor resistência a óleos, ozônio e a borracha natural, além de mostrarem formações de isômeros e emulsão (CANEVAROLO,2006).
- c. Borracha Nítrilica: É conhecida como polímero de Butadieno, exibe boa resistência a gasolina (CANEVAROLO,2006).
Utilizada em automóveis, como por exemplo as mangueiras de combustível (CANEVAROLO,2006).
- d. Borracha Natural: A borracha natural é obtida através do látex da seringueira, dispõe de uma elevada massa molecular e apresenta misturadores internos do tipo Bambury. Estes misturadores são equipamentos, onde alguns elementos como enxofre, é o agente de vulcanização, já o óxido de zinco é o acelerador (CANEVAROLO,2006).
Já o negro de fumo e as fibras, são consideradas cargas de reforços.
Os minerais como argilas, barita, talco, carbonato de magnésio, dentre outros, são considerados como cargas inertes (CANEVAROLO,2006).

Polímeros Estirênicos:

São polímeros originados do estireno, cujo mais importante é o poliestireno (PS), pois uma de suas vantagens é que apresenta pequeno custo, facilidade de processamento e boas características mecânicas (CANEVAROLO,2006).

Polímeros Clorados:

Apresentam boas propriedades mecânicas, pois os polímeros presentes são polímeros que possuem um ou mais átomos de cloro (CANEVAROLO,2006)

O policloreto de vinila (PVC), apresenta a maior produção no mundo, tornando então o mais importante dentro das classificações poliméricas (CANEVAROLO,2006).

Já o policloreto de vinileno, (PVDC), mostra maiores forças intermoleculares, uma de suas aplicações é que servem como barreiras para gases e vapores (CANEVAROLO,2006).

Polímeros Fluorados:

Um exemplo é o politetrafluoroetileno (PTFE), na qual apresenta propriedades de alta estabilidade térmica, baixo coeficiente de atrito e inércia química. A figura 04 demonstra a estrutura molecular deste tipo de polímero (CANEVAROLO,2006).

A estrutura do politetrafluoroetileno, demonstrada na figura 04 a seguir, apresenta grandes átomos de flúor, onde exibem grandes forças intermoleculares e uma maior rigidez a macromolécula, fazendo com que apresente uma maior dificuldade na mudança de conformação (CANEVAROLO,2006).

Figura 04 - Estrutura molecular do politetrafluoroetileno.



Fonte: CANEVAROLO,(2006)

Polímeros Acrílicos:

Nesta classificação, os polímeros são derivados dos ácidos acrílico e metacrílico (CANEVAROLO,2006).

O principal polímero desta classificação é o polimetilmetacrilato (PMMA), usualmente conhecido como acrílico. Além deste polímero têm-se também a poliacrilonitrila (PAN), onde seu aproveitamento é aplicado na fiação (CANEVAROLO,2006).

Exemplos:

Fiação: Pode ser aplicado em fios de nylon para pesca.

Poliacrilonitrila (PAN): São empregados para produzir tecidos de fibra de carbono.

Polivinil Estéres:

O poliacetato de vinila (PVA), é utilizado na forma de emulsão aquosa para se confeccionar tintas. Na destilação deste polímero, pode se obter o poliálcool vinílico que é um polímero solúvel em água. Entretanto, os copolímeros são evidentemente conseguidos por meio do controle do grau de vagariedade, um exemplo e o PVA e o PVAI (CANEVAROLO,2006).

Poli(fenol- formaldeído):

Nesta classificação apresenta-se resinas de foenol-formaldeído. As resinas são obtidas por meio de policondensação de fenol com formaldeído, criando assim as resinas de baquelite (CANEVAROLO,2006).

II. Polímeros de Cadeia Heterogênea:

Esta classe de polímeros é constituída por outro átomo em sua cadeia principal, chamada de heteroátomo, podendo ser encontrado no oxigênio, hidrogênio, enxofre e silício (CANEVAROLO,2006).

Poliéteres:

Nesta classificação está presente em sua cadeia principal átomos de uma ligação éter - C-O-C, pois esta é a principal característica dos poliéteres(CANEVAROLO,2006).

O poliactal ou poliformaldeído é considerado o poliéter de estrutura mais simples, além de ser um termoplástico que apresentam propriedades fisicomecânicas (CANEVAROLO,2006).

Embora este tipo de poliéter exibe boas atribuições fisicomecânicas, pode-se citar outros tipos, como por exemplo a resina epóxi que é obtida através da policondensação da epiclondrina e do bisfenol-A. Estas resinas são termofixas (CANEVAROLO,2006).

Outros exemplos de poliéter é o polietileno óxido e o polipropileno óxido (CANEVAROLO,2006).

Poliésteres:

Sua principal peculiaridade é a existência da ligação éster, onde podem ser feitas as cadeias saturadas, obtendo assim termoplásticos de engenharia, ou então cadeias insaturadas, gerando termofixos (CANEVAROLO,2006).

Um exemplo de materiais termoplásticos é o polietileno tereftalato, empregado na fiação de PET, a fibra Dacron, vasilhames descartáveis soprados (PETG) e produção de filmes biorientados (PETF) (CANEVAROLO,2006.).

Nas cadeias insaturadas, tem-se como principal exemplo os poliésteres insaturados, onde sua aplicação é nas fibras de vidro (PIRFV), onde são utilizadas para se confeccionar cascos de barco, prancha de *surf*, além de estruturas externas de automóveis, por exemplo carros e caminhões (CANEVAROLO,2006).

Policarbonato:

Neste tipo de classificação se encontra a ligação – O-C-O-O, onde podemos encontrar polímeros aromáticos com cadeias lineares. Um exemplo comum é o policarbonato (PC), outro termoplástico que é alcançado pela policondensação do fosgênio e do bisfenol – A (CANEVAROLO,2006).

Sua qualidade fundamental é sua transparência, que apresenta boa resistência de tração ao impacto (CANEVAROLO, 2006).

De acordo com Canevarolo (2006), este tipo de material é muito usado na fabricação de placas e chapas transparentes para substituição de vidro em situações críticas como por exemplo janelas de avião, tetos solares transparentes em edifícios, além de ser usado na produção de cd's.

Poliâmidas:

Esta classificação é definida pela ligação amida-N-H-C-O, onde se subdivide em produtos naturais, como por exemplo: proteínas, seda, lã e produtos sintéticos.

Estes materiais também são classificados como materiais de engenharia (TE), pois apresenta alta resistência mecânica e estabilidade dimensional. Esta alta resistência mecânica é obtida através de pontes de hidrogênio que são formadas pelas carbonilas de uma cadeia e o hidrogênio da ligação amida da outra cadeia (CANEVAROLO, 2006).

Esta ligação descomplica a permeação de moléculas de água, difundindo entre as cadeias e se posicionando na ponte de hidrogênio.(CANEVAROLO , 2006).

‘Em relação do número de pontes de hidrogênio por conjunto de CH₂, que é diferente segundo o tipo de náilon, obtêm - se níveis distintos nominais (em equilíbrio) de sucção de água, diversificando entre 0,5 e 2%, ou atingindo saturação (nível máximo de absorção) de 2 a 9% (CANEVAROLO,2006,p.50)’

Diante disso, pode-se citar alguns exemplos de náilons sintéticos comerciais:

Homopolímeros:

São compostos por moléculas pequenas, são obtidos por meio da polimerização de um único monômero (CANEVAROLO,2006).

Exemplo:

Etileno, cloreto de vinila, isopreno, acetileno, óxido de etileno e caprolactama.

Copolímeros:

Os copolímeros são definidos como a reação de dois ou mais monômeros juntos, porém diferentes (CANEVAROLO,2006).

Exemplos:

- Etileno e propileno;
- Butadieno e estireno;
- Acetato de vinila e dimaleato de butila;

Poliuretanos:

Esta classe é caracterizada por apresentar uma ligação NH-C-O-O-, pois os polímeros podem ser apontados como termofixos, termoplásticos, elastômeros, fibras, em sua forma expandida ou não, dependem da estrutura química e funcionalidade dos reagentes aplicados na formulação do polímero (CANEVAROLO, 2006).

Aminoplásticos:

Segundo Canevarolo (2006), são polímeros provenientes de elementos iniciais do tipo aminas – C-NH₂. Como exemplos, temos as resinas termofixas de uréia- formaldeído (synteko) e a melanina – formaldeído (fórmica).

Derivados da celulose:

Por meio de reações químicas é possível conseguir materiais plásticos derivados da celulose, como por exemplo, o acetato - butirato de celulose, carboxi - metil – celulose e celulose regenerada.(CANEVAROLO,2006).

Siliconas:

São formadas por heteropolímeros que exibem ligações Si - O em sua cadeia principal (CANEVAROLO, 2006).

Sua obtenção é feita a partir de duas outras ligações feitas por átomos de sílcio que são ocupadas por radicais diferentes. (CANEVAROLO JR, 2006).

De acordo com Canevarolo (2006), pode-se referir como exemplo o polidimetil, frequentemente conhecido como silicone, onde “os dois substituintes são radicais metis (CH₃).

2.2.5 Classificação quanto ao comportamento mecânico:

Apresentam uma vasta área de classificação, dentre elas podemos citar os plásticos, elastômeros e fibras . No entanto, os polímeros podem se subdividir em:

- Plásticos {
 - Termoplásticos
 - Termorrígidos
 - Baroplásticos
- Elastômeros
- Fibras

Termoplásticos:

Termoplásticos, são determinados como plásticos em que submetido a um acréscimo de temperatura e pressão, tem a capacidade de fluir e amolecer (CANEVAROLO,2006)

Após esse processo é retirada a solicitação T e P, onde se solidificam tomando forma do molde (CANEVAROLO,2006).

Portanto o método de temperatura e pressão se reinicia, dando origem assim a novas aplicações, fazendo com que se tornem recicláveis(CANEVAROLO,2006).

Têm-se como característica principal, apresentar solubilidade e cadeias lineares ou ramificadas, pode se citar como exemplo o polietileno, polipropileno e o policloreto de vinila (CANEVAROLO,2006).

Termorrígidos:

Termorrígidos, termoendurecidos ou termofixos, são os polímeros em rede ou em retículo, que quando submetidos ao aumento de temperatura, amolecem e fluem, obtendo a forma do molde. Pode se citar como exemplo as resinas de formol - formaldeído (baquelite) e as resinas epóxi conhecidas como araldite (CANEVAROLO,2006).

Baroplásticos:

Segundo Canevarolo (2006), define-se Baroplásticos, como os plásticos que com um acréscimo de pressão e temperatura substancial e marginal, por meio de rearranjos em sua configuração. Seu estado físico tende ser borrachoso.

Elastômeros:

É definido como o polímero que se deforma na temperatura ambiente no mínimo duas vezes em seu comprimento inicial e retornam a seu comprimento original rapidamente quando o esforço é retirado. Os elastômeros dispõem de cadeias dobráveis umas nas outras mostrando assim uma pequena densidade de ligações cruzadas. A partir daí consegue-se definir algumas características dos elastômeros (CANEVAROLO,2006).

- a) Obter grandes modificações (> 200%), trazendo boa resistência mecânica e módulos de elasticidade quando deformado (CANEVAROLO,2006).
- b) Readquirir aceleradamente a deformação, depois de retirado o esforço (CANEVAROLO,2006).
- c) Ter recuperação total da deformação (CANEVAROLO,2006).

A borracha vulcanizada é um exemplo de elastômero, pois é obtida através de ligações cruzadas. É aplicada em pneus de automóveis, onde apresenta uma grande deformação devido ao peso do veículo e é recuperada em um intervalo de tempo quando a roda completa uma volta (CANEVAROLO,2006).

Fibras:

As fibras são consideradas termoplásticos que apresentam um sentido longitudinal, onde sua cadeia é orientada por cristais de modo forçado, isso faz com que aumente a resistência mecânica da fibra dessa classe de materiais (CANEVAROLO,2006).

Exemplos:

Fibras de poliácrlonitrila, náilons e poliésteres.

2.2.6 Classificação quanto ao desempenho mecânico

Esse tipo de classificação aborda o desempenho mecânico dos polímeros quando são utilizados em item ou peças. Vejamos alguns deles a seguir:

a) Termoplásticos convencionais:

As vantagens destes polímeros é que apresentam pequeno custo , baixo nível de exigência mecânica, elevada produção e facilidade de processamento (CANEVAROLO,2006).

Exemplos:

- I. Poliolefinas (LDPE, HDPE, PP)
- II. Poliestireno (PS)
- III. Policloreto de vinila (PVC)

b) Termoplásticos especiais:

Diferente da classificação anterior, essa classificação apresenta um custo mais elevado, mas apresentam propriedades melhores, como por exemplo os copolímeros de etileno - acetato de vinila (EVA), estireno – acrilonitrila (SAN), homopolímeros de politerafluoro - etileno (PTFE) e polimetacrilato de metila (PMMA e SAN). Uma das vantagens dessa classificação é que possui alta transparência, estabilidade térmica e química (CANEVAROLO,2006).

c) Termoplásticos de Engenharia (TE):

Essa especificação permite a manufatura de peças mecânicas onde apresentam um bom desempenho (CANEVAROLO,2006).

Exemplos:

- I. Engrenagens.
- II. Peças técnicas para indústrias eletroeletrônicas e automobilísticas.

d) Termoplásticos de Engenharia Especiais:

Nesta classificação os polímeros que apresentam grande quantidade de anéis aromáticos em sua cadeia principal onde exibem uma alta temperatura e equilíbrio térmico para polímeros que contém “enxofre (polissulfonas, polisulfeto de fenileno PPS), polimidas (poliamida – poliamida), alguns poluretanos, polieter – eter cetona (PEEK) e polímeros de cristal líquido polimérico (CANEVAROLO, 2006).

3 NOMENCLATURA DOS POLÍMEROS

As nomenclaturas dos polímeros podem ser:

- I. Terminologia que se fundamenta no(s) monômero(s) de origem, para polímeros formados a partir de um único tipo de monômero.
- II. Nomenclatura baseada na estrutura química permanente do polímero, para polímeros formados a partir de dois ou mais tipos de monômeros.
- III. Nomenclatura determinada pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry).
- IV. Nomes comerciais.

Fonte: (LUCAS, *et al.*, 2001).

3.1 Terminologia baseada no(s) monômero(s) de origem, para polímeros fabricados a partir de um único tipo de monômero

Para polímeros de adição:

No caso de homopolímeros, o nome do polímero formado pela partícula *poli* seguida do nome do monômero que deu início ao polímero. Pode se citar como exemplo, polietileno, polipropileno, poliácridonitrila e poliestireno. Quando o nome do monômero é um nome composto, este aparece entre parênteses, pode se exemplificar desta maneira: poli(metacrilato de metila), poli(cloreto de vinila) e poli(óxido de etileno) (LUCAS, *et al.*, 2001).

Para polímeros de condensação:

São acompanhados da partícula *poli*, porém o que os diferencia dos polímeros mencionado anteriormente, é que o monômero que dá início ao polímero tenha um único nome. Por exemplo, (na condensação do ácido ω -amino láurico para obtenção de uma poliamida, será formado o poli(ácido ω -amino láurico) (LUCAS, *et al.*, 2001).

3.2 Terminologia baseada no arranjo químico reiterada do polímero, para polímeros formados a partir de dois ou mais tipos de monômeros

- Para polímeros de Condensação:

Esta nomenclatura também se utiliza a partícula poli, porém nesta os polímeros de condensação sintetizados a partir de dois ou mais tipos de monômeros. Exemplo: Diácido e diálcool (LUCAS *et al.*, 2001).

- Copolímeros:

Os copolímeros usualmente são estabelecidos por exibir o nome dos monômeros entre parênteses acompanhados por uma partícula, possibilitando identificar os mesmos. A figura 05 demonstra esse tipo classificação (LUCAS *et al.*, 2001).

Figura 05 - Sieriação dos copolímeros quanto aos monômeros

co - Para copolímero aleatório;
alt - Para copolímero alternado;
b - Para copolímero em bloco;
g - Para copolímero grafitizado ou enxertado;

Fonte: (LUCAS, *et al.*, 2001)

Exemplos:

- I. Poli(estireno-co-metacrilato de metila);
- II. Poli(etileno-alt-monóxido de carbono);
- III. Poli(metacrilato de metila-b-alfa-metilestireno);
- IV. Poli(metacrilato de metila-g-óxido de etileno);

Quando se trata de copolímeros alternados em bloco, menciona-se primeiramente o conômero da cadeia polimérica que se encontra em maior parte.

Quando se menciona copolímeros grafitizados ou enxertados, cita-se primeiro o conômero que se localiza na cadeia polimérica principal do copolímero.

Entretanto, quando estas unidades não são reconhecidas, é utilizada a partícula - co-.

3.3 Terminologia estabelecida pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

A IUPAC determina em seu livro de regras que ao se designar um polímero é utilizada a partícula *poli*, como visto anteriormente seguida do nome da menor unidade reiterada na cadeia (LUCAS *et al.*, 2001).

A seguir está representado na figura 06, alguns exemplos de nomes estabelecidos pela IUPAC:

Figura 06 - Terminologia de alguns polímeros mais comuns

Nome IUPAC	Estrutura	Nome Comum
Poli(metileno)	$\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_n\text{-}$	Polietileno
Poli(propileno)	$\text{-(CH}_2\text{-CH)}_n\text{-}$ CH ₃	Polipropileno
Poli(feniletileno-1)	$\text{-(CH}_2\text{-CH)}_n\text{-}$ Ø	Poliestireno
Poli(oxietileno-oxitereftaloila)	$\text{-(C(=O)-C}_6\text{H}_4\text{-C(=O)-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O)}_n\text{-}$	Poli(tereftalato de etileno)
Poli(difluorometileno)	$\text{CF}_2\text{=CF}_2$	Poli(tetrafluoretileno)

Fonte: (LUCAS, *et al.* 2001)

3.4 Nomes Comerciais

Os nomes comerciais podem apresentar nomes diferentes, quando utilizado por diversos fabricantes, como por exemplo o nylon (LUCAS *et al.*, 2001).

O nylon é o termo utilizado para se referir a uma poliamida obtida através de monômeros alifáticos, não ramificados e não substituídos. Sua denominação é composta por um ou dois números, onde representam a quantia de átomos de carbono em que se originam os monômeros (LUCAS *et al.*, 2001).

Podemos citar como exemplo o nylon-6,6, nylon-6,10 e o nylon-6.

Observa-se que os polímeros também são indicados por abreviações, como mostra o quadro 1 a seguir.

Quadro 1- Nomes comuns e siglas usadas para nomear polímeros.

Nome comuns de polímeros	Siglas
Polietileno	PE
Polipropileno	PP
Poli(metacrilato de metila)	PMMA
Poli(óxido de etileno)	PEO
Poliestireno	PS
Poli(tereftalato de etileno)	PET

Fonte: (LUCAS *et al.*2001)

4 ESTRUTURA QUÍMICAS DOS POLÍMEROS

Segundo Soares (2006), os polímeros utilizados na aplicação de plásticos metalizados são: polietileno, polipropileno, poli(tereftalato de etileno) e poliestireno.

4.1 Polietileno (PE)

Segundo Jorge (2013), o polietileno é classificado um termoplástico mais utilizado na fabricação de embalagens industriais.

O polietileno é arranjado por meio da polimerização de olefinas (hidrocarbonetos insaturados).

Pode ser apresentado de duas formas de acordo com sua disposição molecular, linear ou ramificado (JORGE,2013).

Esse tipo de arranjo sugere a espessura visível do polímero, dessa forma encontra-se polietilenos de alta, média e baixa densidade. Quanto maior for a ramificação da cadeia polimérica, menor é a espessura. Dessa forma, o polietileno de alta densidade exibe moléculas lineares e arranjadas lado a lado (JORGE,2013).

No caso de filmes plásticos, pode ser utilizado em sua composição polietileno de baixa densidade. Já para embalagens semirrígidas, como os copos e garrafas plásticas, utiliza-se o polietileno de alta densidade (JORGE,2013).

O polietileno se divide em cinco variações:

- PEAD (Polímero de Alta Densidade)
- PEBD (Polímero de baixa densidade)
- PELBD ou PEBDL (Polímero Linear de Baixa Densidade)
- PEUAPM (Polietileno de ultra alto peso molecular)
- PEUBD (Polietileno de ultra baixa densidade)

Entretanto, as principais modificações para elaboração de embalagens plásticas são exclusivamente PEAD e PEBD. Será definido cada uma delas abaixo:

PEAD - Também conhecido como polietileno de baixa pressão, pois é obtido em pressão de 1atm e pelo uso de catalisadores organometálicos.

Segundo ANYADIKE (2010), o PEAD é aplicado para embalagens flexíveis e para embalagens rígidas, seu aproveitamento é na manufatura de itens soprados, como por exemplo em produtos alimentícios.

PEBD – Ao passo que o PEAD é utilizado como polímero de baixa pressão, o PEBD é obtido através de reatores, onde possuem uma alta pressão e temperatura. Geralmente a pressão é de 1000 a 3000 atm e sua temperatura é de 100 a 300°C (ANYADIKE,2010).

Sua utilização se aplica em revestimentos industriais, barreiras de vapor, filmes para coberturas encolhíveis e esticáveis (ANYADIKE,2010).

Os principais atributos dos tipos de polietileno exibidos acima, é que todos podem ser reutilizados e distribuídos, além de mostrar poucas vantagens e qualidades como por exemplo: flexibilidade, dispõe barreiras contra o oxigênio e boa resistência térmica (ANYADIKE,2010).

Desvantagens:

- É um filme mais caro para se manufaturar embalagens e combinar propriedades de selamento (ANYADIKE,2010).

4.2 Polipropileno (PP)

Polipropileno ou BOPP é uma película de filme plástico biorientado utilizado na elaboração de embalagem para produtos alimentícios (JORGE, 2013).

Essas embalagens são fáceis de serem encontradas, pois em geral em seu exterior são coloridas e em seu interior são metalizadas, ou até mesmo opacas, transparentes ou foscas (JORGE, 2013).

A identificação deste tipo de embalagem é simples, além de possuir as características acima, retratam um número com setas triangulares indicando os tipos de plástico que foram utilizados para fabricar a embalagem em si (JORGE, 2013).

Estes filmes podem ser encontrados em diversos produtos, como por exemplo: salgadinhos, biscoitos, sopas instantâneas, barras de cereais, ovos de páscoa e batata palha (JORGE,2013).

Sua principal vantagem é ser leve e fácil de imprimir e laminar.(JORGE,2013).

Já a sua principal desvantagem é que o polipropileno possui uma fraca barreira contra gases e gorduras térmicas (JORGE,2013).

4.3 Poli(Tereftalato de etileno)

O poli(tereftalato de etileno), também conhecido como polietileno tereftalato(pet), ou apenas PET, apresenta características, como boa resistência a tração, ao impacto, baixa permeabilidade, boas propriedades óticas, além de ser o poliéster mais empregados na composição de embalagens flexíveis (JORGE, 2013).

O PET apresenta algumas propriedades mecânicas, como por exemplo a alta resistência a descontinuação, abertura, rasgamento, sucção e quedas (JORGE, 2013).

O PET utilizado nas embalagens flexíveis e elaborado em espessuras de 12, 13 e 23 μ .No entanto com a espessura de 12 μ , já apresenta características mecânicas destacáveis em comparação aos demais filmes. Em geral, o filme é biorientado quando aplicado individualmente (JORGE,2013).

A penetração aos gases, ao vapor de água e aos raios solares é reduzida pela metalização do filme com alumínio pulverizado sob vácuo (JORGE,2013).

4.4 Poliestireno (PS)

O poliestireno é arranjado pelo meio da reação do benzeno com o gás etileno, apresenta baixo ponto de fusão, tornando-o não indicado para se conservar comidas em temperaturas elevadas (JORGE, 2013)

Vantagens:

- Exibe penetrabilidade aos gases e vapor d'água e apresenta uma boa transparência (JORGE, 2013).

Desvantagens:

- Conforme referido anteriormente o poliestireno não é adequado para armazenar alimentos quentes, além de que quando puro, o plástico é muito quebradiço (JORGE, 2013).

Jorge (2013),informou que o poliestireno apresenta as seguintes propriedades:

- a. Expõe uma enfraquecida barreira a umidade, gases e gorduras térmicas , não solda de $-30 - 50^{\circ}\text{C}$;
- b. Apresenta uma boa resistência mecânica a deslocamento, baixa ao impacto/perfuração e facilidade de termo furação;
- c. Ótica, elevado brilho e transparência;

De acordo com Jorge (2013), o poliestireno exhibe as seguintes aplicações:

- a. Copos descartáveis;
- b. Copos para iogurte;
- c. Bandejas pré moldadas para armazenar carnes,frutas e ovos;

5 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO

De acordo com Jorge (2013), as embalagens são fabricadas a partir dos seguintes processos:

- Extrusão;
- Termoformação;
- Injeção;
- Extrusão por sopro;
- Injeção por sopro;
- Extrusão por filme cast;

Dentre os processos citados acima , o foco principal deste trabalho será nos itens 5.4 (Extrusão por sopro) e 5.6 (Extrusão por filme *cast*).

5.1 Extrusão

Segundo Jorge (2013), o processo de extrusão consiste em grânulos de resina de plástico , onde estão sujeitos a altas temperaturas e pressões , fazendo que ocorra sua fusão.

O método de extrusão pode ser arranjado de duas maneiras:

- a. Matriz Tubular
- b. Matriz Plana

Na matriz tubular (a) pode-se obter sacos plásticos, enquanto na matriz plana (b) obtém-se filmes e chapas para transformação seguinte (JORGE, 2013).

Ao sair da extrusora, o material sai em forma de filme ou chapas plásticas, das quais, as dimensões dos mesmos dependem do tamanho da matriz (JORGE, 2013).

Além deste processo existe um processo semelhante, chamado de co-extrusão.

Neste procedimento a plastificação de cada material é obtido em uma extrusora específica. Cada extrusora homogeneiza e plastifica o seu material em boas situações individuais de trabalho e o insere em um cabeçote que receberá também todos os outros materiais (JORGE, 2013).

Uma das vantagens deste processo é que o mesmo possibilita a união das propriedades de inúmeros polímeros em uma única estrutura (JORGE, 2013).

5.2 Termoformação

Segundo Jorge (2013), este método se baseia no aquecimento de chapas lisas, já extrusadas a temperaturas de amolecimento do termoplástico, para ser colocada em um molde refrigerado multicavidades , fazendo com que a formação do ar comprimido e vácuo irá acarretar na construção do produto, onde o mesmo será resfriado, cortado, extraído e empilhado.

Em comparação ao método de injeção , a Termoformação leva vantagem, pois apresenta um menor investimento em relação a equipamentos, moldes , além de produzir peças com espessuras distintas, com o mesmo molde (JORGE, 2013)

Podemos citar como desvantagem deste processo, o custo elevado das lâminas, quando comparado ao das resinas , além de ocorrer perdas com o material quando as embalagens são recortadas (JORGE, 2013).

Outra desvantagem é controlar a espessura das paredes das embalagens, para que se tornem uniformes (JORGE, 2013).

A aplicação deste processo é destinada a confeccionar copos, potes e bandejas, além de recipientes baixos e de boca larga (JORGE, 2013).

5.3 Injeção

De acordo com Jorge (2013), utiliza-se esse procedimento na elaboração de termoplásticos, apresentando as seguintes vantagens:

- I. Facilidade de automação;
- II. Baixo custo de mão de obra operacional e matéria prima;

Jorge (2013), afirmou que o processo de injeção pode apresentar algumas desvantagens, como por exemplo:

- I. Elevados custos dos moldes;
- II. Devido à concorrência, existe um pequeno custo e inexistência de mão de obra especializada;

Segundo Jorge (2013), a aplicação deste processo destina-se a fabricação de copos, tampas e bandejas. Conforme representado na figura 07, a seguir:

Figura 07 - Exemplos de produtos obtidos por Injeção.



Fonte: Associação Brasileira da Indústria do Plástico (2014)

O material é colocado em um funil, onde é enviado para o interior do cilindro, possui um fuso (rosca), empurrando-o e levando ao cisalhamento e homogeneização, ajudando em sua plastificação. Estes cilindros possuem

resistências ligadas em sua parte externa ,onde aquecem o material, promovendo assim sua fusão. O material se move ao longo do cilindro até chegar na outra extremidade, fazendo com que se depare com o bico de injeção, serve de intermédio entre o cilindro e o molde. Então ,o material que já se encontra fundido é submetido a se introduzir no molde, preenchendo seus espaços vazios (JORGE,2013).

Após alguns instantes ,o molde é aberto, liberando a peça que já se encontra fria e elaborada. Entretanto, o tempo de espera no molde se submete a espessura das paredes e de sua eficiência de resfriamento realizado, bem como da velocidade da injetora (JORGE,2013).

Portanto, se houver alguns itens a mais que a peça possa precisar, como por exemplo, parafusos e porcas, as mesmas devem ser colocadas ao molde antes do processo de injeção. Estes componentes poderão ser adicionados por operadores, ou até mesmo por robôs, que irão realizar a retirada das peças depois do processo de injeção (JORGE,2013).

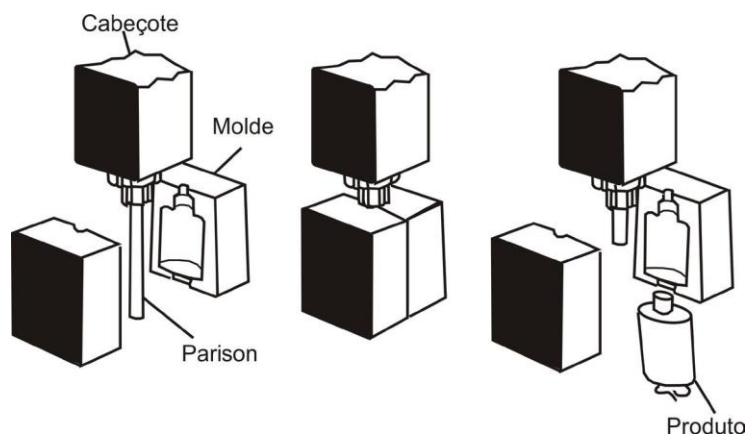
5.4 Extrusão - sopro

Este método consiste basicamente na elaboração de peças ocas, onde se produz um *parison* (pré forma), obtido através de uma resina fundida na extrusora passando por uma matriz e adquirindo um formato de um tubo vertical (JORGE, 2013).

Este “tubo vertical” é colocado em um molde, onde se inocula ar comprimido em seu interior, fazendo com que as paredes do molde sejam forçadas, formando assim o produto acabado (JORGE, 2013).

Quando o *parison* se solidifica, as paredes do molde são abertas e removido. Esse processo é indicado na figura 08, a seguir (JORGE, 2013).

Figura 08 - Estrutura de produção de peças por extrusão sopro



Fonte: Associação Brasileira da Indústria do Plástico (2014)

Este procedimento, também é conhecido pela sigla EBM (*extrusion blow molding*), que pode ser comparada de uma forma simples como por exemplo a de um balão, quando cheio de ar dentro de um molde, o mesmo apresenta a geometria do mesmo (DUARTE, 2017).

De acordo com o princípio de formação do *parison*, a extrusão por sopro inicia-se com o desenvolvimento de uma manga (DUARTE, 2017)

Esta manga é colocada em um molde, composto por duas metades, quando recebe o sopro de ar comprimido a mesma fica estirada entrando em contato com as paredes do mesmo, fazendo com que adquira o formato pretendido (DUARTE, 2017).

Quando o molde é resfriado, o objeto é retirado de seu interior, onde são extraídas as rebarbas (sobras de material), fazendo com que sejam reaproveitadas, inserindo-as novamente na linha de produção a fim de se iniciar um novo processo (DUARTE, 2017).

Este processo apresenta as seguintes vantagens, como por exemplo:

Baixo custo de material, alta durabilidade e ferramenta, bom acabamento superficial e boa precisão dimensional (DUARTE, 2017).

Porém este processo apresenta algumas desvantagens, como por exemplo: Alto custo de maquinário, bom acabamento superficial, dificuldade de se ter mão de obra especializada, necessidade de retrabalho, brilho insuficiente ou inaceitável e produção de produtos com pouca resistência mecânica e térmica (DUARTE, 2017).

Existem dois tipos de extrusão por sopro:

- 1) Método contínuo;
- 2) Método intermitente (acumulador);

Método Contínuo:

Neste método o *parison* é forçado a sair pelo cabeçote , ou pela matriz da unidade.

O *parison* é manufaturado em uma extrusora, onde é amassado, em seguida cortado pelas paredes do molde, quando fechadas (HARPER, *et al.*, 2017).

Após este processo o molde é fechado, se afastando dando lugar para um novo molde ser adentrado no processo, enquanto isso os *parisons* continuam sendo extrudados (HARPER, *et al.*, 2017).

Quando o molde se fecha, aplica-se um sopro de ar comprimido , o *parison* se infla na forma da cavidade. Nos moldes o ar pode ser soprado por um furo inferior ou superior (HARPER, *et al.*, 2017).

De acordo com Harper, *et al.*, 2017, em alguns moldes, o lado inferior prende um pino de sopro.

Um exemplo de furos superiores, são os furos feitos em garrafas, frascos ou até mesmo em bombonas. Neste caso específico o molde precisa ser maior, pois o volume de material é bastante elevado e o comprimento da manga ou mangueira , tem que ser grande para que o molde seja fechado e para que possa se auto sustentar em suas extremidades. Isso pode ocasionar um problema, pois a mangueira pode se extirar em seu próprio peso, fazendo que se deforme, ocasionando problemas de espessura, ou até mesmo se romper ,impossibilitando assim a moldagem (HARPER, *et al.*, 2017).

Em demais casos, uma agulha é colocada ao lado do molde e é feita para penetrar no *parison* (HARPER, *et al.*, 2017).

Método intermitente (acumulador) :

Este método é utilizado para produção de grandes peças, pode citar como exemplo:

- Recipientes de lixo utilizado nas vias dos grandes municípios, bombonas (citado no exemplo anterior) e as carcaças de sopradores de folha de jardim, representada na figura 09, a seguir (HARPER *et al.*, 2017).

Figura 09 - Carcaça de soprador de folha de jardim.



Fonte: HARPER *et al.* (2017)

O procedimento atua da seguinte forma:

O equipamento de extrusão funciona de forma contínua onde uma câmara denominada de acumulador retém um volume substancial de massa plastificada, onde a mesma será entregue à extrusora, enquanto as peças precedentes estão sendo resfriadas e sopradas (HARPER *et al.*, 2017).

Segundo Harper, *et al.*, 2017, este método apresenta as seguintes vantagens:

- I. Possibilita elevadas taxas de produção.
- II. Apresenta baixo tempo ocioso do molde ao mínimo.
- III. Proporciona uma extrusão mais rápida do *parison*, permitindo pouca queda de escoamento quando suspenso, melhorando o controle de espessura de parede do mesmo.
- IV. Permite um tamanho mais uniforme, a fim de minimizar o desperdício.

5.4.1 Vantagens do método extrusão por sopro

De acordo com Harper, *et al.*, 2017, o método apresenta as seguintes vantagens:

- I. Confeção de recipientes e peças ocas por meio de produção natural;
- II. É empregado para se confeccionar recipientes de grandes volumes;
- III. Aplica-se na fabricação de embalagens de produtos alimentícios, utensílios de higiene pessoal e produto de uso doméstico , além de aplicações industriais, por exemplo tanques de combustível para automóveis e máquinas agrícolas que apresentam maior resistência;
- IV. Pode ser utilizado também vasos de pressão e dutos de ar;

5.4.2 Desvantagens do método extrusão por sopro

De acordo com Harper, *et al.*, 2017, o método apresenta as seguintes desvantagens:

- I. Espessura de parede desigual;
Este problema pode ser resolvido por programação , onde as paredes são mais rígidas na área que será prensada e mais fina nas bordas. As paredes mais grossas tendem a se contrair mais no centro da peça , fazendo com que compense no projeto do produto).
- II. Pouca exatidão dos detalhes para superfície de acabamento;
- III. Tolerâncias dimensionais são difíceis de se alcançar , com exceção da moldagem de sopro , que produzem linhas de garrafas co-gargalos roscados por injeção.

5.4.3 O equipamento

Este equipamento é utilizado para realizar os processos dos métodos contínuo e intermitente, ou acumulador (DUARTE,2017)

Conforme explicado no início do item 5.4, a principal diferença entre os dois métodos é que no método contínuo é utilizado recipientes mais leves que não apresentam tanta resistência quando comparado ao método acumulador.

Porém a principal diferença deste equipamento, e que o distingue é como a embalagem é extrudada ou como recolhe a mesma. Essa diferenciação é feita através do produto que será produzido, quais são as propriedades desejadas para se confeccionar a embalagem e a qualidade da mesma (DUARTE,2017).

O equipamento é classificado em duas estações, *shuttle*, as máquinas rotativas (horizontais e verticais) e as máquinas com cabeças acumuladoras (DUARTE, 2017).

As máquinas podem ser classificadas por extrusão contínua e descontínua.

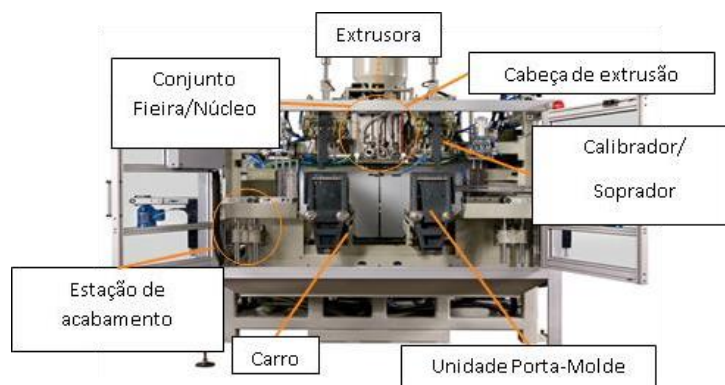
Segundo Duarte (2017), os dispositivos tipo shuttle e as máquinas rotativas, são classificados como equipamentos de extrusão contínua, já os aparelhos de extrusão descontínua, são aqueles que apresentam abundância de material em seu reservatório, onde será introduzido por forma a originar um parison.

O equipamento é composto por diversas partes, dentre elas têm-se:

- a) Extrusora;
- b) Cabeça de extrusão;
- c) Porta moldes e carros (em alguns casos);
- d) Calibradores/Separadores;
- e) Contramolde;
- f) Estação de acabamento;

Na figura 10 a seguir está demonstrada uma máquina tipo *shuttle*, e a mesma com as principais indicações de cada grupo:

Figura 10 - Exemplo de uma máquina EBM tipo shuttle.



Fonte: DUARTE (2017)

5.4.4 Funcionamento

O processo se inicia na tremonha, onde se introduz a matéria prima para embalagens do tipo EBM. A tremonha é abastecida por grãos de polietileno e propileno, por um sistema de transporte automatizado disposto de sensores de nível para que o dispositivo não falte material (DUARTE, 2017).

Após este processo o material entra no parafuso da máquina (Figura 15), onde o mesmo tem a função de fundir e padronizar o material para que seja conduzido para a cabeça de extrusão, onde se iniciará o processo de plastificação. (DUARTE, 2017).

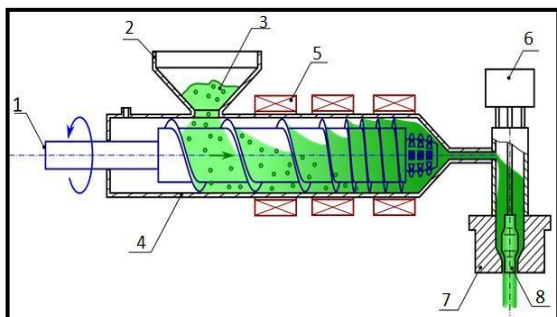
Segundo Duarte (2017), este processo de plastificação não é necessário somente ao atrito gerado entre o parafuso e o cilindro, mas de forma que as resistências elétricas localizadas no equipamento e na cabeça de extrusão.

Em seguida o material é levado para cabeça de extrusão, onde a manga é formada com a ajuda de um conjunto mecânico, fieira e um núcleo. A manga é compilada pelo molde e cortado pelas facas de corte (DUARTE, 2017,45 p.)

A seguir a mesma ainda no interior do molde é enviada para o setor de sopro, onde será injetado ar comprimido pelos calibradores, componentes responsáveis para realizar o processo para que ganhe o formato do molde (DUARTE, 2017).

Logo, a embalagem abandona o molde após estar totalmente fria e recém formada para que sejam realizados os processos de acabamento da embalagem retirando o fundo e a cabeça perdida. Este processo é indicado na figura 11, a seguir (DUARTE, 2017).

Figura 11 – Representação ilustrativa do ciclo da matéria-prima desde a sua entrada na máquina até à formação da manga.



1. Parafuso de extrusão
2. Tremonha
3. Matéria-Prima
4. Cilindro
5. Resistências de aquecimento
6. Afinador de peso
7. Fieira
8. Núcleo

Fonte: DUARTE (2017)

5.5 Injeção - sopro

Este processo é parecido com o processo citado no item 5.4, ambos são utilizados para se confeccionar garrafas, porém neste processo a pré forma já possui o gargalo pré moldado e utiliza a injeção de uma gota em sua pré forma, fazendo com que a embalagem não seja extrusada (JORGE, 2013).

Uma vantagem deste processo é que as embalagens mostram um melhor arranjo de espessura e a possibilidade de segunda moldagem ser elaborada à medida que as embalagens são aplicadas (JORGE, 2013).

Neste processo as aplicações destinadas as embalagens plásticas permitem que seja utilizadas combinações de plásticos diferentes ou até mesmo com outros materiais (JORGE, 2013).

Pode se citar como exemplo, o alumínio, ou até mesmo por cartão que permite características como proteção, soldabilidade e boa impressão (JORGE, 2013).

Estas combinações são feitas através dos processos de co-extrusão, laminação e revestimento (JORGE, 2013).

5.6 Extrusão por filme cast

Este tipo de filme apresenta características como flexibilidade, baixa resistência ao impacto e ao rasgo (JORGE, 2013).

Uma de suas vantagens é que este tipo de filme fino e não orientado apresenta um bom preenchimento para quase toda e qualquer tipo de embalagem, apresentando um bom desempenho e uma barreira que protege contra gases e vapor d'água (JORGE, 2013).

Sua principal aplicação é em embalagens alimentícias, têxteis, filmes esticáveis (utilizados em *pallets*), embalagem aderente, embalagem de papelaria e embalagens para produtos médicos (JORGE, 2013).

Além dessas utilidades, o BOPP é o recurso físico que apresenta algumas propriedades, como é o caso de conservação de alimentos, manuseio (locomoção), apresenta um aumento a resistência a tração na rigidez do material, além de apresentar boa transparência, brilho e lisura. No caso dos polímeros cristalinos, polipropileno, por exemplo, apresenta uma redução significativa da permeabilidade do vapor d'água na ordem de 50% da temperatura de orientação (JORGE, 2013).

Segundo Anyadike (2010), neste método abrange a extrusão dos polímeros fundidos por meio de uma matriz lisa para elaborar uma fina lâmina ou filme fundido. O filme então é unido a superfície de um rolo resfriado (normalmente resfriado a água e cronado) por uma rajada de ar expelido pela faca de ar ou caixa de vácuo. O filme sofre um imediato choque térmico que causa sua solidificação e, em seguida tem suas bordas refiladas (cortadas) antes do embobinamento.

Contudo, o filme plano possui atributos superiores em relação ao filme soprado, quando ocorre a troca de calor, ocasionando uma velocidade mais rápida de produção (ANYADIKE, 2010).

6 EMBALAGENS FLEXÍVEIS

6.1 Introdução

Conforme visto anteriormente nos itens 5.4 (método por extrusão sopra) e 5.6 (método por filme cast), as embalagens são compostas por um filme fino de plástico que possui capacidade de selar os produtos por meio das máquinas de envase especiais. Essas embalagens dispõem características, propriedades de selagem por pressão, fazendo com que proteja o alimento de agentes internos ou externos (JORGE,2013).

As embalagens podem ser de dois tipos: monocamadas ou multicamadas (JORGE,2013).

As embalagens monocamadas são aquelas que apresentam um só tipo de produto impresso. Já as embalagens multicamadas, apresentam mais de um tipo de material na sua composição (JORGE,2013).

O objetivo das embalagens multicamadas é formar diferentes tipos de materiais termoplásticos, além de atender demandas e exigências, como por exemplo, meios de conservação, produção, visual, custo do produto, dentre outras. Além disso essas embalagens possuem características e propriedades como: transparência, opacidade, rigidez, resistência mecânica, barreiras contra gases, umidade, dentre outros (JORGE,2013).

A composição das embalagens é realizada a partir do produto a ser fabricado, por exemplo embalagens de carnes. Essas embalagens apresentam uma boa condição de barreira contra gases e apresentam um menor custo e menor peso (JORGE,2013).

6.2 Componentes de laminação

A fabricação das embalagens é um elemento crucial para se confeccionar um produto, pois precisa ser estudada e elaborada para que o mesmo atenda as características do ambiente e seu meio de comercialização. Diante dessa

informação, será analisado o melhor material para se utilizar na fabricação das mesmas (JORGE,2013).

De acordo com Jorge (2013), os filmes flexíveis designados a alimentos não possuem uma completa proteção a oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio, luz e vapor d`água.

Quando há a fusão de dois materiais, colaboram para estrutura da embalagem, com as próprias características, como podem fornecer benefícios adicionais, como por exemplo, uma maior durabilidade ,rigidez e maquinabilidade (JORGE,2013).

De acordo com Jorge (2013), os componentes de uma laminação podem ser classificados por duas classes principais:

- Substratos, são constituídos por:

- a. Papel celofane;
- b. Polímeros sintéticos;
- c. Folhas de alumínio;

Segundo Jorge (2013), a segunda classe é a classe dos produtos aplicados depositado sobre os substratos por meio de processos específicos. Dentre eles pode se citar:

- a. Tintas;
- b. Vernizes;
- c. Hot melts;
- d. Primers;
- e. Adesivos;
- f. Resinas plásticas;
- g. Dispersões aquosas;

O papel é visto como componente mais importante no método de laminação, pois apresenta rigidez , além de apresentar baixo custo e não possuir propriedades de barreiras contra gases (JORGE,2013).

O celofane apresenta uso no método de laminação, mas devido a alguns fatores como, por exemplo, brilho, baixa permeabilidade ao oxigênio e rigidez do produto, o mesmo ao longo dos últimos anos, indicou um declínio na sua utilização (JORGE,2013).

Portanto, o celofane foi substituído pelo polipropileno biorientado (BOPP) (JORGE,2013).

Os polímeros sintéticos mais utilizados, são o polietileno e os polímeros de estireno (JORGE,2013).

Jorge (2013), informou que devido as propriedades de barreiras, se utiliza com maior aplicação, os filmes orientados, dentre eles pode-se citar o polipropileno e o poliéster. Já os filmes não orientados temos como exemplo :

- I. Polietilenos;
- II. Copolímeros;
- III. Naílon;
- IV. Polipropileno ;
- V. Policarbonato;

O alumínio é produzido através de lingotes que possuem alta pureza, que são fundidos e transformados em placas. As placas são laminadas a quente ou a frio, fazendo com que sejam obtidas espessuras que podem variar de 6 a 150 μ m (JORGE,2013).

Segundo Jorge (2013), no final do processo a folha é recozida para que se retire o óleo de laminação, se tornando pronta para os processos de colagem, impressão e outros fatores que estão ligados ao processo.

No entanto o metal é conseguido através de sua espessura das lâminas, que deve atender os critérios : > 6,351 mm, chapas (0,151- 6,350mm) e folhas (< 0,150mm). Apresenta as seguintes propriedades: atóxico, inodoro e insípido, podendo ser utilizado em contato com a maior parte dos alimentos e produtos farmacêuticos (JORGE,2013).

Quando o metal é produzido em forma de folha, apresenta algumas características, como: baixa permeabilidade a gases, vapor de água e odores. Essas

características fazem com que o metal se torne um material excelente para se usar em produtos laminados (JORGE,2013).

No caso de sua espessura, são finas e é necessário a aplicação de outros materiais, para cobrir os microfuros que se mostram presentes com bastante frequência (JORGE,2013).

Entretanto, materiais como a folha de alumínio, (será apresentada no item 6.3 a seguir), mostram aspectos brilhantes, fazendo com que quando impressos, obtêm-se efeitos com outros materiais. Este material apresenta algumas desvantagens, como: a fraca resistência ao rasgamento, não é termosselante, precisando assim de revestimentos essenciais, além de ser prejudicado por alguns ácidos fortes. Um exemplo de ácido forte que “ataca” estes materiais é álcalis (JORGE,2013).

No quadro 2 será apresentado alguns elementos utilizados no processo de laminação.

Quadro 2 - Principais características de alguns substratos presentes na laminação.

Substrato	Características
Papel Comum	Baixo custo, rigidez, resistência mecânica.
Papel glassine	Barreira a passagem de gorduras e aroma.
Celofane	Transparência, brilho, rigidez , boa maquinabilidade.
Polietileno	Baixo custo, Baixa TPVA, Termossoldável.
Polpropileno	Rigidez, baixa TPVA, brilho.
PVC	Termossoldável , boa resistência a gordura.
Saran	Barreira a gases e a umidade.
Poliéster	Resistência a tração , resistente a variações na temperatura.
Naílon	Baixa permeabilidade a gases
Alumínio	Boa aparência, baixa permeabilidade a gases e ao vapor de água.

Fonte: JORGE (2013)

As principais vantagens que o alumínio apresenta , são:

- I. Resistência a óleos e gorduras em elevadas ou baixas temperaturas (JORGE, 2013).
- II. Apresenta boa condutividade ao próprio elemento, sendo aplicado em embalagens flexíveis, podendo ser pasteurizáveis ou esterilizáveis (JORGE,2013).

Segundo Jorge (2013), os materiais laminados podem ser cedidos para comercialização em diferentes maneiras, algumas delas são em formas de bobinas, sacos já fabricados, pouches, para poder atender as linhas manuais ou semiautomáticas. Os produtos laminados atendem a especificação de armazenamento dos produtos alimentícios, onde apresentam características, como proteção, custo, maquinabilidade e fatores que envolvem o marketing do produto.

Entretanto, vale ressaltar que esse tipo de mercado seleciona os materiais laminados para que atendam especificamente as características de proteção, conforme citado anteriormente, de forma que sejam distribuídas de maneira que impeçam a onerosidade de gastos elevados com o material a ser confeccionado no processo de fabricação das embalagens (JORGE, 2013).

6.3 Filme Laminado

Segundo Anyadike (2010), os plásticos flexíveis se mostram como um elemento de suma importância na empregabilidade da indústria alimentícia, pois exibem propriedades de barreiras, que auxiliam na proteção do conteúdo em seu interior.

Entretanto, o filme que apresenta essa característica é o polipropileno biorientado, conhecido como BOPP, é aplicado nos segmentos alimentícios, pois é um filme resistente quanto a passagem de gases, como o oxigênio e vapores d`água para dentro da embalagem, evitando que ocorra algum dano no alimento,

provocando assim rancidez prejudicando sua crocância, sabor e textura (ANYADIKE,2010).

O BOPP é classificado como um filme de embalagem ativa, pois a distribuição das suas multicamadas faz com que a dispersão de gases dentro das embalagens é considerada essencial em um intervalo pequeno quando são inseridos os produtos nas quais deseja armazenar (ANYADIKE,2010).

Conforme abordado anteriormente, se aplica alguns produtos na folha de alumínio, como adesivos, vernizes, hot mells, dentre outros. A utilização desses produtos garante uma proteção para a folha e permitem uma melhor aparência. Os adesivos que são inseridos nas folhas são classificados em 3 tipos: adesivos de primeira, segunda e terceira geração. Nos itens 6.3.1, 6.3.2 e 6.3.3 será abordada suas características (ANYADIKE,2010).

6.3.1 Adesivos de primeira geração

Estes adesivos são confeccionados a partir de prepolímeros de isocianatos, são feitos a partir da reação dos elementos polioli e isocianato excedente. Esses itens dispõem ótima aderência, proporcionando uma resistência excelente em suas ligações, porém, necessitam de uma temperatura entre 90°C à 100°C, para que seja realizada sua aplicação na embalagem (ANYADIKE,2010).

Sua composição é feita através de filmes primários e secundários. O adesivo envolve o filme primário, permitindo que a umidade atmosférica reaja com o isocianato para melhorá-lo, após esse processo o filme secundário é fixado no filme primário, fazendo com que seja encaminhado para etapa de corte. Essa etapa é realizada depois que esse procedimento é feito, geralmente é executada em um período de 2 a 24 horas (ANYADIKE,2010).

De acordo com Anyadike (2010), esse procedimento pode ocasionar problemas na embalagem quando sua aplicabilidade não é feita de forma correta, alguns exemplos são: bolhas na laminação, aparência nublada em filmes transparentes e inconsistência na taxa de cura.

6.3.2 Adesivo de segunda geração

Segundo Anyadike (2010), neste tipo de adesivo estão presentes em sua formação um prepolímeros de poliuretano e um polioli de baixa viscosidade. O processo é realizado em uma unidade de dosagem, quando os elementos são conglomerados em temperatura ambiente, bombeados para o interior da estação de revestimento do laminador através de um misturador estático em linha.

Conforme apresentado no item anterior, Anyadike (2010), enfatizou que os adesivos da primeira geração podem apresentar alguns problemas durante o processo, essas questões também podem ocorrer nos adesivos de segunda geração, alguns deles são :

- I. Baixa adesividade inicial;
- II. Elevados teores de monômero residual;

6.3.3 Adesivos da terceira geração

Segundo Anyadike (2010), esses adesivos se baseiam em polímeros de poliuretano, onde apresentam pequena tenacidade, necessitando de uma temperatura de aplicabilidade de 50°C – 70°C, quando comparado com os adesivos da segunda geração exibem um tempo de cura entre 12 e 24 horas antes da etapa do corte. Os adesivos são elaborados através de um método que retira quase todo monômero de isocianato que ultrapasse os elementos do copolímero, onde obtém um grupo de adesivos mesclados com um percentual abaixo de 0,08% de isocianato livre.

6.4 Filme Metalizado

São muito utilizados no mundo, pois apresentam características ilustrosas, além de serem aplicados em diversos segmentos de embalagens, podendo ser em escala industrial ou até mesmo para decoração (ANYADikE,2010)

Esse processo consiste a aplicação de uma fina camada de alumínio em um substrato de filme. O processo é realizado no interior de uma câmara, onde alumínio aquecido evapora em um filme quando está sendo desbobinado, após este processo, o mesmo é embobinado novamente em uma elevada velocidade no vácuo, resultando em um filme mais resistente a propagação de oxigênio e vapores d'água, além de sua aparência visual ser mais chamativa (ANYADIKE,2010)

A indústria faz uso deste tipo de filme com frequência, pois podem ser aplicados para fins decorativos, ou até mesmo como vedante, dificultando a penetração de umidade nas embalagens de produtos alimentícios. Podem expor atributos vantajosos neste quesito, como por exemplo a presença de uma barreira de proteção para evitar impurezas do ambiente externo serem passadas para o conteúdo que será armazenado e exibem um aspecto visual atrativo, fazendo com que sejam reconhecidos por sua aparência (ANYADIKE,2010).

6.5 Folha de alumínio

Segundo Anyadike (2010), estes tipos de materiais apresentam três características importantes:

- a) Leveza;
- b) Fácil transformação;
- c) Apresenta boa resistência a oxidação atmosférica;

Esse material não ferroso é utilizado para produtos que serão confeccionados em embalagens rígidas, semirrígidas e flexíveis. Alguns exemplos deste tipo de produto estão apresentados no quadro 3 a seguir:

Quadro 3 - Exemplos de categorias de embalagens

Tipos de Embalagens:	Exemplos:
Rígidas	Latas de refrigerante e cerveja
Semirrígidas	Formas e bandeijas
Flexíveis	Sacos e embalagens de salgadinhos

Fonte: Autoria Própria

Algumas características que esse material apresenta na confecção de embalagens são: leveza, flexibilidade, facilidade de movimentação nos processos de corte de bobinamento, elevada condutividade térmica, ótima resistência a oxidação atmosférica e a sulfuração, material inerte, facilidade no processo de reciclagem, aspecto brilhante e atraente e utilização de acessórios, como por exemplo tampas com alça de fácil abertura (BARÃO, 2011).

Algumas desvantagens deste material é que apresenta baixa resistência a alimentos ácidos, pouca resistência mecânica, custo excessivo e problemas com soldagem a alta velocidade, o que leva a produção de latas de duas peças (BARÃO, 2011).

7 PLÁSTICOS

7.1 Principais termoplásticos utilizados

Conforme apresentado no início deste trabalho, foi explicado alguns tipos de termoplásticos e suas características. Neste item iremos ressaltar suas importâncias e suas elaborações voltadas ao método de fabricação de embalagens plásticas para distintos produtos alimentícios (BARÃO, 2011)

De acordo com Barão (2011), os termoplásticos fundamentais usados em embalagem de alimentos são o polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS) e o polietileno tereftalato (PET)

7.1.1 Polietileno

O polietileno (PE) é popular por ser o material plástico transparente mais comercializado e que apresenta um baixo preço atualmente no mundo. Sua textura 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 elementos essenciais para diversas opções de embalagem (BARÃO,2011).

Segundo Barão (2011), as principais aplicações do polietileno são:

- I. Carnes: utilizado na forma de envoltório, para carnes frescas pois exibem maior permissibilidade ao oxigênio, tanto na forma de filme como embalagens termoencolhíveis. Também são utilizados para envolver carnes congeladas, pois apresentam ótimo desempenho a baixas temperaturas (BARÃO,2011).
- II. Frutas e vegetais frescos: as embalagens destes produtos devem possuir pequenas aberturas, impossibilitando a abundância de umidades na superfície interna devido à baixa penetrabilidade ao vapor da água (BARÃO,2011).

- III. Os filmes de polietileno ,junto com outros plásticos, também são utilizados para armazenar produtos alimentícios, como por exemplo: sacos com cereais, farinhas, café, leite em pó e são usados em rótulos de produtos, como por exemplo: refrigerantes e óleos (BARÃO, 2011)

7.1.2 Polipropileno

É um plástico não transparente, com exceção em sua forma de filme, quando deformado atinge uma coloração branca ou prateada. É popular por ser leve, devido a sua baixa penetrabilidade. O polipropileno (PP) durante seu processo de confecção possibilita modificações em sua forma, o que verifica atributos diferenciados ao produto, seja em recipientes ou filmes. Na sua forma não-orientada apresenta resistência à tração duas vezes maior que a do polietileno e quando orientado essa resistência torna-se quatro vezes maior (BARÃO, 2011)

Segundo Barão (2011), pode se mencionar algumas vantagens do polipropileno na sua forma biorientada (BOPP):

- I. Amplia a barreira ao vapor de água e gases;
- II. Aumenta o desempenho mecânico;
- III. Melhora a transparência e brilho;
- IV. Aumenta a resistência ao rasgamento;
- V. Possibilita a fabricação de filme perolado.

Quando o polipropileno é coberto e metalizado amplia-se sua termossoldagem, a barreira a gases, ao vapor de água e à luz (BARÃO, 2011)

O polipropileno é aplicado nas embalagens de produtos secos gordurosos, como batata frita e salgadinhos, por exibirem elevada barreira ao vapor e gases. As bolachas também são acondicionadas em embalagens de PP, devido a sua boa aparência e alto brilho, elementos que fazem o material apropriado para alimentos que necessitam um atrativo a mais para a compra (BARÃO, 2011)

7.1.3 Policloreto de Vinila

O policloreto de vinila, conhecido também por PVC ou vinil, é arranjado a partir da polimerização por emulsão ou suspensão do cloreto de vinila. O PVC não pode ser alterado sem o aumento de aditivos na sua formulação. Entre os diversos aditivos usados para mudar os atributos do material tem-se plastificantes, estabilizantes e modificadores de colisão (BARÃO, 2011).

Segundo Barão (2011), suas características gerais são:

- I. Facilidade de processamento;
- II. Ótima barreira a gases;
- III. Pouca barreira ao vapor de água;
- IV. Ótima transparência e brilho;
- V. Boa resistência a quedas, quando utilizado como modificador de impacto;
- VI. Possui proteção a produtos químicos;
- VII. Pouca resistência a solventes;
- VIII. Pouca resistência térmica.;

Em sua forma biorientada amplia-se o desempenho físico-mecânico e sua translucidez (BARÃO, 2011).

O emprego contínuo do policloreto de vinila é na proteção de carnes estocadas, pois diminui a perda de peso e impede a descoloração, aprimorando, assim, a qualidade do alimento. As carnes acondicionadas com filmes de PVC mantêm sua cor vermelha brilhante, devido à permeabilidade do filme (BARÃO, 2011).

Entretanto, pode-se armazenar em recipientes de PVC produtos, como vinagre e água mineral, algumas empresas já estão acondicionando óleo vegetal neste tipo de embalagem (BARÃO, 2011).

7.1.4 Poliestireno

Segundo Barão (2011), o poliestireno (PS) não se utiliza em alimentos quentes ou outras aplicações a temperatura elevada, pois tem baixo ponto de amolecimento. O PS pode ser dividido em três classes:

- a) Filme endurecido ou de alto impacto: Exibe alta resistência a quedas, mas baixa resistência à tração e diminui as características de transmissão de luz, elemento que deixa o PS translúcido (BARÃO,2011).
- b) Filme biorientado: Tem alta resistência ao deslocamento e rigidez, boa penetrabilidade ao vapor da água e ao oxigênio e bom desempenho em baixas temperaturas (BARÃO,2011).
- c) Filme expandido: Conhecido vulgarmente como isopor, apresenta pequena condutividade térmica, é quimicamente estático e sólido a óleos, água e ácidos. Aplica-se nas bandejas de isopor, para embalar carnes, frutas, queijos, etc (BARÃO, 2011).

Devido a sua característica de vedação ao conteúdo, as embalagens de poliestireno podem ser usadas para armazenar ovos, frutas e chocolates (BARÃO,2011).

7.1.5 Polietileno tereftalato

O polietileno tereftalato ou PET é um polímero que detém qualidades termoplásticas, ou seja, pode ser reciclado várias vezes pelo mesmo procedimento ou por técnicas de transformação. Quando sujeito a elevadas temperaturas, esse plástico amolece, se funde e pode ser novamente modelado (BARÃO, 2011).

Pode ser aplicado nas indústrias de bebidas para a manufatura de frascos de refrigerantes e água mineral (BARÃO, 2011)

7.2 A embalagem flexível

Segundo Barão (2011), esse tipo de embalagem carece da dimensão do produto para que seja envolvido e o seu processo de fabricação seja satisfatório atendendo o público alvo (consumidores). As mesmas podem ser fabricadas de diversas maneiras, formatos, cores e matérias primas diversificadas, dentre elas pode-se citar: o polietileno de alta densidade, polietileno de baixa densidade, polietileno de baixa densidade linear e o polipropileno. Neste grupo, podem ser classificados os sacos ou sacarias, pouches, envoltórios lacrados por torção ou grampos, pouches autossustentáveis (stand-up-pouches), bandejas flexíveis que se conformam ao produto, filmes encolhíveis (shrink) para envoltórios ou para unitização, filmes esticáveis (stretch) para envoltório ou para amarração de carga na paletização, sacos de rafia, dentre outros. Demais componentes da embalagem, como os selos, rótulos, etiquetas, também são elaborados por materiais flexíveis.




No quadro 4 será apresentado as estruturas mais comuns das embalagens plásticas flexíveis e suas aplicações para cada tipo de produto:

Quadro 4 – Embalagens Plásticas para Alimento

PRODUTOS	ESTRUTURAS MAIS COMUM	CONSIDERAÇÕES
	PET METALIZADO/ADESIVO/PE BOPP METALIZADO/ADESIVO/PE PET/ADESIVO/ALUMÍNIO/ADESIVO/PE PET/PE/ALUMÍNIO/ADESIVO/PE	O café possui sensibilidade ao oxigênio, à luz e à umidade. Assim, o uso de alumínio em folhas ou metalizado no filme garante a integridade do produto.
	PPT BOPP PEROLIZADO/COLD SEAL BOPP PEROLIZADO BOPP/ADESIVO/BOPP PEROLIZADO BOPP/ADESIVO/PE ALUMÍNIO/ADESIVO/PAPEL/PARAFINA	Os chocolates são especialmente sensíveis ao calor. O BOPP perolizado ajuda a ter uma embalagem leve e funcional e ao mesmo tempo protetora.
	BOPP/ADESIVO/BOPP METAL	Para manter a crocância do alimento, a estrutura precisa protegê-lo da luz. É também injetado um gás inerte no envase para evitar a oxidação.

Fonte: BARÃO (2011)

Quadro 4 – Embalagens plásticas para alimentos (Continuação)

	<p>PET/ADESIVO/AL/PP PET/ADESIVO/AL/PE PET/METAL/ADESIVO/PE PET/PE/AL/ADESIVO/PP PET/ADESIVO/PE PET/ADESIVO/PP</p>	<p>Os produtos usados em sachês como maionese e <i>catchup</i> são facilmente degradáveis quando expostos ao oxigênio. O uso de poliéster e/ou alumínio garante a integridade dos produtos.</p>
	<p>BOOP/ADESIVO/BOPP PEROLIZADO BOOP/ADESIVO/BOPP METAL PET/METAL/ADESIVO</p>	<p>Ninguém quer comer um <i>wafer</i> murcho. Assim, a característica de "crocância" é assegurada com o poliéster metalizado. No passado era utilizado o alumínio puro laminado.</p>
	<p>PET/ADESIVO/METAL/ADESIVO/PE BOPP/ADESIVO/PE PET/ADESIVO/ALUM/PE</p>	<p>Além de não permitir que as intempéries externas alcancem o produto, a estrutura também deve evitar que gorduras e óleos migrem para fora.</p>

Fonte: BARÃO (2011)

8 EMBALAGENS PARA BISCOITOS

8.1 As embalagens flexíveis

Segundo Mota (2004), por definição, embalagem é considerada um elemento de proteção do alimento *in natura*, da matéria prima alimentar, podendo ser temporária ou permanente durante seu período de fabricação, envolvendo todas as fases do processo.

Há muitos anos, o ser humano utiliza deste recurso para obter proteção em seus alimentos, com o objetivo de alcançar um prazo maior de preservação. Ao longo dos anos, o homem percebeu que poderia se aprimorar este elemento, tornando então a possibilidade de se fabricar embalagens sintéticas e diminuindo o uso de embalagens naturais (MOTA,2004).

Esse mercado revolucionou a utilização de embalagens mundialmente, fazendo com que seu uso seja essencial na maioria de nossas atividades e necessidades. Existem inúmeros tipos de embalagens e opções, visando atender as necessidades dos consumidores, proporcionando também uma diminuição de custos, conveniência, marketing, transparência, proteção e manutenção das propriedades físico-químicas (MOTA,2004).

Assim, essa infinidade de opções fez com que as especificações dos produtos sejam essenciais para dimensionar suas necessidades de proteção, considerando sua vida útil e as propriedades logísticas de transporte e armazenamento (MOTA,2004).

8.2 O mercado de embalagens flexíveis

O setor de embalagens é o mais importante, quando se refere ao acabamento do produto, sendo o mesmo de alimentos, utensílios domésticos, eletroeletrônicos, dentre outros. Neste setor é onde o produto leva como “estampa”, a logo marca da empresa, e é a partir deste momento que o produto estará pronto para ser comercializado e ser vendido para os consumidores (MOTA, 2004).

As embalagens devem especificar os critérios do produto que está contido na mesma. No ramo alimentício, a embalagem deve abranger as informações do produto, como: data de validade, código de barras, valor nutricional informando assim, a composição do alimento que foi fabricado (MOTA, 2004).

8.3 A empregabilidade das embalagens flexíveis na fabricação de biscoitos

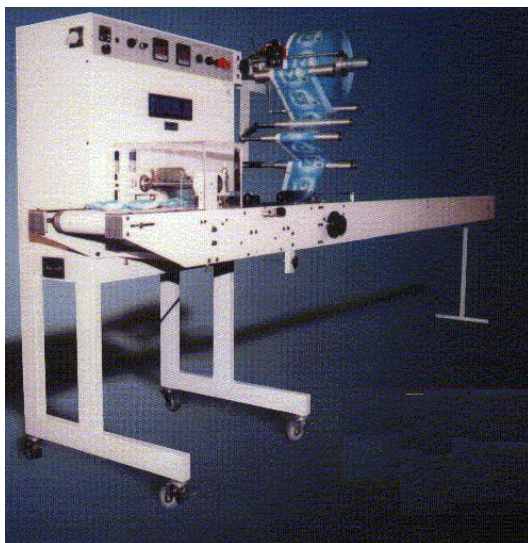
De acordo com Mota (2004), hoje em dia, a diversificação de embalagens podem ser utilizadas para atender inúmeros produtos, dentre eles pode se citar o setor de panificação, onde é encontrado filmes descartáveis, sacos de três soldas amarrados ou termosselados, sacos constituídos em equipamentos *form-fill-seal* verticais (bisnaguinhas) e em *flow packs* horizontais (bolos e torradas), bandejas termo formadas (pães, produtos de confeitaria, bolos) e em embalagens auto sustentáveis (mini torradas). Com isso, estes produtos como merendas, mini bolos e *muffins*, são armazenados em embalagens do tipo *flow pack* e a seguir, em embalagens *multi-pack* contendo várias unidades.

As embalagens para biscoitos apresentam uma grande quantidade de gorduras e sabores artificiais (aromas). Contudo, algumas embalagens possuem pouca deformação no processo de “selamento” podendo acarretar problemas como por exemplo, a transferência de oxigênio nas barreiras, ocasionando a diminuição da vida útil do produto, seu armazenamento e com isso se favorece a rancidez (gosto ruim) do mesmo (MOTA, 2004).

Portifólio ou envelope, onde a proteção mecânica é obtida pela compactação dos biscoitos, *flow pack* vertical, para biscoitos rígidos e de baixas proporções, que não são tão quebradiços mecanicamente, ou *flow pack* horizontal, muito utilizados para biscoitos retangulares, sendo um maquinário de que apresenta maior produtividade quando comparado ao portifólio (MOTA, 2004).

A seguir, nas figuras 12 e 13, será apresentado exemplos de empacotadoras *flow pack* e portifólio.

Figura 12 - Retrato de uma empacotadeira tipo *flow-pack* (embalagem secundária).



Fonte: MOTA (2004)

Figura 13 - Foto de uma empacotadeira tipo portfólio



Fonte: MOTA (2004)

8.4 Os principais filmes utilizados na fabricação de embalagens de biscoitos:

Segundo Mota (2004), e conforme explicado anteriormente no item 7, foi apresentado alguns tipos de polímeros termoplásticos para se confeccionar embalagens. Dentre eles podem ser citados como principais, o polipropileno (PP) e o polipropileno biorientado (BOPP).

A partir desta informação, Mota (2004), informou que o polipropileno apresenta características vantajosas para se confeccionar uma embalagem de biscoitos. Algumas dessas vantagens são:

- a. Transparência;
- b. Melhor filme para impressão;
- c. Barreiras contra gorduras;

8.4.1 Polipropileno

Conforme apresentado anteriormente no item 4.2, o polipropileno é um tipo de plástico muito utilizado na fabricação de embalagens para produtos alimentícios, onde seu principal atributo de identificação sua aparência colorida por fora e metalizada por dentro. Um exemplo comum que encontramos facilmente em supermercados, lanchonetes e outros estabelecimentos é a batata Ruffles, onde atende as especificações informadas acima (MOTA,2004).

De acordo com Mota (2004), o esforço de polimerizar o polipropileno, teve como resultado substâncias líquidas, oleosas e sólidos flexíveis, que não apresentavam nenhum valor comercial. No ano de 1955, foi apresentado na Itália, o sistema de catalizador estereoespecífico de *Ziegler*, onde se tornou possível conseguir o polipropileno com estrutura regular e com propriedades de interesse comercial.

Mota (2004), verificou que o sistema de catalisador intervém na disposição dos monômeros em forma de cadeia, a fim de alcançar o polipropileno em sua forma isotática, onde aponta uma estrutura regular com as classes metil situados embaixo do plano horizontal. O polipropileno isotático é considerado um polímero enrijecido elevadamente cristalino com um ponto de fusão cristalina. Em seu formato sindiotático, o polipropileno exhibe conjunto de metil, se revezando continuamente acima e abaixo do plano horizontal.

O polipropileno comercial apresenta um grau de isotacidade entre 55 à 97%, porém neste tipo de polímero quanto maior for o seu grau isotático, maior será suas

propriedades, como grau de cristalinidade, ponto de fusão cristalina, resistência e dureza, sendo que suas demais propriedades não irão se modificar (MOTA,2004).

Entretanto, os homopolímeros apresentam densidade específica de $0,9\text{g/cm}^3$ e ponto de fusão de $150\text{ }^\circ\text{C}$, além de apresentarem propriedades de proteção, como uma ótima barreira a vapor d'água, barreira mediana contra gases, boa resistência contra óleos, gorduras e produtos químicos, boa resistência a abrasão, boa estabilidade térmica, além de não ser passível ao fissuramento e a tensão (*stress cracking*). Portanto, está sujeito a degeneração oxidativa e as altas temperaturas, necessitando de antioxidantes para seu encadeamento. Porém, se não houver nenhum tipo de proteção, pode se deteriorar através da luz UV e por agentes ionizantes. Pode se ressaltar que o PP também se degrada pela irradiação (MOTA, 2004).

8.4.2 Polipropileno Biorientado

Segundo Mota (2004), o polipropileno possui características importantes quando se mostra a na forma de BOPP, onde apresenta um método físico de orientação das cadeias moleculares dos polímeros que possibilita conseguir filmes muito finos, mas com atributos apropriados para preservar e manusear, pois proporciona um aumento na resistência e na rigidez do material, aprimorando sua transparência, brilho e lisura.

Entretanto, o BOPP é aplicado na fabricação de embalagens de biscoitos, pois exhibe ótima resistência e maquinabilidade. Com esse filme é possível embalar biscoitos de formato retangular , redondos (roschas) e balas (MOTA,2004).

O BOPP expõe propriedades diferentes. Como a maioria das embalagens de biscoitos são fabricadas a partir deste material, apresenta vantagens em propriedades mecânicas, aparência e rendimento. Entretanto sua desvantagem se destaca na termossoldagem, onde se necessita de outros substratos e revestimentos em sua superfície, para que se possa realizar a sua selagem (MOTA,2004).

Algumas aplicações deste material são as embalagens de rosca monocromada ou biocamadas, para embalagens feitas de polipropileno (MOTA,2004).

As embalagens formadas por polipropileno bi-orientado são destinadas a biscoitos recheados e salgadinhos de pequena quantidade, 200 gramas, por exemplo (MOTA, 2004).

8.5 Análise de qualidade das embalagens de biscoitos

8.5.1 Avaliação Visual

Esta análise permite identificar alguns aspectos que permitem visualizar pontos associados a sua aparência e a formação da embalagem e como pode atuar em seu desempenho, seja ele físico, químico, ou até mesmo no grau de maquinabilidade e resistência, quanto sua aparência visual (MOTA,2004).

Mediante ao processo produtivo, existe possibilidade de uma quantidade de embalagem mostrar algum defeito (MOTA,2004).

Um exemplo deste tipo de problema, é devido ao mau ajuste de máquina (*Módulos ou Multipack*), gerando a reprovação total ou parcial do lote, quando não segue as respectivas especificações, entretanto este erro apresenta-se quando ocorre uma falha sistêmica durante a produção das mesmas (MOTA,2004).

Outro exemplo é a parada da aplicação dos adesivos ou da tinta de impressão. Vale a pena ressaltar que este tipo de defeito ocorre aleatoriamente no processo de fabricação (MOTA,2004).

No caso de amostragens padronizadas, são mais difíceis de identificar este tipo de defeito, pois se houver algum erro sistemático, é necessário separar uma segunda amostra de embalagens, para que se possa analisar com mais detalhes o defeito (MOTA,2004).

Se o erro persistir na análise de uma embalagem adjacente, conclui-se que se trata de um erro sistêmico, ou uma falha temporária, onde não foi identificada (MOTA, 2004).

Segundo Mota (2004), a inspeção inicial de um lote deve ser efetuada de maneira sistemática, podendo ser puramente visual. Ao final da inspeção, os defeitos devem ser classificados e o lote julgado de acordo com os critérios de aceitação e rejeição para cada tipo de defeito.

A partir destas informações, pode-se apresentar três tipos de defeitos, onde os mesmos se dividem de acordo com o tipo de gravidade. São eles: críticos, graves e toleráveis (MOTA, 2004).

- Defeitos críticos

Mota (2004), relatou que esses defeitos dificultam a embalagem de realizar sua principal função, proteger o conteúdo em seu interior de algum dano, como por exemplo a adesão incompleta da termossoldagem, dimensões fora da tolerância, gramatura abaixo do mínimo especificado, etc.

- Defeitos graves

De acordo com Mota (2004), são definidos como os defeitos que afetam o desempenho da embalagem, onde possa falhar sob stress, onde sua performance seja conveniente para as circunstâncias de armazenagem e logística, como por exemplo, a má distribuição de espessura, bolhas de ar, dentre outros. As embalagens que apresentam este tipo de defeito, podem ser utilizadas como limitações.

- Defeitos toleráveis:

Segundo Mota (2004), são definidos como os defeitos que danifica o aspecto da embalagem, porém não suas aplicabilidades de contenção e proteção. Um exemplo desse tipo de defeito é a má qualidade de impressão e rebarbas, porém, a embalagem pode ser usada normalmente sem limitações.

De acordo com o NQA (Nível de Qualidade Aceitável), os níveis de rejeição e aceitação, referente a cada tipo de defeito apresentado, variam de acordo com o tipo de embalagem e sua aplicação. Em sua grande maioria, essas especificações ficam em critério de decisão entre fornecedor e consumidor (MOTA, 2004).

8.5.2 Gramatura

Segundo Fernandes (2001), define-se gramatura como a massa de uma determinada área do material, sendo expressa por g/cm^2 .

Essa definição é associada as suas propriedades de resistência mecânica e barreira, onde um material de gramatura elevada oferece uma resistência mecânica maior, além de apresentar uma melhor proteção contra gases e vapor d'água. Deve se ressaltar que a espessura ou gramatura de um filme polimérico pode vir a influenciar nas propriedades citadas acima (FERNANDES,2001).

Essas informações são essenciais, pois o material torna-se útil para que se possa realizar um parecer de seu controle de qualidade, desempenho e embalagem (FERNANDES,2001).

Através desta análise podemos conhecer sua estrutura, quando for submetida à presença e a adição de substâncias aditivas e o rendimento da bobina (FERNANDES,2001).

A especificação de sua espessura é de 401Jm a 601Jm, a fim de realizar uma medida precisa em sua superfície, apresenta irregularidades, ou seja, não homogênea, devido a agregação do mineral, escolheu-se determinar a gramatura de filmes (FERnANDES,2001).

8.5.3 Espessura

A espessura de um material é definida pela distância perpendicular entre suas superfícies, tornando a espessura um parâmetro na fabricação das embalagens plásticas (MOTA,2004).

Segundo Mota (2004), pode se conseguir informações sobre suas características mecânica e de barreiras a gases e a vapor d'água do material, onde possa aferir a vida útil do produto a ser embalado. Além disso pode-se analisar a homogeneidade do filme, podendo ocorrer variações no material, ocasionando assim adversidades que comprometem seu desempenho mecânico e perda de barreira que atinjam a performance da embalagem.

Mediante essas explicações, o principal foco deste trabalho de conclusão de curso, conforme explicado na introdução do mesmo, é estudar os tipos de polímeros para se confeccionar uma embalagem de biscoitos, os principais procedimentos envolvidos, como por exemplo, extrusão, termoformação, injeção e extrusão por sopro, para se confeccionar a mesma, além de verificar alguns aspectos, como análise visual, gramatura, espessura e seus principais defeitos (MOTA,2004).

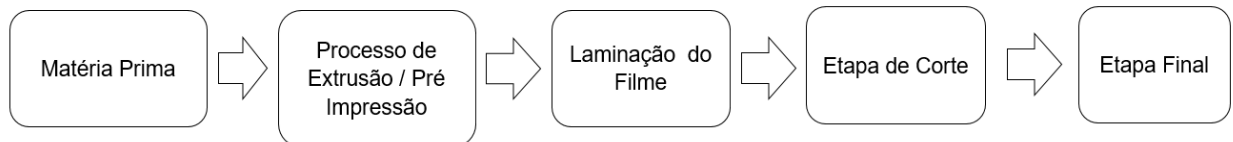
Entretanto, essas informações são de suma importância para podermos compreender melhor cada etapa do processo produtivo e os principais fatores que os envolve (MOTA,2004).

O processo de elaboração das embalagens será apresentado no item 8.6, a seguir, onde, será explicado com mais detalhes. O tipo de produto que será estudado será o biscoito cream cracker, pois através do mesmo podemos entender o processo de fabricação e a partir deste princípio, confeccionar outros tipos de embalagens para formatos diferenciados, como por exemplo, biscoitos recheados (MOTA,2004).

8.6 Elaboração de embalagens para biscoitos

No fluxograma abaixo demonstrado na figura 14, observa-se o processo de confecção das embalagens de biscoitos.

Figura 14- Fluxograma do processo de confecção das embalagens de biscoitos



Fonte: AUTOR (2020)

8.6.1 Matéria Prima

Nesta primeira etapa é onde se inicia a produção de filmes, estão localizados na área de silagem. Se houver alguma modificação nesta fase, o mesmo deve ser corrigido para que não ocasione danos posteriores no processo. Pode-se citar como um exemplo desse tipo de problema a perda de eficiência do filme em sua parte externa (CARVALHO,2008).

No processo de abastecimento, verifica-se diversos homopolímeros e copolímeros, sendo essencial um número maior de silos. Para o polipropileno reciclado, a quantidade de silos é menor, devido ao reaproveitamento do filme que não se adaptou às exigências dos consumidores. Os materiais aditivos são estocados em um armazém para que não haja danos aos mesmos com relação à humanidade (CARVALHO,2008).

Os diferentes tipos de matéria prima são transportados através de um processo pneumático para as unidades doseadoras, para que cada dose correta seja encaminhada para um misturador, equipamento composto para uma rosca que abastece permanentemente a extrusora em um compactador (Dispositivo que acondiciona o material compacto), não deixando espaços vazios (ar) (CARVALHO,2008).

8.6.2 Zona de Extrusão e Pré Impressão

Segundo Mota (2004), os biscoitos presentes no mercado, são confeccionados em filmes de polipropileno e polipropileno biorientado, onde sua resina é provida em grãos e mediante de um processo de extrusão, transformando-as em filme.

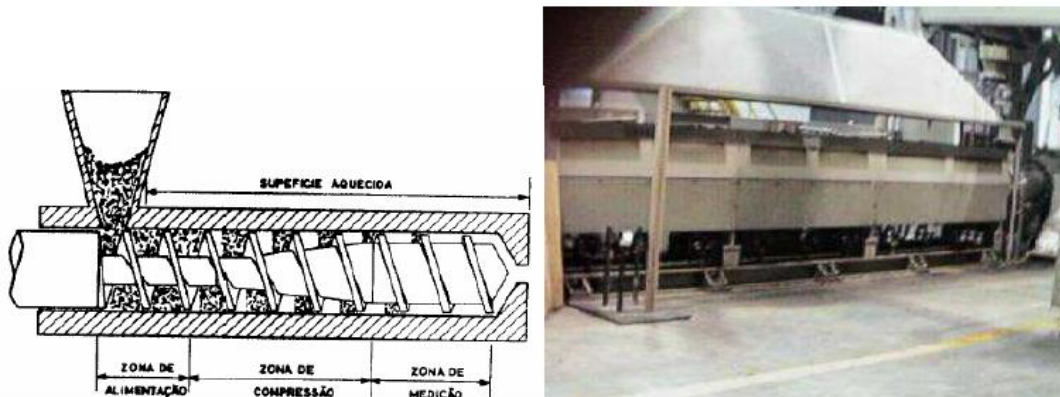
Portanto, o BOPP está munido por dois equipamentos de extrusão: unidade principal e de co-extrusão (CARVALHO,2008).

A extrusora principal é responsável por iniciar o processo através da camada central do filme constituída por homopolímero, de polipropileno, aditivos e polipropileno reciclado. No equipamento de extrusão pode se verificar a presença de três zonas:

- I. Zona de Alimentação: Responsável por conduzir os grãos para a zona de compressão, podendo dar início ao processo de plastificação, porém este último acontece em algumas ocasiões (CARVALHO,2008).
- II. Zona de Compressão: Onde ocorre a plastificação final do filme (CARVALHO,2008).
- III. Zona de dosagem: Também chamada de seção de homogeneização, é onde o material se movimenta em um sentido espiral, até o canal da rosca, misturando, homogeneizando, os aditivos também são mesclados a massa polimérica. O curso do material que já está plastificado se torna semelhante, pois o mesmo deixa a zona anterior devido a compressão em uma condição mais agitada, fazendo com que seja dividido de forma igual no cabeçote (CARVALHO,2008).

Na figura 15 mostra a representação de uma extrusora dividida nas três zonas citadas acima.

Figura 15– Divisão das três zonas no equipamento de extrusão.



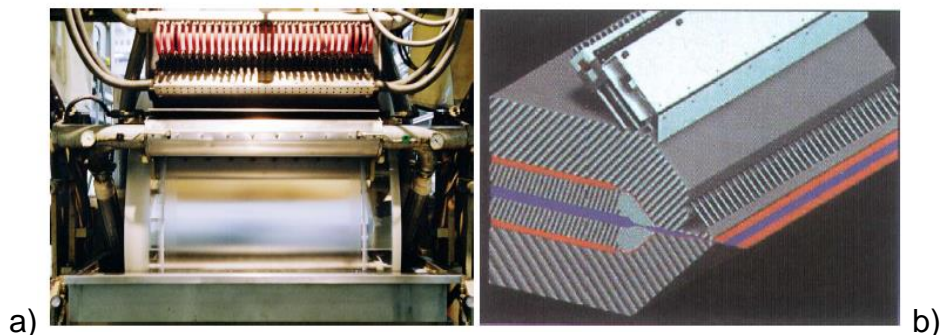
Fonte: CARVALHO (2008)

Neste tipo de equipamento as temperaturas variam entre 230°C - 290°C, gerando a elevação da fluidez da massa fundida (CARVALHO,2008).

Os equipamentos de extrusão e co-extrusão estão conectados por meio de adaptadores na laminadora. A cabeça da laminadora conduz o fundido a partir dos extrusores até os orifícios de abertura das três folhas da laminadora. Essas folhas possuem sua própria laminadora interna, apresentando uma fórmula calculada, a fim de corrigir o caimento de pressão, certificando que o escoamento do fundido seja análogo por toda a dimensão da lâmina (CARVALHO,2008).

A regulagem do perfil do fundido é feita pelos pernos do lábio flexível da laminadora (Figura 16), sendo operado de forma manual ou automático por meio do sistema de auto controle do perfil (CARVALHO,2008).

Figura 16 – Representação da boca de uma laminadora para filme plano(a) e filme de três camadas(b).



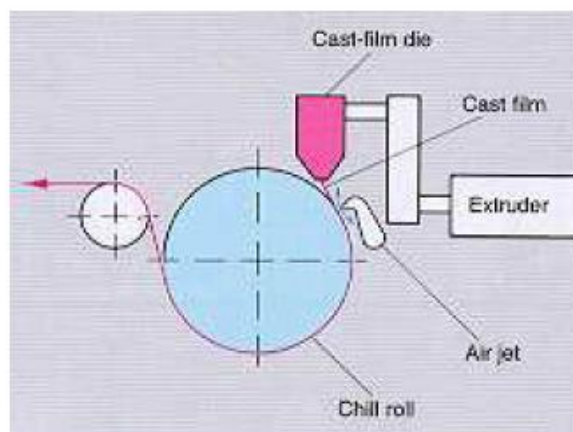
Fonte: CARVALHO (2008)

De acordo com Carvalho (2008), na seção de formação e esfriamento do filme, a laminadora o extrai e o solidifica por meio do resfriamento (CARVALHO,2008).

Neste procedimento utiliza-se um rolo (rodinho) de proporção avantajada, denominada de chill roll, que está representado na figura 17, a seguir (CARVALHO,2008).

A metodologia desse filme se baseia no uso de aparelhos instalados perto do lábio da laminadora, chamada de faca de ar, soprando o filme, forçando-o no sentido do rolo. Suas bordas laterais são consolidadas em relação ao rolo por bicos de ar, onde agem de maneira parecida com a faca de ar. O filme cosido ao rolo é transportado para um tanque, onde está presente água com sua temperatura podendo ser manipulada. Nessa etapa o filme sai do chill roll e segue para um sistema de resfriamento, onde ocorre a retirada de água que consiste em rolos feitos de borracha e jatos de ar (CARVALHO,2008)

Figura 17 – Diagrama chill roll



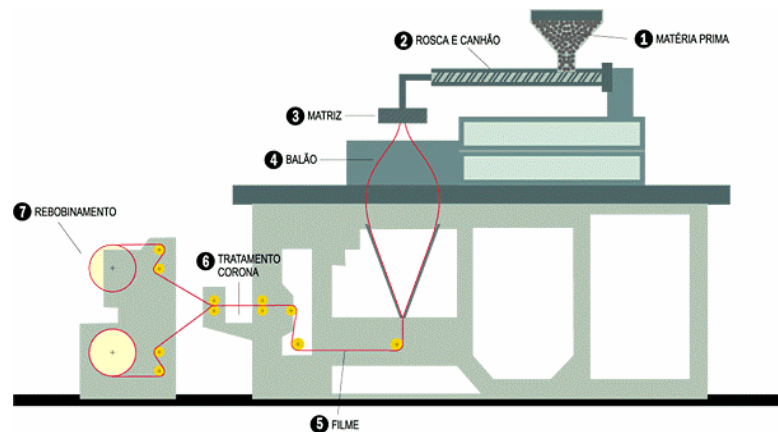
Fonte: CARVALHO (2008)

A seguir, na figura 18, é demonstrado o processo de aquisição do polietileno biorientado, onde o mesmo passa pelo processo de extrusão por filme cast (item 5.6), o equipamento denominado como extrusora, é composta de uma rosca sem-fim que gira internamente dentro de um cilindro, canhão (MOTA,2004).

Neste dispositivo, existem resistências elétricas, cujo sua função é aquecer o grupo de cilindros, onde os termoplásticos são fundidos sobre pressão, após serem homogeneizados. Segue para uma matriz tubular, onde se estabelece uma película no formato de balão para que se possa produzir o filme (MOTA, 2004).

De acordo com Mota (2004), antes de ser rebobinado, o filme é tratado com um banho corona para ancoragem de tintas, adesivos e vernizes. O filme é programado em larguras e espessuras preestabelecidas de acordo com as dimensões das embalagens do cliente. A medida padrão dessas espessuras são de 20 μ , podendo variar de acordo com o fabricante e o tipo de embalagem a ser produzida.

Figura 18 – Método de produção do polipropileno biorientado.



Fonte: MOTA (2004)

Nesta etapa as resinas de polietileno são inseridas na extrusora, fazendo com que os grãos se transformem em bobinas, após a aplicação do banho corona e a retirada das laterais do filme. As resinas passam pelos seguintes estágios: (MOTA,2004).

A resina é dosada através do sistema automático de dosagem (1), em seguida passa pelo equipamento de extrusão (2), sendo direcionada para o cabeçote (3), então a extrusão é realizada através de um grupo de cilindros denominado de chill-roll (4), onde irá passar por uma máquina que corrigirá as modificações de espessura do filme automaticamente (5). Após esse procedimento, o filme passa por um banho eletrônico, denominado de corona (6), permitindo a fixação de tintas, adesivos e vernizes. Por fim, as laterais do filme são retiradas (7),

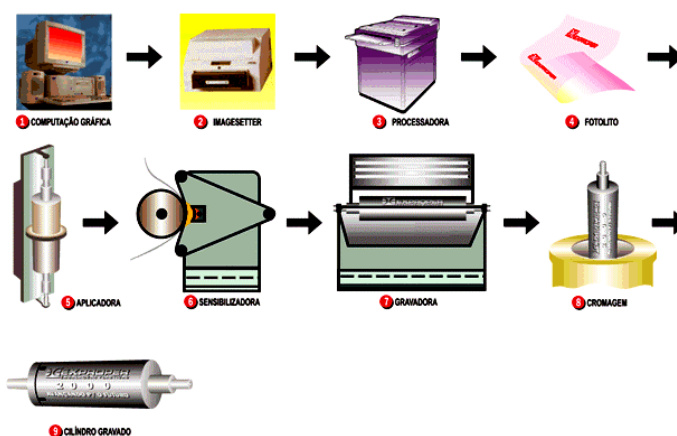
fazendo com que sejam remodeladas no rebobinador de troca automática (8) (MOTA,2004).

Após este processo, o filme segue para o processo de pré impressão, onde o mesmo passa por vários estágios, imprescindíveis para obtenção de cilindros de rotogravura, pois o processo em questão é feito através de cilindros, no qual, são compostos por cores diversificadas, em que cada cilindro apresente uma única cor, possibilitando assim o processo de impressão (MOTA, 2004).

Entretanto, a aparência, o design, o layout da embalagem, depende de empresas prestadoras de serviços para aquela marca, onde define o processo de confecção da mesma para aquele tipo de embalagem (MOTA,2004).

A seguir, na figura 19 será mostrado o esquema de pré impressão das embalagens flexíveis.

Figura 19 – Esquema de pré impressão das embalagens flexíveis.



Fonte: MOTA (2004)

Ao longo deste procedimento, pode-se verificar os seguintes passos na etapa de pré impressão:

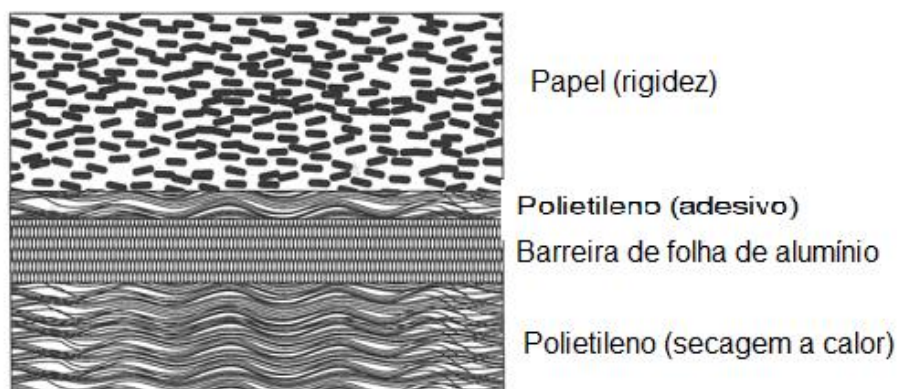
Mota (2004), observou que por meio do *imagesetter* (2), a imagem de cada cor se modifica em um fotolito (4), onde é o início do método de gravação dos cilindros. Os fotolitos, então são revelados a processadora (3), em seguida são direcionados para a etapa de grafismo do fotolito, onde são levados para um cilindro que apresenta luz ultravioleta (6). Primeiramente, os cilindros são alinhados, ilustrados empregando uma base de emulsão fotossensível ao UV (5). A seguir se

realiza a fixação química por ácido (7), entra em contato com a superfície de cobre do cilindro, construindo os alvéolos essenciais para que se possa conduzir a tinta para a impressão. Então, depois que o cilindro é gravado e cromado (8), para que seja encaminhado para o setor de estampagem da embalagem (9). Após essa etapa, os cilindros serão encaminhados para a fase de laminação.

8.6.3 Laminação do filme

O processo de laminação consiste na junção de um filme transparente de polipropileno (PP), poliéster, acetato ou náilon, tendo em sua parte superior a folha de impressão, ou outro material, conforme mostrado na figura 20, a seguir (ANYADIKE,2010).

Figura 20 – Divisão diagonal de laminação



Fonte (ANYADIKE (2010))

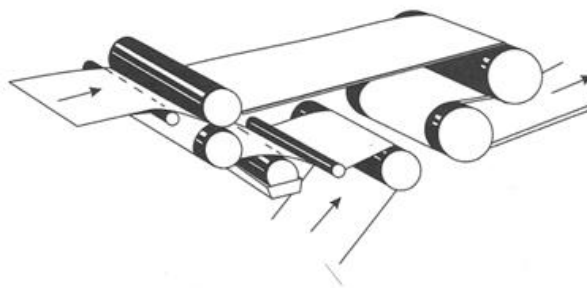
É utilizado a partir de dois processos distintos: úmido e térmico. No primeiro método utiliza-se solventes ou água, o operador coloca adesivo no filme durante a sua execução no substrato. Uma das vantagens desse recurso, é o custo ser mais barato quando comparado com o método térmico, porém pode haver exceções, por exemplo, o tipo de local que pode vir a dificultar a secagem do adesivo (ANYADIKE,2010)

Ainda neste método, ocorre a união de dois ou mais filmes para se aplicar o adesivo. Pode-se observar na figura 27 que o filme é transportado de baixo para

cima, levado em cima de um rolo adesivo na parte esquerda, conforme mostrado na figura abaixo (ANYADIKE,2010).

A figura 21 a seguir mostra um esquema do processo de laminação do método úmido

Figura 21 – Esquema de laminação pelo método úmido



Fonte (ANYADIKE (2010)

Já no método térmico utiliza-se calor, cuja temperatura está entre 121 °C - 148 °C, para se unir o filme ao substrato. O tipo de filme a ser utilizado é o pré revestido com polietileno (PE) adesivo, sendo mais caro do que o filme sem adesivo. Este método é considerado como principal, sendo sua maior desvantagem o calor que abrange o filme de poliéster e o PP, provocando então o enrolamento de peças acabadas de tempo em tempo (ANYADIKE,2010).

A fim de se evitar esse problema, são necessários os filmes livres de estiramento. Os filmes de náilon costumam ser mais caros do que outros tipos, entretanto é considerado o mais seguro (ANYADIKE,2010).

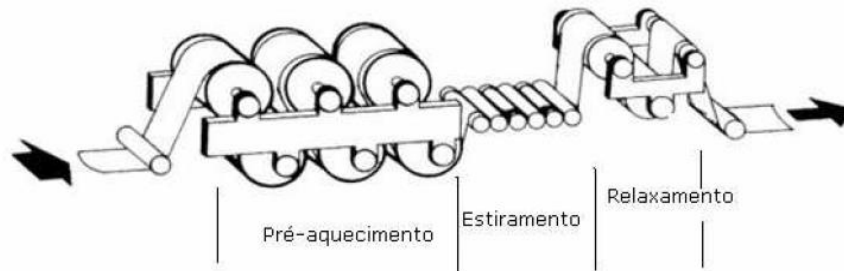
Segundo Anyadike (2010), hoje em dia os filmes que estão à disposição são os filmes que apresentam um acabamento brilhante, existindo sua versão fosca (matt).

O filme mais comum é o PP, propenso a expor um acabamento ofuscante ou embaçado, além de apresentar um custo mais elevado (ANYADIKE,2010).

8.6.3.1 Estiramento longitudinal (MDO)

Por sua vez o filme passa por uma seção de estiramento longitudinal, o equipamento é formado por três conjuntos de rolos indicado na figura 22, a seguir:

Figura 22 - Representação MDO



Fonte: CARVALHO (2008)

- I. Rolos de pré - aquecimento: São rolos que possuem enormes diâmetros, no qual o filme é esquentado até atingir sua temperatura aproximada de alongamento. Os rolos operam em velocidades quase similar e incessante (CARVALHO,2008).
- II. Rolos de estiramento: São rolos de pequeno diâmetro, onde sua velocidade é dessemelhante a etapa anterior, resultando em um prolongamento longitudinal (CARVALHO,2008).
- III. Rolos de relaxamento: Exibem o encargo de estabilizar as dimensões recém adquiridas no termo do processamento do filme dimensionado as tensões causadas ao longo do estiramento (CARVALHO,2008).

De acordo com Carvalho (2008), neste processo, o filme é conduzido por rodilhos de pré-aquecimento, onde se aquecem por meio de óleo térmico. A temperatura em questão é distribuída para cada par de rodilhos, totalizando dezoito rodilhos, conseqüentemente, nove pares e nove controladoras de temperatura.

Segundo Carvalho (2008), os seis primeiros apresentam sua face cromada, já os internos são recobertos por teflon, sendo essencial para confeccionar o filme co-extrudido. Neste envoltório se aplicam temperaturas elevadas, não exibindo ocorrências em sua junção.

Nesta região, verifica-se a presença de seis rodilhos, onde os dois primeiros operam como resfriamento, estando o alongamento longitudinal presentes no meio do segundo e terceiro par de rodilhos (CARVALHO,2008).

No MDO trabalha-se com pequenas temperaturas, a fim de minorar os rolos podendo danificar o filme. Se houver um aumento em sua produtividade, subentende-se que se deve ampliar sua temperatura, garantindo a impressão esperada no filme (CARVALHO,2008).

Com o intuito de permanecer a tensão do filme entre o *chill roll* e o MDO, encontra-se rodilhos bailadores na entrada do MDO, são colocados para monitorar a velocidade na linha de produção. Na figura 23 mostra o filme saindo do MDO para ser encaminhado para a próxima etapa, TDO (CARVALHO,2008).

Figura 23 - Saída do filme do MDO



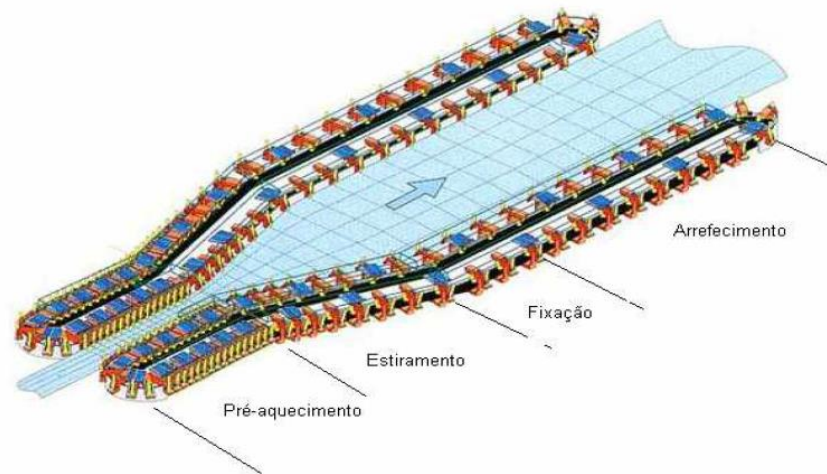
Fonte: CARVALHO (2008)

8.6.3.2 Estiramento Transversal (TDO)

Essa máquina é responsável por guiar o filme transversalmente, depois que o mesmo é conduzido longitudinalmente pelo MDO. O TDO se divide em quatro zonas, conforme mostrado na figura 24, a seguir (CARVALHO,2008).

1. Zona de pré-aquecimento
2. Zona de estiramento
3. Zona de fixação
4. Zona de arrefecimento

Figura 24- Estrutura TDO



Fonte: CARVALHO (2008)

O filme é transportado no TDO por um sistema de grampos colocados acima da correia de tração que escorre em um carril. O arranjo do carril pode ser regulado por meio de volantes que são operados manualmente e localizados no meio de áreas diferenciadas. Esses grampos apresentam a função de agarrar fortemente as bordas do filme, direcionando para as diversas zonas do TDO (CARVALHO,2008).

Segundo Carvalho (2008), o aquecimento e a refrigeração do filme são realizados através de correntes de ar que estão nas zonas de TDO repartidas em aquecimento e arrefecimento. Essas correntes são separadas igualmente para tirar o vapor que é provocado pelos aditivos. Vale ressaltar que esse procedimento é muito importante, pois se não for realizado, pode vir a causar a solidificação destes aditivos, ocasionando o gotejamento que acabam acrescentando manchas e rupturas.

Na zona de pré-aquecimento (1), a temperatura é elevada e os carris ficam equidistantes, lembrando que nessa área os carris são somente transportados e não alongados (CARVALHO,2008).

Já na zona de estiramento (2), ocorre um maior distanciamento dos carris, alongando o filme no sentido transversal (CARVALHO,2008)

Entretanto, na penúltima zona do TDO (3), o processo de tração converge literalmente em consolidar as medidas do filme por meio do relaxamento da temperatura (CARVALHO,2008).

Por fim, em sua última zona (4), o ar que se encontra a uma temperatura ambiente é soprado acima do filme, resfriando-o. Após ser resfriado, os grampos soltam o filme para ser encaminhado para o estágio de *pull roll* (CARVALHO,2008).

No entanto as bordas do filme ainda estão sendo seguradas pelos grampos, se encontram sem ser alongados, tornando-os mais firmes, por este motivo deve-se cortar suas bordas na saída do TDO (CARVALHO,2008).

Para que não seja confeccionadas sobras do material, suas bordas são aniquiladas por um moinho e reciclados, envolvendo-os para a extrusora principal. Este método é interrompido ao longo da produção. Na figura 25, mostra o alongamento do filme nesta seção permitindo o curso da etapa de reaquecimento e resfriamento (CARVALHO,2008)

Figura 25 - Alongamento do filme no TDO

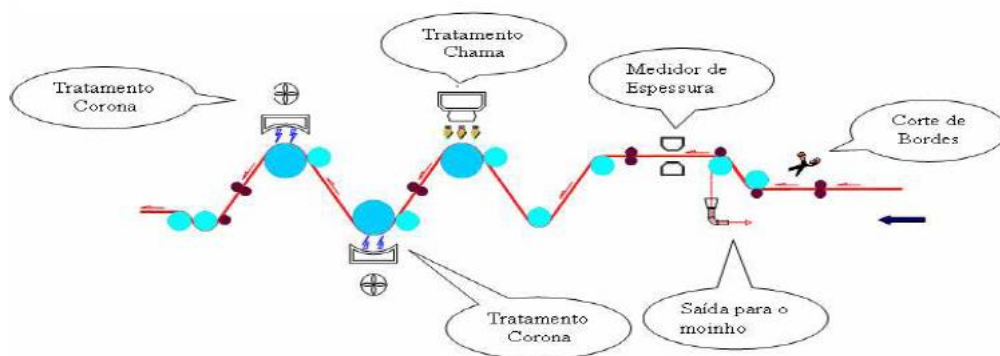


Fonte: CARVALHO (2008)

8.6.4 Pull Roll

Nesta zona de acondicionamento ocorre a finalização do processo, porém antes de ser totalmente acabado, o filme passa por um medidor de espessura, em seguida vai para a etapa de corte e receberá um tratamento superficial, corona e chama. Na figura 26, observa-se o diagrama pull roll, onde demonstra o percurso de todas essas etapas (CARVALHO,2008).

Figura 26 - Diagrama Pull Roll



Fonte: CARVALHO (2008)

8.6.4.1 Controle de espessura do filme

De acordo com Carvalho (2008), nesta fase percebe-se a presença de um equipamento móvel que se move na direção transversal quando o filme se desloca, a fim de saber qual é a medida de sua espessura. Essa análise é feita por equipamentos de raios gama ou X, onde existe um sensor que realiza essa leitura, mostrando ao operador através do painel de controle.

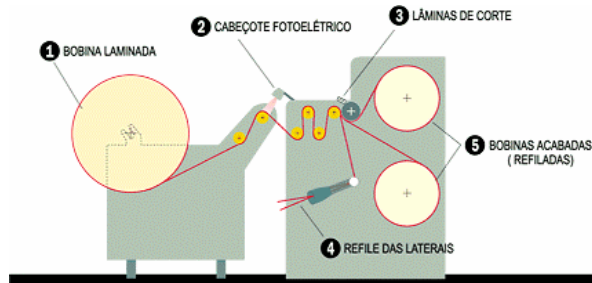
Caso ocorra alguma modificação na espessura do filme, a mesma sendo pequena, o operador intervém no processo para corrigir o erro, mas se ocorrer uma alteração que apresente uma alteração maior que o esperado, o operador deve efetuar um ajuste de forma manual, onde o mesmo se desloca até o dispositivo para atuar em cada parafuso da máquina de forma individual, reparando o ocorrido (CARVALHO,2008).

8.6.4.2 Etapa de corte do filme

Mota (2004), também verificou que o processo de *refile* faz parte do acabamento do produto, pois a bobina é desenrolada e cortada para atender a demanda de produção para cada unidade produzida de embalagem.

A figura 27 representa um esquema do processo da etapa de corte.

Figura 27 – Esquemática do processo de corte



Fonte: MOTA (2004)

Segundo Mota (2004), as etapas desse método consistem primeiramente no processamento da bobina (1), para se equiparar eletronicamente em um cabeçote fotoelétrico (2). Então, o filme é cortado (3) através de processos programados por computadores, fazendo com que suas extremidades sejam tiradas (4). Portanto o filme é rebobinado como artefato final (5), onde é envolto e transportado em seu regime líquido.

8.6.4.3 Banho Corona

Segundo Carvalho (2008), constitui-se em uma elevada descarga de alta voltagem, ultrapassando o ponto de ruptura de afastamento do ar de ordem 26KV/cm, produzindo ozônio e óxidos de nitrogênio, onde esses elementos enferrujam a face do filme plástico.

É utilizado também em materiais laminados, plásticos, papel e em materiais metálicos, como alumínio por exemplo. Neste último caso, aplica-se em uma área diferente, pois existe a presença do material dielétrico, utilizado no eletrodo de descarga e não no cilindro de tratamento. O tratamento corona é demonstrado na figura 28, a seguir (MOTA,2004).

Figura 28 – Tratamento Corona



Fonte: CARVALHO (2008)

8.6.4.4 Tratamento Chama

Segundo Carvalho (2008), esse tratamento altera a parte superior do filme ,por meio de uma chama gerada por queimadores. Vale ressaltar que este tipo de tratamento é muito forte e aguenta mais tempo quando se compara aos demais, no entanto apresenta como desvantagem a marcação de alguns filmes, prejudicando assim seu padrão visual. A figura 29 mostra esse processo.

Figura 29 – Tratamento chama

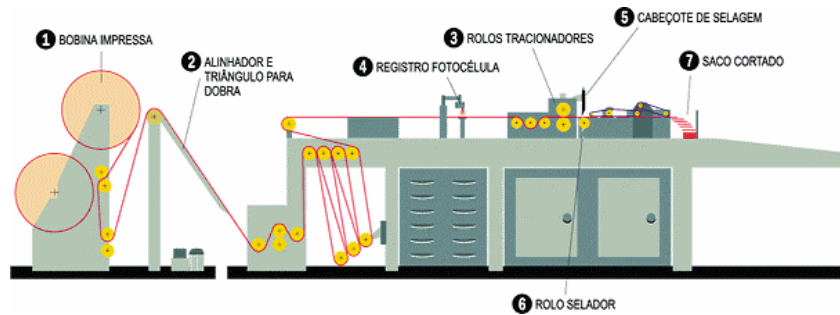


Fonte: CARVALHO (2008)

8.6.5 Acabamento Final

Este processo faz parte do acabamento do produto, a partir deste instante que o filme é transformado em sacos (Figura 30).

Figura 30 - Representação do processo de corte – solda



Fonte: MOTA(2004)

No entanto, Mota (2004), verificou que as bobinas processadas (1) se equiparam às mesmas são dobradas no desbobinador (2), entretanto, o filme é estirado pelos rolos tracionadores (3), obtendo o sinal de registro da fotocélula (4), onde se realiza o comando de estiramento do cabeçote de selagem (5). Detém de uma lâmina aquecida, onde desce por cima do rolo selador (6), realizando a confecção e o corte dos sacos no mesmo instante.

8.7 Aspectos que atuam na qualidade do biscoito

Os fatores que ajudam na proteção da embalagem dos biscoitos, se destacam por terem características próprias e propriedades que influenciam em seu processo produtivo (MOTA, 2004).

Para que se possa ter uma boa qualidade do produto final, é necessário ter uma boa matéria prima, onde a mesma apresenta características próprias que, permitem uma boa homogeneidade, manutenção, espessura, tamanho, aparência, além de poder armazenar o conteúdo sem afetar seus atributos, como por exemplo, crocância, cor, odor e sabor. Para que o produto não seja prejudicado, as embalagens relacionadas a biscoitos devem possuir barreiras contra luz, umidade,

microorganismos, insetos, por fim, a todos os tipos de contaminação, seja física, química ou biológicas (MOTA, 2004).

Segundo Mota (2004), os alimentos de baixa ação de água, ajudam o desenvolvimento microbiológico, a oxidação de gorduras, a ação enzimática, o escurecimento não enzimático, a concentração e perda do cracking dos biscoitos e salgadinhos. As barreiras e vapores orgânicos, apresentam uma grande importância na proteção dos alimentos contra contaminação de ambientes externos por cheiros incomuns, essas barreiras colaboram para preservar o aroma e o *flavour* característico do produto.

Em relação as propriedades de barreiras, Mota (2004), informou que devem possuir a especificação para cada tipo de produto alimentício, considerando assim, sua composição, forma de apresentação, conservação, meios de distribuição e sua vida útil.

Entretanto, Mota (2004), observou que a barreira à umidade pode ser descrita como taxa de permeabilidade ao vapor d'água, que se refere a quantidade de água que passa através de uma unidade relativa.

No quadro 5 a seguir podemos observar a taxa de permeabilidade de vapor de água para cada tipo de filme

Quadro 5 - Taxa de penetrabilidade ao vapor de água

Filme	TPVA(g água/(m ² .dia)) 38°C/90%UR
PVDC - AB	0,8 – 1,5
PVDC	3,4
PEAD	4,7
PEMD	12
PEBD	15,5 – 23,0
PP	11
BOPP	4,6 – 6,2
PVC rígido	14 – 77
PET	15 – 20
PA11	62

Fonte: MOTA (2004)

Quadro 5 - Taxa de penetrabilidade ao vapor de água (Continuação)

PVC plastificado	78 – 465
PS	108 – 155
OPA 6	155 – 170
PC	170
PA 6	248 – 341

Fonte: MOTA (2004)

Segundo Mota (2004), a barreira de luz é medida através da propagação de luz ultravioleta, onde é expressa como percentagem em uma área de comprimento de onda. No caso de barreiras a gordura é realizado por meio de avaliação visual ou por procedimentos que retiram a gordura inserida ao material da embalagem depois de ter o contato com o meio gorduroso.

A vida útil dos biscoitos pode ser reduzida, quando absorvem umidade, gosto ruim e problemas mecânicos. Entretanto, a embalagem apropriada deve mostrar algumas características positivas, como por exemplo: pouca penetração a vapores de água e dar uma maior proteção mecânica ao alimento contido na mesma. No caso de alimentos gordurosos, as embalagens devem conter uma barreira ao oxigênio, de preferência, escura, tendo em vista, diminuir a força da luz sob a rapidez de enferrujamento de gorduras e odor, boa maquinabilidade e resistência mecânica (MOTA, 2004).

8.7.1 Matéria Prima

Os polímeros apresentam propriedades moleculares que atuam no transpassamento, onde a difusão acontece devido a agitação definitiva, entre vácuos que se constituem no polímero, ocasionando a atuação de um gradiente de pressão e concentração (MOTA, 2004).

Mota (2004), observou que a velocidade de difusão se submete ao número de espaços não preenchidos e da facilidade de composição. Estes espaços vazios se correlacionam com o volume livre do polímero, fazendo com que essa velocidade esteja associada a rigidez das cadeias das forças de ligação no polímero.

Segundo Mota (2004), no caso de filmes revestidos, seu transpassamento se expande junto com a espessura, onde auxiliam nas propriedades de barreira do produto. Já os filmes defeituosos, se tornam referência, onde sua constante de penetrabilidade se minimiza, com o crescimento da espessura, fazendo com que as deteriorações e os micro furos do material ocasionem uma elevada taxa de permeabilidade.

8.7.2 Selagem das embalagens

Este processo é utilizado para realizar o fechamento das embalagens, são utilizados os polímeros termoplásticos(MOTA,2004)

O mal selamento de uma embalagem pode acarretar problemas físicos, químicos ou microbiológicos, portanto, alimentos que apresentam sensibilidade ao oxigênio, umidade, se afeta a vida útil do produto, mesmo quando as embalagens possuem barreiras contra vapor d'água, podem ocorrer danos à mesma (MOTA,2004).

Essa perda também pode ocorrer durante o período de transporte da fábrica até os postos de venda (supermercados, lojas, lanchonetes, dentre outras), ocasionando um tempo curto de prateleira (MOTA,2004).

Contudo, vale a pena ressaltar que o produto (alimento), deve conter o mesmo nível de proteção que a embalagem, quando selada, para que não haja problemas, pois esta condição é obrigatória, para que cumpra objetivo e um desempenho determinado (MOTA,2004).

8.7.2.1 Temperatura de Soldagem

O processo de termossoldagem apresenta características, nas quais apontam o tipo de equipamento a ser usado, utilização do calor, perfil do mordente de fechamento, dentre outras propriedades que possam ser observadas no processo de fabricação das embalagens (MOTA, 2004).

Segundo Mota (2004), alvivamente do recurso e tipo de termo soldagem, os componentes básicos desta etapa são: a temperatura aplicada ao material; pressão do mordente, tempo em que o material é submetido a ação do calor e tempo de resfriamento (quando necessário). Sendo assim, quando se determina essas combinações, tempo, temperatura e pressão, dispõe boas circunstâncias de determinado material.

Quando a temperatura fica inferior à estabelecida no processo, pode-se analisar o aumento da pressão durante um tempo. Portanto, quando a temperatura fica abaixo da faixa determinada, o aumento da pressão e do tempo não demonstrará resultado suficiente, implicando na qualidade do processo (MOTA, 2004).

Nestes equipamentos, existe uma alteração entre as temperaturas solidificada e obtida. Os maquinários mais tecnológicos apresentam uma transformação de apenas 1°C na temperatura. É de suma importância para o fechamento da embalagem, pois é através da temperatura máxima que se consegue verificar algumas anomalias no material, como por exemplo, de laminação da estrutura, deformação e perda de orientação (MOTA, 2004)

8.7.2.2 Pressão dos mordentes

Se determina a pressão dos mordentes através do ajuste da máquina. Esta pressão é empregada para que as superfícies se mantenham soldadas em um contato inerente (MOTA,2004).

De acordo com Mota (2004),o tempo de termossoldagem é determinado pela velocidade almejada na linha de produção.

8.7.2.3 Enfileiramento dos mordentes

De acordo com Mota (2004), a compressão nos mordentes é devido ao alinhamento a fim de se verificar uma soldagem mais eficaz. Pode-se ressaltar então que se as estrias dos mordentes não estiverem devidamente fixadas, o processo de selamento será defeituoso, prejudicando então a embalagem, tornando-a inadequada para se armazenar os biscoitos.

8.7.2.4 Absorção de ar das embalagens

Os equipamentos de acondicionamento de biscoitos possuem um equipamento que permite sugar o ar. Este equipamento em si apresenta uma importante função, pois expulsa o ar no interior da embalagem, fazendo com que adquira o formato dos biscoitos, fazendo com que os mordentes realizem o fechamento da mesma(MOTA,2004).

O equipamento de sucção de ar deve estar em perfeito estado para que possa funcionar de maneira correta. Entretanto, se o equipamento apresentar falhas ou não estiver funcionando, não irá conseguir realizar a vedação das embalagens com uma quantidade abundante de ar em seu interior eficientemente (MOTA,2004)

8.7.2.5 Período de aplicação do mordente

Segundo Mota (2004), os mordentes devem ser subjulgados em uma pressão definida, pois são utilizados frequentemente no processo de produção, onde são apresentados alguns desgastes em suas estrias, ocasionando então que fiquem lisas, fazendo que a soldagem se torne ineficaz.

8.7.3 Atuação funcional

Segundo Mota (2004), os operadores que realizam os procedimentos de empacotamento dos biscoitos, possuem uma importância na confecção das embalagens, entretanto os mesmos apresentam conhecimento no processo de selamento e suas características, etapas e parâmetros, como por exemplo, temperatura, pressão, velocidade e no processo mecânico, para que não se acarrete perdas de embalagens e de biscoitos, para que se possa manter a qualidade do produto.

9 CONCLUSÃO

De acordo com que foi pesquisado, conclui-se que os principais polímeros termoplásticos utilizados na fabricação de embalagens e propiciam características que beneficiam na confecção da mesma são: o polipropileno (PP) e o polipropileno bi-orientado (BOPP), onde o BOPP apresenta propriedades que auxiliam no processo de produção.

O BOPP se destaca por apresentar melhores características e especificações, como: apresentação, conservação, meios de distribuição (logística) e a vida útil do alimento no processo de estocagem. Além disso, pode se observar que no processo de fabricação dos biscoitos, apresenta-se propriedades importantes presentes, como é o caso da análise visual, sua espessura, sua gramatura e o processo de selamento da embalagem.

Entretanto, o processo de produção da embalagem, por extrusão e filme *cast*, propiciam uma melhor elaboração das embalagens, além de um excelente acabamento do produto através dos métodos de impressão, laminação, corte e selagem.

Conclui-se definitivamente que o processo de fabricação de embalagens metalizadas é essencial para fabricação de produtos alimentícios, pois suas características apresentam benefícios para ambas as partes, fabricante e consumidor, onde as mesmas são leves, apresentam uma proteção contra luz e vapor d'água, sem afetar o sabor do alimento, sua crocância e seu odor, além de serem fáceis de fabricar e possuírem um baixo custo de confecção.

REFERÊNCIAS

ANYADIKE, Nnamdi. **Embalagens flexíveis**. Editora Blucher, 127 f. 2010.

ABIPLAST (Associação Brasileira de Indústria do Plástico). **Processos De Transformação Para Materiais Plásticos**. <http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/apresentacao_sobre_transformacao_vf.pdf> , 2014. Acessado: fevereiro 2020

BARÃO, Mariana Zanon. Dossiê técnico – BRT Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – Embalagens para produtos Alimentícios. **Instituto de Tecnologia do Paraná TECPAR**. 31 f. Agosto, 2011.

CANEVAROLO JR, Sebastião V. Ciência dos polímeros. **Artiliber editora**, São Paulo, p. 110-115, 2002.

CARVALHO, Lídia Barbosa. Produção de polímero bi-orientado (BOPP): Tecnologias e Aplicações. Dissertação Engenharia Química. Instituto Politécnico de Bragança. 44p. 2008

DUARTE, João David Rosa. **Acompanhamento e estudo dos processos de injeção, extrusão e sopro na empresa Logoplaste**. p.41-45, 2017. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

FERNANDES, Ticiane Denise Barbosa et al. Desenvolvimento e caracterização de filme polimérico ativo para embalagens de frutas e hortaliças. p.48, 2001.

GONÇALVES, Alex Augusto; PASSOS, Marcelo Gonzalez; BIEDRZYCKI, Aline. Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. **Estudos tecnológicos**, v. 4, n. 3, p. 271-283, 2008.

HARPER, Charles A. **Handbook of plastic processes**. John Wiley & Sons, 743 f. 2006.

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

LUCAS, Elizabete F.; SOARES, Bluma G.; MONTEIRO, Elisabeth EC. Caracterização de polímeros: determinação de peso molecular e análise térmica. **Editora E-papers**, p. 11-366, 2001.

MOTA, Lílian Rosa. **Controle de qualidade de embalagens flexíveis para biscoitos**. Dissertação Engenharia de Alimentos. 161 f. Universidade Católica de Goiás, 2004.

.

SOARES, Eufemia P. et al. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros**, v. 12, n. 3, p. 206-212, 2002.