

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ÉDSON TADEU ZANATELLI JÚNIOR**

**CONFECCÃO DE MOLDE PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS E UTILIZAÇÃO DE  
SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E CORREÇÃO**

**Varginha**

**2014**

**ÉDSON TADEU ZANATELLI JÚNIOR**

**CONFECÇÃO DE MOLDE PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS E UTILIZAÇÃO DE  
SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E CORREÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira

**Varginha**

**2014**

**ÉDSON TADEU ZANATELLI JÚNIOR**

**PRODUÇÃO DE MOLDE PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS E UTILIZAÇÃO DE  
SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E CORREÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré requisito para obtenção do grau de bacharel sob, sob a aprovação da banca.

Aprovado em:     /     /

---

Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira

---

---

---

Obs:

Dedico este trabalho, primeiramente à Deus pois foi ele quem me guiou e me guia em momentos difíceis e a todos que contribuíram de alguma forma para que se concretizasse este trabalho com empenho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos professores, aos colegas, a minha família e esposa por terem me ajudado e me aconselhado a sempre não desistir dos meus objetivos.

## RESUMO

Este trabalho apresenta os tipos de injeção com polímeros mais usados em fábricas para obtenção de peças conforme seus métodos, processos em satisfação de clientes exigentes, afim de demonstrar como são preparados para a formação em moldes, como devem ser projetados e a simulação da injeção nos mesmos com o intuito de corrigir bolhas e frentes de temperaturas ou linhas de soldas, para sanar problemas que venham acontecer na construção da ferramenta de moldagem, contudo, admitido o porta molde para a extração correta da peça. O trabalho também compreende em identificar tipos de polímeros mais usados para conformações industriais na área automobilística e com a projeção de peças já produzidas para carros atuais, formar o molde e simular a sua injeção em software. Contudo outra principal ideia deste trabalho é mostrar o processo de injeção plástica e propostas para melhorar o fluxo de comportamento do polímero dentro do molde.

Palavras-chave: Injeção de plástico e tipos de injeção. Simulação de injeção por software. Construção de moldes e porta-moldes.

## **ABSTRACT**

*This paper presents the types of injection with polymers commonly used in factories to obtain parts as its methods, processes satisfy demanding customers, in order to demonstrate how they are prepared for training in molds, how they should be designed and the simulation of injection in thereof in order to fix bubbles and temperature fronts or lines welds to remedy problems that may occur in the construction of the molding tool, however, permitted the mold base for correct extraction of the part. The work also includes identifying the types of polymers used for industrial conformations in the automotive area and the projecting parts already produced for cars today, form the mold and simulate their injection software. Yet another main idea of this work is to show the process of plastic injection and proposals to improve the flow behavior of the polymer into the mold.*

*Keywords: Plastic injection and injection types. Injection simulation software. Construction of molds and mold bases.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01: Moldagem por sopro.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 02: Moldagem através de vazamento.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 03: Moldagem de fiação por fusão.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 04: Moldagem por compressão.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 05: Moldagem por injeção.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 06: Moldagem através de calandragem.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 07: Moldagem através de extrusão.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 08: Moldagem através de termoformação.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 09: Moldagem através de fiação seca.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 10: Moldagem através de fiação úmida.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 11: Moldagem através de imersão.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 12: Construção típica de molde de duas placas.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 13: Esboço de máquina de moldagem convencional.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 14: Representação de entrada lateral.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 15: Gráfico de pressão na cavidade.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 16: Tampa de roda e distribuidor de água.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 17: Molde com a peça.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 18: Molde feito através do produto.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 19: Conexão “T” de água (Polipropileno).....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 20: Simulação de injeção completa.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 21: Linhas de Solda em Amarelo.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 22: Bolhas de ar em majenta (Plano Isométrico).....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 23: Bolhas de ar em majenta (Plano Direito) .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 24: Área de comando do software.....</b>	<b>42</b>



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 POLÍMEROS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Classificação dos Polímeros.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Condições Para Formar um Polímero.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Termoplástico e Termorrígido.....	14
<b>2.3 Plástico e Polímero.....</b>	<b>14</b>
<b>3 TIPOS DE MOLDAGEM.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Moldagem por Sopro.....</b>	<b>16</b>
3.1.1 Descrição do Processo.....	16
3.1.2 Variação do Processo.....	17
3.1.3 Materiais Utilizados.....	17
3.1.4 Produtos.....	18
<b>3.2 Moldagem por Vazamento.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Fiação por Fusão.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Compressão.....</b>	<b>20</b>
<b>3.5 Injeção.....</b>	<b>21</b>
<b>3.6 Calandragem.....</b>	<b>22</b>
<b>3.7 Extrusão.....</b>	<b>23</b>
<b>3.8 Termoformação.....</b>	<b>24</b>
<b>3.9 Fiação Seca.....</b>	<b>24</b>
<b>3.10 Fiação Úmida.....</b>	<b>25</b>
<b>3.11 Imersão.....</b>	<b>26</b>
<b>4 MOLDES DE INJEÇÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Classificação dos Moldes.....</b>	<b>38</b>
4.1.1 Moldes para Materiais Termoplásticos.....	38
4.1.2 Moldes para Materiais Termofixos.....	38
<b>4.2 Tipos de Moldes de Injeção.....</b>	<b>39</b>
4.2.1 Funcionamento Geral dos Moldes.....	31
4.2.1.1 Fechamento.....	31
4.2.1.2 Injeção e Pressurização.....	31
4.2.1.3 Recalque.....	32
4.2.1.4 Resfriamento.....	32
4.2.1.5 Abertura e Extração.....	32
4.2.1.6 Tempo de Pausa.....	32
<b>4.3 Construção de Ferramentas.....</b>	<b>33</b>
4.3.1 Contração.....	33
4.3.2 Conicidade.....	34
4.3.3 Canais de Injeção.....	35
4.3.4 Tipos de Aços para Fabricação de Moldes.....	36
4.3.5 Cálculo de Força de Fechamento do Molde.....	37
<b>5 PROTÓTIPO DE MOLDE.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1 Construção do Molde.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2 Simulação de Injeção no Software.....</b>	<b>41</b>

<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Há muitos anos o plástico vem sendo utilizado em amplos setores, contudo a sociedade alheia desconhece como são feitos os moldes para sua ampla obtenção de peças geométricas e desconhece os tipos de materiais para fazer os moldes junto com o seus cálculos de tensões. Com isso este trabalho pretende mostrar o processo de injeção de plástico de forma detalhada e como são feitos os moldes usando software para dimensionar e calcular tensões afim descobrir qual material mais adequado para execução.

Na transformação de polímeros (nome dado às propriedades providas do plástico), o processo de modelagem por injeção é um dos mais usados e que tem maior importância. Tal ocorrido se dá a maior fabricação de produtos com geometria complexa, com baixo custo e produção em grande escala.

Dentre suas características, sua aplicação vai desde a indústria de utilidades domésticas até a aeronáutica.

O trabalho em si, pretende provar e fornecer dados de componentes e esclarecer detalhes da ferramenta entendendo como o plástico é extraído, processado e tratado para a função de extrusão e definir os tipos dos mesmos.

A expansão na modelagem de plástico, na prática está mais adiantada do que a literatura técnica disponível. Por outro lado é igualmente notada a ausência de publicações sobre os princípios fundamentais do projeto de desempenho dos moldes. Tais trabalhos quando publicados são, na maioria, de natureza geral ou cobrem certos dispositivos específicos.

Como as empresas utilizam-se de programas e softwares complexos para produção de moldes e posteriormente peças ilimitadas, como podemos produzir moldes e provar suas tensões com ferramentas de baixo custo e que são disponibilizadas, demonstrando todo seu potencial produtivo de forma transparente? Este trabalho se justifica na prova disto.

Existem vários softwares que são muito utilizados para cálculo de tensões e para desenho e dimensionamento de peças, este mesmo foi utilizado um em plataforma 3D para simular tensões e produção de moldes que suportem cargas térmicas afim de se obter menor custo e qual tipo de propriedade de molde adequado para cada ação, além de mostrar processos de injeção de plástico.

Os processos que se utilizam de moldes de injeção são usados conforme a fundição de materiais, no caso do plástico temos a injeção sob pressão e injeção por sopro, como é o caso de recipientes PETs. Com o projeto de injeção em moldes, fica mais fácil de realizar

tarefas de como suprir a carga industrial e mostrando como é desenvolvida as formas geométricas, até mesmo para um cliente se interessar juntamente com a empresa podendo até fazer reivindicações em projetos.

Por tanto, a pesquisa se justifica por mostrar ao cliente como seu produto é processado, mostrando suas etapas e possibilidades personalização de produtos, contudo mostra como projetar o molde e suas possíveis correções para sua melhor performance.

## 2 POLÍMEROS

Em afirmação de Mano e Mendes (1999 pag.3), polímeros representam imensa contribuição química no desenvolvimento do século XX. Em meados de 1920, Staudinger um trabalho, embora sem provas, que a borracha natural e outros, eram materiais de moléculas de cadeias longas, e não agregados coloidais de pequenas moléculas, com pensava-se. Por tanto, somente em 1928 os cientistas reconheceram que os polímeros eram de elevado peso molecular, pois naquela época a inexistência de métodos adequados não permitiam que moléculas muito grandes fossem distintas e definidas com precisão. Por esta razão existia a expressão “high polymer” que indicava que o composto tinha peso molecular elevado.

De acordo com Berzelius (2008), a palavra *polímero* descende do grego e significa  *muitas partes*, foi sua criação em 1832 destinada para diferenciar compostos de pesos moleculares múltiplos de isômero, indicado para comostos de mesmo peso molecular porém de estruturas diferentes, como acetileno e benzeno.

### 2.1 Classificação dos Polímeros

Segundo Mano e Mendes (1999, pag. 13), os polímeros classificam-se em dez itens, ver quadro abaixo:

Quadro 01: Classificação de Polímeros

<b>Critério</b>	<b>Classe do Polímero</b>
Origem do Polímero	Natural; Sintético
Número de monômeros	Homopolímero; Copolímero
Método de preparação do polímero	Polímero de adição; Polímero de condensação; Modificação de outro polímero
Estrutura química da cadeia polimérica	Poli-hidrocarboneto; Poliamida; Poliéster, etc.
Encadeamento da cadeia polimérica	Sequência cabeça-cauda; Sequência cabeça-cabeça, cauda-cauda
Configuração dos átomos da cadeia polimérica	Sequência cis; Sequência trans
Taticidade de cadeia polimérica	Isotático; Sindiotático; Atático
Fusibilidade ou solubilidade do polímero	Termoplástico; Termorrígido
Comportamento mecânico do polímero	Borracha ou elastômero; Plástico; Fibra

Fonte: Mano e Mendes (1999, p.14)

## 2.2 Condições Para Formar um Polímero

Segundo Mano e Mendes (1999, pag. 16), se dá origem ao polímero através de uma micromolécula que possua uma funcionalidade de dois sítios suscetíveis de permitir o crescimento da cadeia. Quando a substância tem grupamentos que permitem o crescimento por apenas um ponto, não é gerado o polímero mas se houver dois, assim é gerado o polímero resultante de cadeia linear com ou sem ramificação e comportamento termoplástico. Quando os grupos funcionais conterem ligações por três ou mais, resultará em ligações cruzadas com estrutura reticulada e comportamento termorrígido. Isso explica uma condição necessária mas não suficiente, os polímeros são moléculas complexas para o mesmo monômero e com varias condições reacionais, podem ser obtidos materiais com variações significativas no peso molecular e assim, além das substâncias conhecidas de monômeros, outras podem surgir nas pesquisas com condições necessárias a polimerização.

A indústria vem preferindo o número limitado de monômeros para produção em uso geral e a maioria são de origem petroquímica conforme os processos de fabricação, outros são empregados apenas quando as características do polímero são especiais. No quadro abaixo estão a relação dos monômeros olefínicos mais importantes.

Quadro 02: Monômeros Olefínicos Importantes

					
		Substituintes			
Polímero	Monômero	-R	-R'	-R''	-R'''
PE	Etileno	-H	-H	-H	-H
PP	Propileno	-CH <sub>3</sub>	-H	-H	-H
PS	Estireno	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	-H	-H	-H
BR	Butadieno	-CH=CH <sub>2</sub>	-H	-H	-H
IR	Isopropeno	-C(CH <sub>3</sub> )=CH <sub>2</sub>	-H	-H	-H
PVC	Cloreto de Vinila	-Cl	-H	-H	-H
CR	Cloropreno	-C(Cl)=CH <sub>2</sub>	-H	-H	-H
PAN	Acrilonitrila	-CN	-H	-H	-H
PAA	Ácido Acrílico	-COOH	-H	-H	-H
PBA	Acrilato de Butila	-COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	-H	-H	-H
PVAc	Acetato de Vinila	-OCOCH <sub>3</sub>	-H	-H	-H
PIB	Isobutileno	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>	-H	-H
PMMA	Metacrilato de Metila	-COOCH <sub>3</sub>	-CH <sub>3</sub>	-H	-H
PVDC	Cloreto de Vinilideno	-Cl	-Cl	-H	-H
PTFE	Tetraflúor-etileno	-F	-F	-F	-F

Fonte: Mano e Mendes (1999, p.17)

“Ainda estão relacionados os monômeros mais importantes como, di-hidroxiolados, epoxídicos, amimados, monocarbonilados, dicarbonilados, aminocarbonilados, isocianatos e aromáticos.” (MANO; MENDES, 1999, p.21).

### 2.2.1 Termoplástico e Termorrígido

“Através das características de fusibilidade ou solubilidade, que abrigam a escolha de processamento tecnológico adequado, os polímeros podem ser agrupados em termoplásticos e termorrígidos. Os polímeros termoplásticos fundem por aquecimento e solidificam por resfriamento, em um processo reversível. Os polímeros lineares ou ramificados pertencem a esse grupo, estes podem ser dissolvidos em solventes adequados. Os polímeros termorrígidos, por aquecimento ou outra forma de tratamento, assumem a estrutura reticulada, com ligações cruzadas tornando-se infusíveis”. (MANO; MENDES, 1999, p.14)

### 2.3 Plástico e Polímero

Segundo Silva M. C. (2010, p.4), os polímeros são grandes cadeias que ao unirem-se são chamados de plástico e são formados por processo de polimerização. Os polímeros se conhecem por macromolécula composta por unidade chamada de Mero que significa um após o outro unidos por uma circunferência. Polímero (*Poli = muitos, mero = repetição*).

Conforme Silva M. C. (2010, p.6), a história dos polímeros começa nos primórdios da humanidade, pois naquela época, usavam-se a lã, a seda, o algodão, os chifres para formar pentes e botões, etc, e em 1870 John Wesley Hyatt processou uma solução de álcool com nitro celulose e cânfora a uma alta pressão e criou o celuloide, produto que confeccionava as bolas de bilhar da época, que em seguida passou a transforma-se em acetato de celulose, ocorrendo uma procura de materiais sintéticos até resultar em celofane em 1892 e caseína de 1897. Com o avanço de estudos nesta área e nesta época, houve uma busca para fibras naturais para obtenção de seda artificial, um pouco antes, Chardonett iniciou o estudo de produção de uma seda artificial de nitro celulose, havia um problema nesta que era inflamável. A partir do algodão Despeissis, conseguiu um tipo de raiom em meados de 1890, e em 1892 Ross e Bevem conseguiram produzir a viscose a partir do mesmo.

O grande avanço foi dado por Leo Hendrik Baekeland em 1907, na procura de se desenvolver produtos de boa qualidade. Assim desenvolveu a baquelita que por sua vez consegue o formaldeído consegue unir os anéis de fenol em três polímeros tridimensionais, partindo da reação da condensação destes monômeros, o baquelita pode ser moldado e

solidificado produzindo diversas peças resistentes ao calor, tais como peças de carros e utensílios em geral. Depois desta invenção, desencadeou-se uma classe completa de plásticos semelhantes entendidos como resinas de fenol, dentre outros.

Em afirmação de Silva M. C. (2010, p.8), “Todos os plásticos são polímeros, mas nem sempre todos os polímeros são plásticos”. Dentre os mais cita-se os amidos, proteínas e DNA, que não intitulam-se plásticos (polímeros dos açúcares, polímeros dos aminoácidos e polímeros dos nucleotídeos). Constroem-se polímeros de diversas maneiras, assim como homopolímeros e copolímeros, sendo que os homopolímeros são unidos de polímeros iguais como o exemplo de polietileno PE, poliestireno PS, polipropileno PP, cloreto de polivilina PVC. Já os copolímeros são chamados assim por serem constituídos de diferentes monômeros, um exemplo deste é o etileno-acrílico. Há ainda os que possuem três tipos de monômeros chamados de terpolímeros.



### 3 TIPOS DE MOLDAGEM

Segundo Mano e Mendes (1999. p.66), os processos de moldagem se dividem nos itens mais comuns listados a frente, pois, existem outros meios complexos de obtenção de forma de material. De uma forma geral, divide-se em dois grandes grupos, conforme a fluidez da massa obtida por aquecimento e pela adição de um líquido.

#### 3.1 Moldagem por Sopro

Segundo Whelan (1999. p. 11), este tipo de moldagem existe para construir artigos ocios fechados, processo pelo qual foi inicialmente desenvolvido para indústria de vidro, mas que hoje é utilizada extensamente na indústria de plástico, sendo limitada a materiais termoplásticos como o PE, PVC, PEEL, etc. (vide abreviações de materiais na tabela 1. Dois processos são mais utilizados na produção de componentes plásticos, que são a moldagem por extrusão (EBM) e a moldagem por injeção (IBM).

##### 3.1.1 Descrição do Processo

Define-se a produção para o processo de moldagem por sopro como os seguintes componentes:

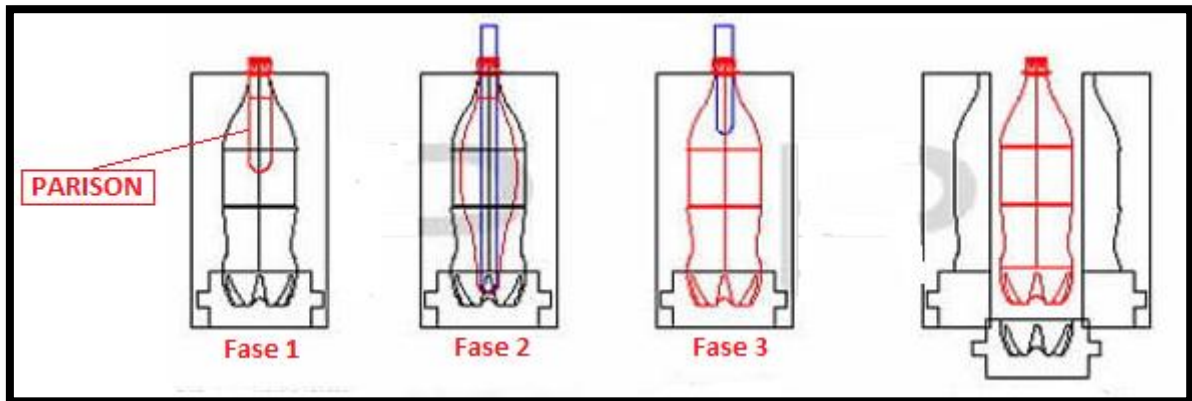
- (I) Máquina de produção utilizada para produzir plástico fundido (Extrusora ou Máquina de Injeção).
- (II) Sistema para formar o parison.
- (III) Molde de sopro.

Parison entende-se por uma mangueira formada, que deposita-se dentro de um molde de sopro que se fecha por toda sua volta para posteriormente se aquecer e inflar contra as paredes do molde, com isso, adquire-se a forma para ser refrigerada e expelida. Em alguns casos o forma necessita-se de um acabamento ou rebarbamento, porém, com a automatização, programam-se robôs afim de fazer este acabamento, dentre impressão e etiquetagem, quando utilizados na furação e frezagem.

Segundo a Industria Hoje, o parison resulta-se do processo de extrusão onde o material é empurrado através de transportadora helicoidal, no que faz passar-se por zonas de aquecimento transformando-se em pasta maleável. Este material distribui-se no perfil do

molde e prende-se por um pino de sopro, que aciona-se por meio de um compressor assumindo a forma desejada.

Figura 01: Moldagem por sopro



Fonte: Indústria Hoje (2013)

### 3.1.2 Variações de Processo

Pode-se apresentar uma variação durante a operação do processo, peças maiores ou menores com deformações, com isso disponibiliza-se alternativas para a correção que podem pré-soprar o produto antes de ser colocado no molde e ser ejetado do mesmo, pode-se rebarbar o artigo antes de ser ejetado, etiqueta-se o artigo antes da ejeção e pode-se tratar o artigo para ficar mais impermeável contra gases e líquidos. Para este último disponibiliza-se o tratamento por fluoração ou enxoframento.

### 3.1.3 Materiais Utilizados

Ainda segundo Whelan (2009, pag.12), a indústria de moldagem por plástico desenvolveu-se na utilização de polietileno de baixa densidade (PEBD), posteriormente planejou instalações para utilização de outros materiais, dentre os que mais dominam a indústria, o polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP) são utilizados largamente. Outros materiais são utilizados de grande importância para indústria, dentre estes entende-se o UPVC (PVC não plastificado) e polietileno tereftalato (PET).

Adéquam-se materiais termoplásticos para uma variada aplicação, pois em alguns casos são limitados mas em outros casos, a desapropriação acontece devido ao plástico ser permeável, que permite-se o vazamento do produto ou a penetração do ambiente como oxigênio. Supera-se este problema com o aumento de espessura da parede do artigo ou

modificando-se a microestrutura do material utilizando a combinação de materiais. Um tipo de combinação entende-se por um parison envolvido por outro melhorando-se a resistência.

### 3.1.4 Produtos

Segundo Whelan (2009, pag. 19), o mercado para indústria automotiva é significativo neste tipo de extrusão e tem uma enorme aplicação na confecção de para-choques, em outro ramo a extrusão por moldagem e sopro confere-se em produtos variados, pois os processos e materiais estão em constante desenvolvimento, sendo que a maioria destes componentes são conhecidos entre jarros, frascos, bolas, brinquedos, etc.

Em se tratando de poluição ao meio ambiente, tem-se alguns recipientes projetados para aderirem a um selo reaproveitável, tais produtos tem sua aplicação na indústria alimentícia e os materiais processados para esta finalidade são Pead, Pelbd, Pp e Tps.

Para recipientes de grande porte, utiliza-se um plástico de alto peso molecular, para se obter propriedades requeridas, estes casos empregam-se em recipientes de grande porte, do tipo galão de 4 Litros, com isso utiliza-se a moldagem por extrusão e sopro por acumulação. Este tipo de moldagem pode ser mais econômica que o modelo de injeção por se utilizar de forças menores e emprega-se o polietileno de alto peso molecular e alta densidade como o Apm-pead.

Quadro 03: Temperatura para ferramenta de sopro

<b>Qualidade do Material</b>	<b>Temp. Recomendada (°C)</b>
<b>Poliacetatos</b>	80 a 100
<b>Poliamidas</b>	20 a 40
<b>Polietilenos e PVC</b>	15 a 30
<b>Policarbonatos</b>	50 a 70
<b>Metacrilatos de Polimetila</b>	40 a 60
<b>Polipropilenos</b>	30 a 60
<b>Poliestirenos</b>	40 a 65

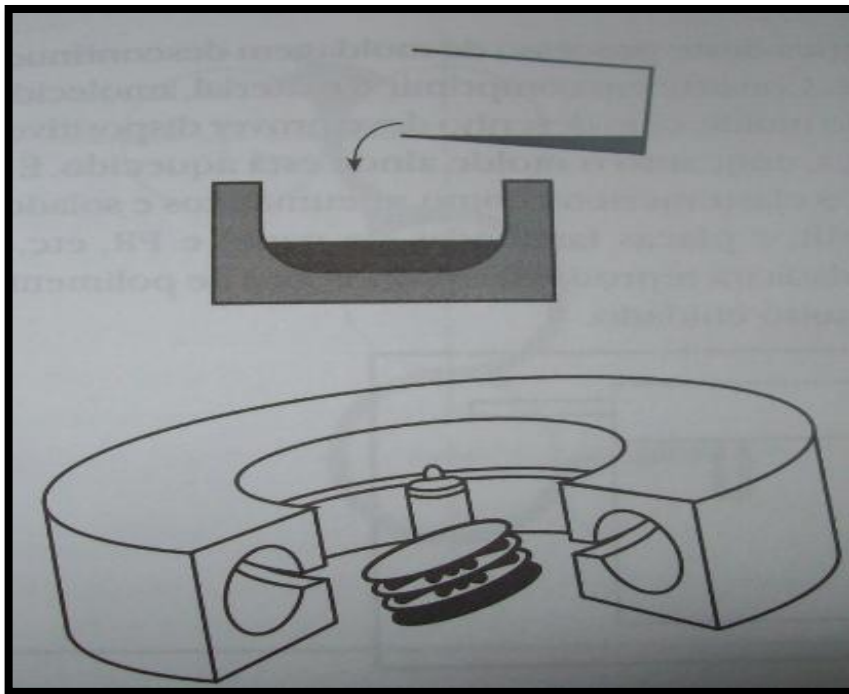
Fonte: (SORS, BARDÓCZ E RADNÓTI, 2002, p.236)

### 3.2 Moldagem por Vazamento

Conforme Mano e Mendes. (1999, p.66), este processo classifica-se como moldagem descontínua mais simples e aplica-se tanto a polímeros termoplásticos, quanto a termorrígidos, consistem em vazarem sob o molde a composição moldagem do polímero.

Um caso específico de moldagem por vazamento é o de espalhamento de camada viscosa de material polimérico sobre lâmina de borracha, plástico ou tecido, regula-se esta camada de espessura que se solidifica por resfriamento, vulcanização ou cura, por aquecimento, temos as toalhas de mesa impermeáveis como exemplo deste.

Figura 02: Moldagem através de vazamento



Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.67)

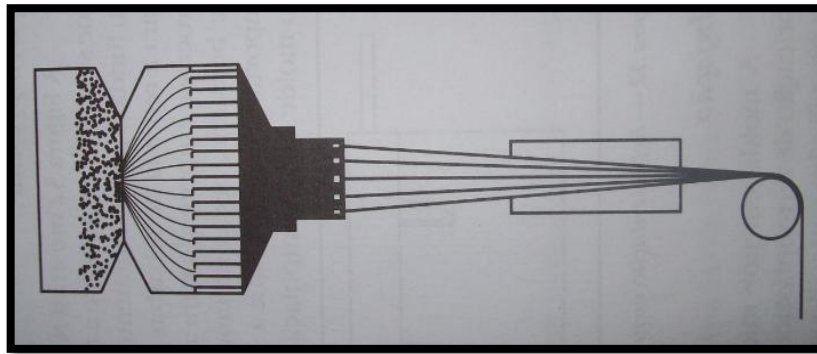
### 3.3 Fiação por Fusão

Aplica-se este processo a polímeros termoplásticos de difícil solubilidade e com alta resistência ao calor, com este, obtém-se fibras. O processo dá-se a passagem do polímero fundido em uma placa contendo orifícios que ao passar forma-se filamentos que se solidificam por resfriamento e são enrolados por bobinas. Citam-se as fibras de poliamida. (MANO e MENDES 1999, p.67).

Mano e Mendes (1999, p.67), dizem que:

A variação de enrolamento permite controlar o estiramento a frio do fio, que é feito nas proximidades e acima da temperatura de transição vítrea do polímero, mesmo quando não é realmente baixa a temperatura utilizada. Por exemplo nas fibras PET, cuja  $T_g$  é  $70^\circ\text{C}$ , o estiramento é feito acerca de  $80^\circ\text{C}$ . Em geral a transformação do filamento em fibras é obtida através de procedimentos mecânicos, em máquinas têxteis.

Figura 03: Moldagem de fiação por fusão



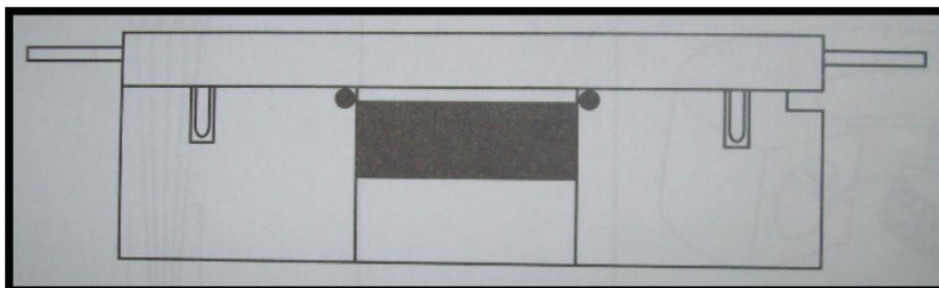
Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.67)

### 3.4 Compressão

Processo de moldagem descontínuo que se aplica a materiais termorrígidos, no que faz comprimir o material, amolecido ou fundido por aquecimento dentro do molde, cujo o gabarito contém faixas para rebarba e facilidade de ejeção da peça, isto para complementar o projeto. Os elastômeros são exemplos deste dispositivo, além de pneumáticos e solados de borracha, oplacas laminadas, etc.

A peça produzida neste processo, em sua superfície, apresenta-se condições de polimento do molde, onde a manipulação deve ser feita cuidadosamente (MANO e MENDES 1999, p.68).

Figura 04: Moldagem por compressão



Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.68)

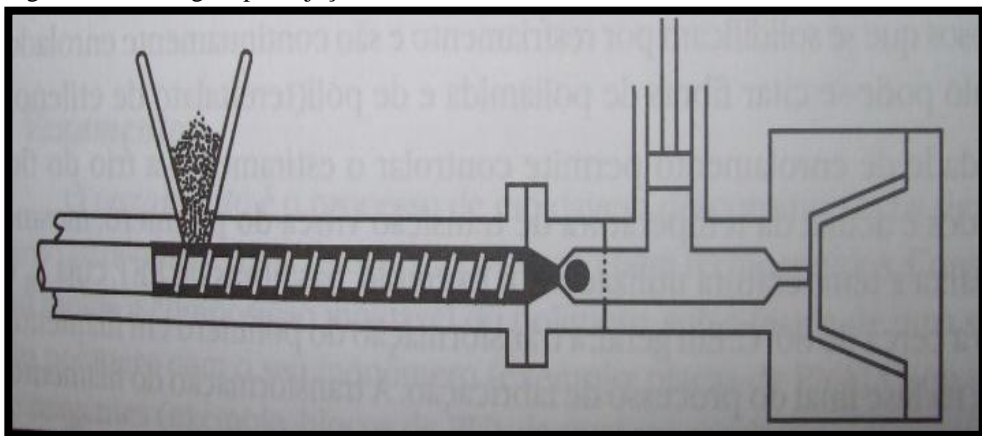
### 3.5 Injeção

Considera-se o mais comuns dos processos para termoplásticos e dar-se através de um cilindro com rosca sem fim, em que o material após se fundir na compressão, leva-se por força de um êmbolo até sua formação em molde. A maquina para este tipo de processo chama-se injetora que tem funções de homogeneizar massa e plastifica-la.

Este processo classifica-se como descontínuo e se dá principalmente em pré formas de moldagem por sopro, porém há um gargalo na retirada de peça que vem com muita quantidade de material. Neste caso, se reutiliza para formar nova moldagem, mas para casos especiais, cria-se moldes com nanais quentes eliminando este gargalo.

Uma das técnicas avançadas de aplicação conhece-se por Moldagem por Injeção Reativa, que adequar-se a moldagem de artefatos de poliuretanos. (MANO e MENDES 1999, p.68)

Figura 05: Moldagem por injeção



Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.68)

“Em muitos casos, tais recipientes são projetados para usar um selo reutilizável (uma tampa ou capa), e este é produzido quase sempre mediante a moldagem por injeção. Substitutos de latas para embalagens de bebidas carbonadas são produzidas agora de PET. Um desenvolvimento futuro nesta área provavelmente dependerá de considerações de reciclagem (WHELAN, 1999, p.31).

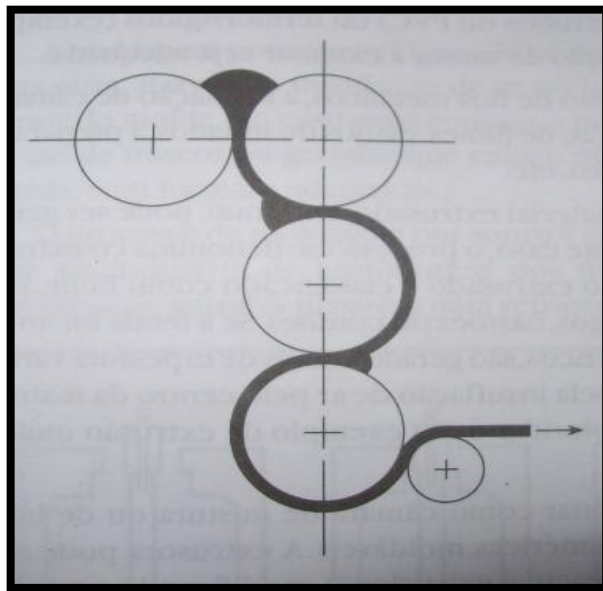
### 3.6 Calandragem

Segundo Mano e Mendes (1999, p.69), o processo permite a obtenção contínua de lâminas e lençóis plásticos, cuja a espessura deve ser continuamente regular. A forma dá-se na

passagem por entre rolos interligados em forma de L, T ou Z. O processo utiliza-se em larga escala e fabricam-se desde cortinas de PVC a passadeiras, e também usa-se este processo para fabricação de materiais termorrígidos, porém a composição moldável deve-se adequar a formulação para evitar a pré-vulcanização. Um exemplo deste são as esteiras transportadoras e pisos antiderrapantes.

Este processo emprega-se ao uso de máquinas de grande porte e grande produção, no que faz sentido ter um grande estoque para os produtos pós calandrados indicando um conjunto de indústrias de grande e médio porte.

Figura 06: Moldagem através de calandragem



Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.69)

### 3.7 Extrusão

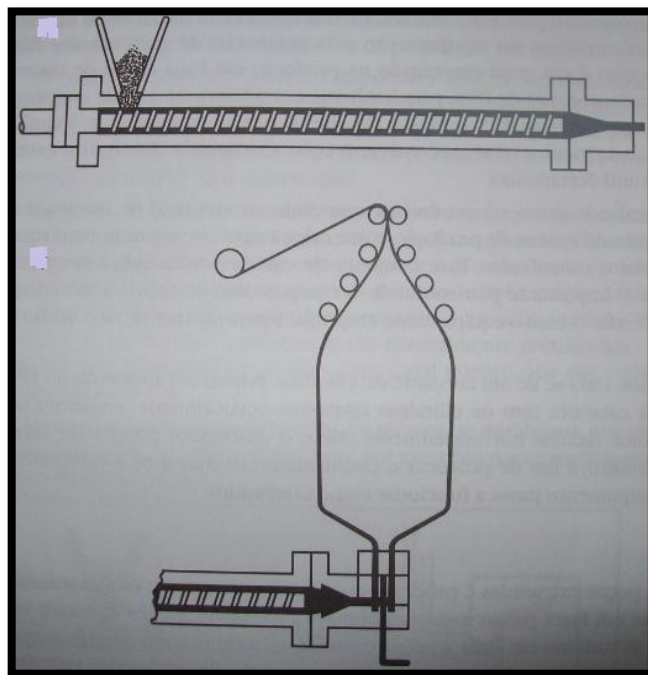
Processo contínuo, usa-se de matriz para passar massa polimérica moldável para formar perfis, que para seu resfriamento utiliza-se de água, este pode ser enrolado em bobinas ou cortado em dimensão desejável. Permite-se a obtenção de tarugos, tubos, lâminas ou filmes, ou seja, produtos com perfil definido. Aplica-se a produtos termoplásticos e termorrígidos, desde que a formulação seja adequada (MANO e MENDES 1999, p.70).

Segundo Mano e Mendes (1999, p.70), o processo de extrusão compreende o revestimento de fios metálicos, camadas sobrepostas para laminados e preparação de parison para moldagem por sopro, etc.

Ainda segundo Mano e Mendes (1999, p.70), o processo é versátil e tem-se saídas como simples e múltipla, sendo que nesta última se denomina co-extrusão, conforme a espessura o produto é classificado como filme, folha ou placa, dependendo-se da fenda para geração de suas formas.

A extrusora também funciona-se como câmara e mistura ou de homogeneização para composições poliméricas moldáveis, ou atua-se como extrusão reativa modificando a estrutura do polímero e aumentando suas aplicações. (MANO e MENDES 1999, p.70).

Figura 07: Moldagem através de extrusão



Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.70)

### 3.8 Termoformação

Segundo Mano e Mendes (1999, p.71), considera-se um processo descontínuo onde utiliza-se de aquecimento em placas ou folhas de PS, PMMA ou PC, formando-se com a aproximação junto a resistências elétricas até seu desenrigecimento.

Após o aquecimento, a folha aplica-se diretamente no molde perfurado e apoiado em uma base inferior sob ação de vácuo.

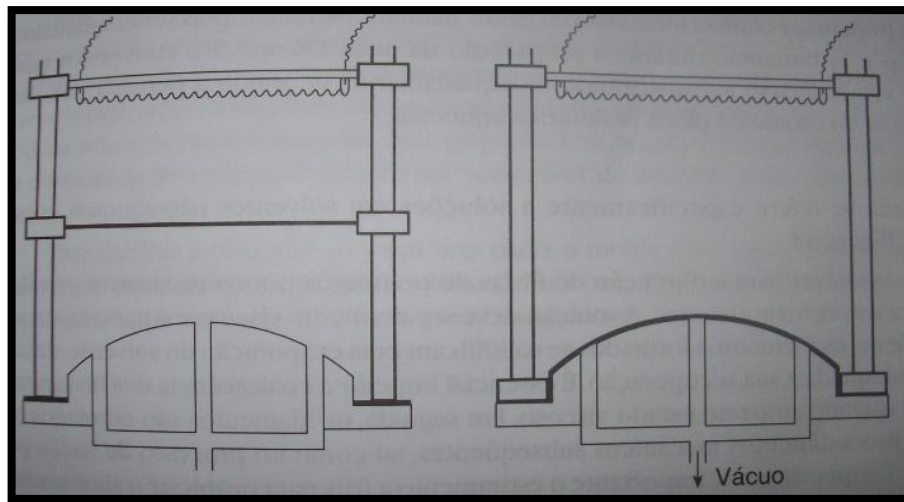
O processo se conhece por uso de moldes de baixo custo aplicando-se em no desenvolvimento de protótipos industriais e peças de grandes dimensões ou artefatos



descartáveis. São exemplos deste processo, tais como copos, pratos, bandejas, letreiros em relevo, luminárias, revestimento para interior de geladeiras, etc.

Aplicam-se para este processo moldes de gesso, madeira, metal, etc, pois no processo usa-se pressões baixas durante a formação da peça, somente os orifícios onde aplica-se o vácuo são distribuídos esquematicamente permitindo-se adquirir uma forma superficial de molde na placa aquecida.

Figura 08: Moldagem através de termoformação



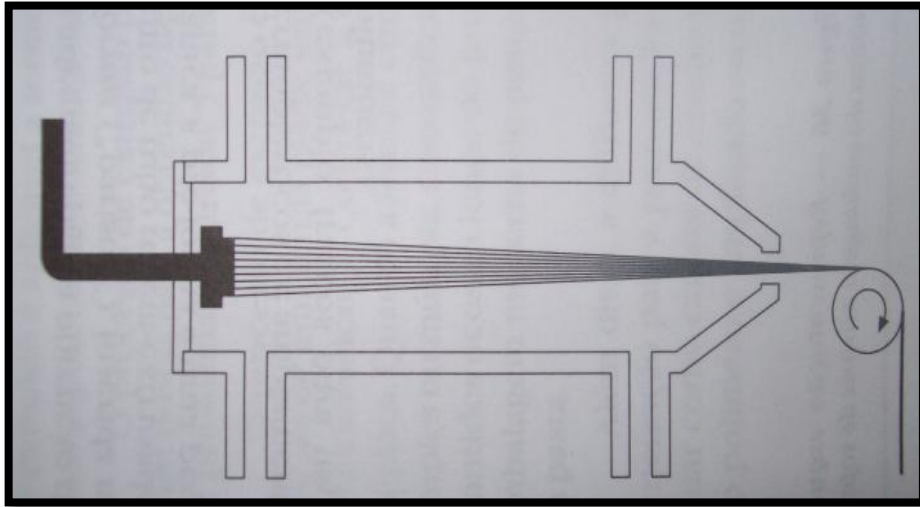
Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.71)

### 3.9 Fiação Seca

Conforme Mano e Mendes (1999, p.72), o processo refere-se a soluções em solventes não aquosos e aplica-se para obtenção de fibras que resistem pouco ao calor e sensíveis a solventes aquecidos. Utiliza-se da fieira com solução altamente viscosa formando filamentos solidificados pela evaporação do solvente dentro de câmara apropriada a sua recuperação, enrolando-se em bobinas para posterior processo, do tipo fiação por fusão já mencionado.

Uma grande importância neste processo entende-se por um estiramento a frio propiciando uma alinhamento de macromoléculas para aumento de resistência mecânica, um exemplo são fibras de PAN e de Cac. (MANO e MENDES 1999, p.72).

Figura 09: Moldagem através de fiação seca



Fonte: (MANO; MENDES, 1999, p.72)

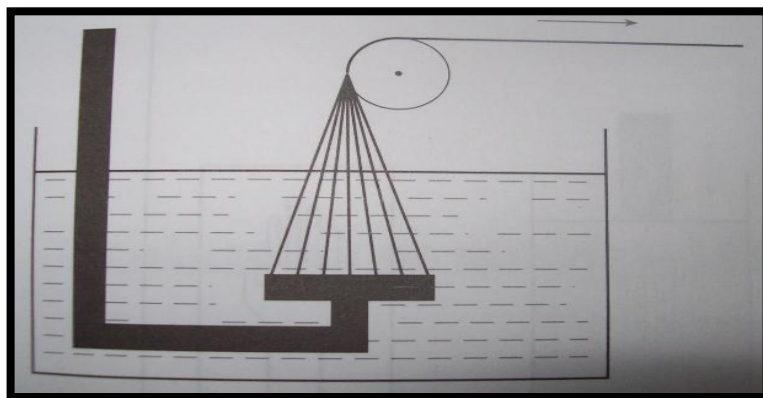
### 3.10 Fiação Úmida

Esquematiza-se este processo segundo Mano e Mendes (1999, p.73), como possibilidade de se obter fibras de polímeros termorrígidos físicos, infusíveis e solúveis.

Baseia-se em modificação química, passando-se em condição de solúvel em água formando soluções viscosas, no que formam-se filamentos contínuos pela imersão em banhos químicos onde o polímeros se recompõe originalmente. Só depois deste tratamento os filamentos propiciem a tratamento mecânico formando-se fibras industriais apropriadas.

Obtém fibras de celulose de alta qualidade neste processo mais comum, por transformação do sal de sódio de xantato de celulose após passar massa viscosa pela fieira. (MANO e MENDES 1999, p.73)

Figura 10: Moldagem através de fiação úmida



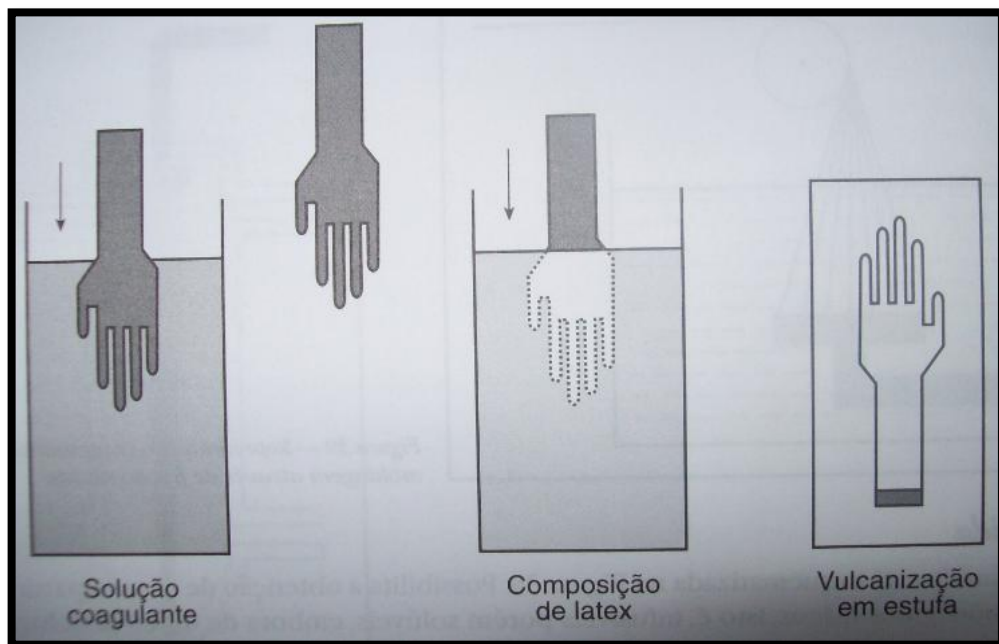
Fonte: (MANO; MENDES, 1999, p.73)

### 3.11 Imersão

Segundo Mano e Mendes (1999, p.73), processo em que permite-se obter peças ocas por imersão de molde em solução viscosa e remoção do solvente ou emulsão do polímero juntamente com coagulação. Para obter-se espessuras adequadas, deve-se determinar p numero de vezes que repete-se este procedimento. Neste processo obtém os produtos mais comuns como balões de festas, luvas de borracha e PVC, etc. Contudo há restrições para este processo no que diz respeito a características de elasticidade e pela forma removível do material solidificando e sobrepondo-se ao molde.

Para facilitar a remoção da peça sem dano, o molde deve estar devidamente revestido de um agente desmoldante, em geral a base de silicone. No caso de emulsões elastoméricas, é empregado nesse revestimento um agente coagulante. (MANO E MENDES, 1999, p.73).

Figura 11: Moldagem através de imersão



Fonte: (MANO. E. B; MENDES L. C, 1999, p.74)

## 4 MOLDES DE INJEÇÃO

Neste capítulo apresenta-se como uma introdução bibliográfica para ajudar a entender e esclarecer a pretensão de se usar moldes e programas para injeção e seus benefícios.

Fialho (2009) fala sobre o programa “Solid Works”, ele explica que o programa permite a obtenção de dois diferentes tipos de moldes a partir do modelo de projeto, ou seja, criado o produto pode-se aplicar as ferramentas “Solid Works” e obter as cavidades ou molde e cavidade. Este, nada mais é do que as peças macho e fêmea para a conformação nos moldes.

Segundo Systemes, D. (2014), um molde é criado utilizando uma sequencia de ferramentas integradas que controlam o processo de criação, sendo possível corrigir um projeto já existente.

Para Fialho (2009), em se tratando de injeção moldes sob pressão, geralmente o conjunto do molde é formado por 15 componentes que são:

- a) Placa de fixação interior
- b) Coluna ou Espaçador
- c) Bucha guia
- d) Coluna guia
- e) Pino extrator
- f) Extrator do canal
- g) Placa porta-extratora
- h) Placa impulsora
- i) Placa de retorno
- j) Placa suporte
- l) Cavidades postiças
- m) Bucha de injeção
- n) Anel de centragem
- o) Placa de fixação superior
- p) Placa de montagem das cavidades postiças superior e inferior.

Para a conformação do plástico no molde, o molde divide-se em Macho, que é a parte positiva, saliente do molde de injeção, e Cavidade, equivale a parte negativa que confere ao produto moldado sua forma externa. Fialho (2009) ainda circula mais dois itens para o conjunto de molde, sendo a Linha de Partição que delimita fronteiras e o Ângulo de Extração para a desmoldagem dentro da cavidade.

Conforme Glanvill e Denton (1994) a ferramenta de molde mais simples, é a de Duas Placas e Cavidade Simples, constituída essencialmente de duas Placas que levam a cavidade fêmea ao punção macho, respectivamente.

Birley (1991) afirma que independente do processo, existem três etapas básicas, conhecidas como plastificação, conformação e estabilização de forma, que compreendem o papel de aquecer ou dissolver o material, conformar para obter a forma geométrica e seguindo o endurecimento do material, estes fazem parte da transformação de polímeros.

Segundo Glanvill e Denton (1994, pag.13), precisa-se de conhecimentos básicos em consideração a métodos e materiais empregados na fabricação de moldes para plásticos.

## **4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS MOLDES**

### **4.1.1 Moldes para Materiais Termoplásticos**

Segundo Cruz (2002, p.9), este tipo de molde utiliza-se de um sistema de refrigeração em suas cavidades e machos, para acondicionar o molde em temperatura mais fria que o plástico a ser injetado, e afirma que quando o material aquecido no canhão da injetora entra em contato com as paredes do molde em temperatura inferior, faz com que o mesmo se solidifique formando a geometria projetada. Ainda o material que contiver erros por linhas de soldas, má formação, galhos, etc, o material pode ser reaproveitado usando-se de um moinho para sua granulação, misturando-se com cada 20% de material reaproveitado e 80% de material virgem para formar novo polímero. Existem algumas exceções, pois em alguns casos o material necessita-se de 100% de pureza.

### **4.1.2 Moldes Para Materiais Termofixos**

Conforme Cruz (2002, p.9), este tipo trabalha com o molde sempre aquecido nas cavidades e machos igualmente com a temperatura de fusão do material e normalmente usam-se moldes de compressão ou transferência e ainda podem ser injetados, contudo no que diz respeito em comparação com moldes termoplásticos, estes só precisam manter o aquecimento em vez de refrigeração e em contra partida aos termoplásticos, os termofixos recebem um aquecimento até chegar em estado pastoso, sendo formado na amolecimento com calor e com endurecimento com calor. Exemplos para este tipo de material são peças com geometria bastante resistente ao calor como cabos de panela, tampa de panela, cinzeiros, tampa de distribuidor de automóvel, etc.

Molde para materiais termofixos, com sistema de aquecimento por resistência tipos cartucho, feita através de aparelho do termostato. Quando o molde atinge a temperatura desejada, o termostato aquece e desliga as resistências e, conforme a temperatura cai, o termostato esfria e liga as resistências, mantendo a temperatura estável. (CRUZ. S, 2002, p.10).

## 4.2 Tipos de Moldes de Injeção

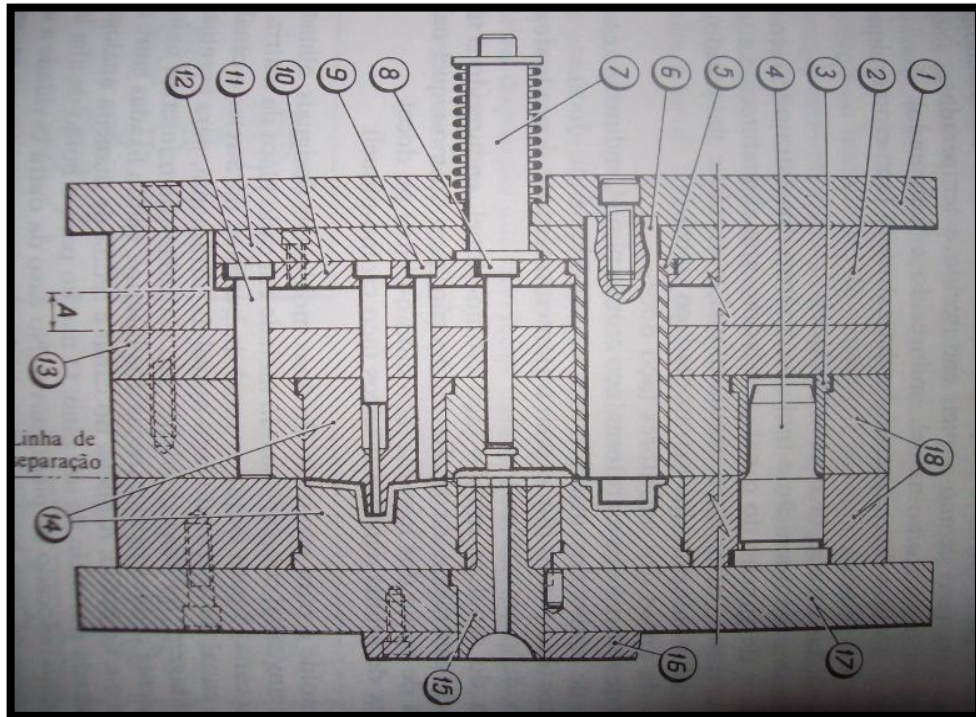
Segundo Rabuski:

O processo de moldagem por injeção foi patenteado em 1872 pelos irmãos Hyatt. Ao longo do século XX teve uma grande evolução, cujos principais marcos foram a máquina hidráulica (anos 40), a máquina de parafuso alternativo (1951) e a máquina elétrica (1988). (RABUSKI, M.C. 2010, p.2).

Conforme Glanvill e Denton (1994, p.124), existem ferramentas de duas ou três placas e de cavidades simples ou múltiplas, a mais conhecida leva duas placas que constitui-se de cavidade fêmea e punção macho. Uma placa é a que contém a ferramenta fêmea formada num bloco de aço, a segunda placa é usinada e forma o macho ambas podem ser furadas para conduzir o canal de resfriamento de água sendo que o sistema extrator é formado de vários pinos que quando deslocados a frente extraem a moldagem.

A vantagem de empregar ferramentas de cavidades múltiplas, entende-se pelo custo da peça e envolve a produção de mais de uma moldagem na mesma prensa, isto também reduz a mão de obra e aumenta a produção em menor tempo estimado. A figura abaixo mostra um molde de duas placas e duas cavidades e numeração de seus componentes. (GLENVILL; DENTON 1994, p.126)

Figura 12: Construção típica de molde de duas placas



Fonte: (GLANVILL; DENTON, 1994, p. 127)

Quadro 04: Nomenclatura de componentes do molde

Nº do Componente	Nome e Descrição
1	Placa suporte (aço doce)
2	Coluna ou espaçador para prover o espaço A de extração; este deve ser suficiente para extrair a moldagem para fora da fôrma macho (aço doce)
3	Bucha-guia (aço cromo-níquel, endurecido e temperado)
4	Pino-guia (aço cromo-níquel, endurecido e temperado)
5	Extrator do tipo de camisa ou bucha extratora (aço cromo-níquel, endurecido temperado)
6	Pino-núcleo macho (aço cromo-níquel)
7	Mecanismo de operação e mola de retorno dos extratores (aço doce)
8	Extrator de gancho do canal (aço cromo-níquel, recozido e temperado)
9	Pino-extrator, plano (aço cromo-níquel, recozido e temperado)
10	Placa de montagem dos extratores (aço doce)
11	Placa de apoio dos extratores (aço doce)
12	Pinos de retorno dos extratores (aço cromo-níquel, endurecido e temperado)
13	Placa de apoio dos insertos (aço cromo-níquel ou doce)
14	Insertos (aço cromo-níquel com tratamento térmico dependendo do número e tipo de peças)
15	Bucha do canal de injeção (aço cromo-níquel, endurecido e temperado)
16	Anel de centragem da bucha de injeção (aço cromo-níquel ou doce)
17	Placa de apoio dos insertos (aço cromo-níquel ou doce)
18	Placas de montagem dos insertos (aço cromo-níquel)

Fonte: (GLANVILL; DENTON, 1994, p.128)

#### 4.2.1 Funcionamento do Molde em Geral

Conforme Sors, Bardócz e Radnòti (2002, p.133), o operário abastece a máquina com polímero granular e a liga, o material é admitido pelo alimentador que vai fazendo se afunilar e aquecendo-se até a sua fusão. A máquina agora é uma prensa que fecha o molde acionado por dispositivo, o material processado é injetado no molde por um aríete através de bocal que vai se acomodando por entre os canais do molde deslocando o ar em torno do material, que ao entrar em contato com as paredes frias do molde se forma. A máquina se abre e desloca a peça formada para sua remoção.

Segundo o professor Rabuski (2010, p.4), a moldagem por injeção é um processo cíclico que se divide nas seis fases descritas abaixo.

##### 4.2.1.1 Fechamento

Fase que entende-se como início do ciclo que se dá em automático ou semiautomático e tem limitações na velocidade de fecho que inclui a inércia das massas metálicas dos conjuntos do molde, pois quando as placas se juntam seu contato deve ser suave o que faz a operação depender das características da máquina e do molde. A sua otimização implica em ajuste criterioso de velocidade de fechamento do molde.

##### 4.2.1.2 Injeção e Pressurização

Fase em que utiliza-se de um pistão para impulsionar o material fundido a passar pelo molde a ir adentrando para toda a cavidade, isso acontece depois de o bico de injeção ser encostado ao molde e só se retira após 95% do volume total do molde ser preenchido.

Para a qualidade deste processo, deve-se prestar a tenção na velocidade de injeção, pois isto implica diretamente na qualidade final do produto que se no caso for muito rápida, gera efeitos, marcas, linhas de solda, entre outros. Com isso entende-se que para cada moldagem compreende um ajustamento para cada caso específico ficando o molde pressurizado afim de aumentar a sua densidade.



#### 4.2.1.3 Recalque

Fase em que aplica-se uma pressão no molde, após a injeção, para baixar o efeito de contração no resfriamento, pressão esta que não pode ser excessiva para não danificar o produto. O ajuste desta fase é muito importante pois está associada a um regime de controle de injeção que denomina-se fase dinâmica para uma fase que controle a pressão que se dá o nome de fase estática o pós-pressão.

#### 4.2.1.4 Resfriamento

Fase que após o produto formado, o parafuso de plastificação começa a trabalhar para um próximo ciclo, este mesmo é forçado por pressão do material fazendo recuar-se, esta parte designa-se por descompressão. A fase de resfriamento acaba quando se permite abrir o molde sem distorção no produto, tem-se uma troca de calor entre o molde e o moldado, podendo no projeto do molde, fazer colocações de resfriamento por fluído tipo água ou ar.

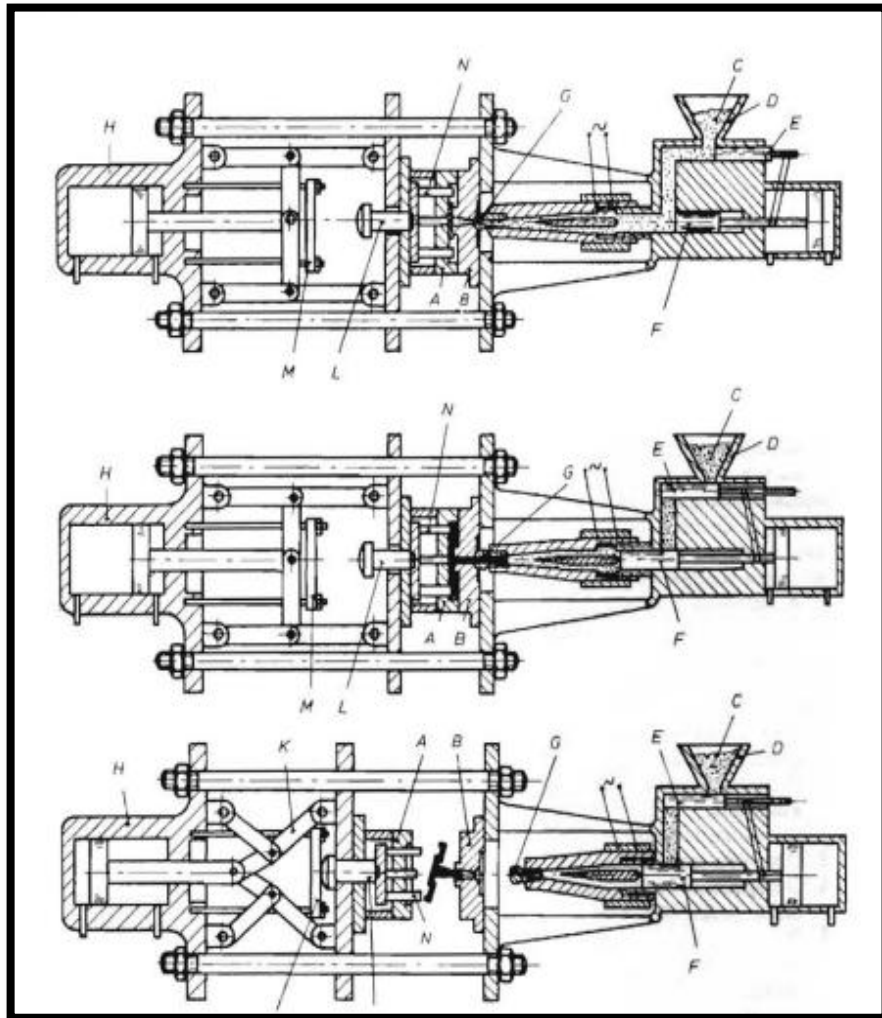
#### 4.2.1.5 Abertura e Extração

Obtém esta fase através das condições da máquina utilizada, pois a mesma leva um tempo para extrair o produto, assim como o curso de abertura para garantir a grande performance da extração. Operação complicada, do ponto produtivo pois mecanismos são frequentemente utilizados para manipular e coseguir um processo automatizado.

#### 4.2.1.6 Tempo de Pausa

Fase em que ocorre entre a extração e o começo de um novo ciclo, é também chamada de tempo morto, se ao caso for automático deve ser nulo, mas se for manual, presta-se a atenção para que o operador não demore a retirar o produto nem tão quente e nem tão frio, em um novo ciclo a injeção com um molde já preenchido por danificar todo o sistema.

Figura 13: Esboço de máquina de moldagem convencional



Fonte: Sors, Bardócz, Radnóti (2004, p.134)

### 4.3 Construção de Ferramentas

#### 4.3.1 Contração

De acordo com o artigo da Systemes e Ska (2007, p.43), o ajuste de escala para contração, é obtido em tabela de polímero e afirma que o ajuste de escala é representado em porcentagem de acordo com o plástico escolhido.

Segundo Fialho (2009, p.283), quando materiais plásticos são esfriados na cavidade, sofrem contração, assim o produto muda de tamanho ou pode conter erros de preenchimento, concluindo que a contração deve ser levada em consideração para garantir as dimensões reais da ferramenta.

Para isso os materiais apresentam diferentes valores de contração fornecidos pelos fabricantes que dependem das condições da injetora e do volume, desta maneira o dimensionamento do produto deve considerar um coeficiente para compensar a contração, que é dado em percentual.

$$\text{Volume do molde} = \text{Volume do modelo} \times [1 + (\% / 100)]$$

Quadro 05: Contração de moldagem de materiais termoplásticos

<b>Materiais</b>	<b>Abreviaturas</b>	<b>Fator de Contração %</b>
Acetato de Celulose	CA	0,3 – 0,7
Acetato-butirato de Celulose	CAB	0,2 – 0,5
Poliamida (Náilon)	PA	1,0 – 2,0
Cloreto de Polivinila (rígido)	PVC	0,1 – 0,2
Cloreto de Polivinila (flexível)	PVC	0,2 – 2,0
Metilmetacrilato	PMMA	0,2 – 0,8
Poliestireno	PS	0,2 – 0,6
Acrinitrino-butadieno-estireno	ABS	0,3 – 0,8
Acrinitrino-estireno	SAN	0,2 – 0,5
Polietileno Baixa Densidade	PEBD	1,5 – 3,0
Polietileno Alta Densidade	PEAD	1,5 – 3,0
Polipropileno	PP	1,5 – 2,5
Policarbonato	PC	0,5 – 0,7
Polioximetileno	POM	2,5

Fonte: (FIALHO A. B. 2009, p.283)

Segundo Harada (2004, p.66), a contração é muito importante e considerável, pois reflete no dimensionamento do produto e influi em solidez, instabilidade dimensional, insertos de partes metálica, etc.

#### 4.3.2 Conicidade

Segundo Harada (p.108), deve existir uma conicidade entre a linha de separação do molde, sendo que será necessário usar parede com ângulos entre 1° para laterais e em outros casos, usa-se angulação de até 0,5° para cada lado.

Conforme Fialho (2009, p.282), é de muita importância o ângulo de extração, para que seja possível a desmontagem e para que o produto dentro do molde seja retirado com extrema cautela.

### 4.3.3 Canais de Injeção

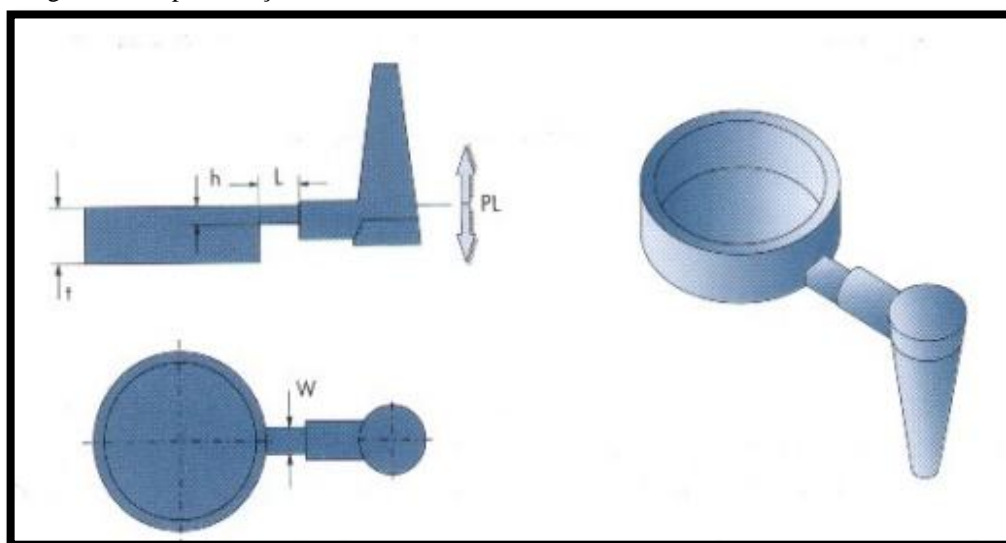
Segundo o Professor Rabuski (2011, p4), o canal de injeção deve ser tronco-cônico divergente, iniciando-se com angulação de  $2^\circ$  a  $5^\circ$  que se ligam ao bico da injetora, conicidade entre o bico e o canal de injeção necessária para extração dos mesmos sendo que o bico injeor principal pode ser substituído devido a desgastes causados pelo fluxo do material.

Segundo o Professor Eduardo Thomazi (2011, p.98), existem dois tipos de distribuição para injeção, uma é a direta, encontrada geralmente em seu centro de massa, que se utiliza muito em peças de grandes dimensões e de espessuras grossas, só observando-se com injeção de peças retangulares e tipos de polímeros a serem utilizados.

O tipo de distribuição lateral é o mais comum, sendo que a espessura desta entrada deve ser “50%” da espessura da parede do moldado para materiais não reforçados, e para materiais não reforçados tem-se “70%”. O professor ainda afirma que o ponto de entrada deve ser particular específico de cada material e o comprimento de entrada deverá ser igual ou menor a “1mm”.

Segundo o professor Rabuski (2011), as entradas de nanais se dividem em canal de injeção direto, entrada em flash, entrada em leque, entrada em disco, entrada em anel, entrada em estrela, entrada capilar, entrada submarina ou submersa, entrada submarina curva, por injeção num extrator e canal lateral a cavidade que é comumente utilizado que tem uma pequena seção retangular, recomenda-se o comprimento de 0,5 a 1 mm, largura de 1,6 a 12,7 mm e espessura de 6 mm a 75% da espessura nominal da peça.

Figura 14: Representação de entrada lateral



Fonte: (RABUSKI, M. C. 2011, p.49)

#### 4.3.4 Tipos de Aços para Fabricação de Moldes

Segundo o Professor Rabuski (2011, p.22), para o processo de fabricação do molde compreende-se em entender a aplicabilidade do material, sendo mais viável ou de alta qualidade, explica que há um desgaste pois pode ocorrer alterações químicas e desvio padrão de dimensões, com o processo cíclico devido as tensões e oxidações causadas na injeção.

É importante estudar os aço para fabricação de moldes de injeção, pois devem-se ser resistentes as tensões e de fácil usinabilidade, bem como o anseio de aguentar as tensões de flexão e as cargas compressivas, que implicam numa dureza superficial adequada. Daí tem-se características importantes extraídas, como o tratamento térmico, ótima resistência ao calor e corrosão, etc.

Quadro 06: Tabela orientativa dos aços recomendados

<b>Componentes do Molde</b>	<b>Aços Recomendados</b>	<b>Tratamento Térmico</b>	<b>Dureza RC</b>
Placa de fixação inferior e superior	ABNT 1020 a 1040	-	-
Coluna ou espaçador			
Porta extratores			
Placa suporte			
Anel de centragem			
Placa extratora			
Placa de montagem dos postigos			
Placa impulsora			
Bucha-guia	Aço cromo-níquel ABNT 3310	Cementado e temperado	54 a 58
Coluna-guia			54 a 58
Bucha de injeção			58 a 60
Postigos fêmeas			58 a 60
Postigos Machos			58 a 60
Camisa extratora			54 a 58
Pinos extratores			54 a 58
Extrator de canal			54 a 58
Parafusos limitadores			50 a 56
Lâminas extratoras			50 a 56
Pinos de retorno			50 a 56

Fonte: (RABUSKI, M. C ,2011, p.23)

#### 4.3.5 Cálculo de Força de Fechamento do Molde

Segundo Plates (2012), para que não aconteçam rebarbas, é preciso calcular o fechamento do molde, para que seja suficiente mente-lo fechado e entende-se que a força de fechamento é a força que o sistema da injetora faz para que o molde fique intacto durante a injeção, sendo assim, quando o a injeção acontece, existe um força de pressão atuando contra as paredes da cavidade tendendo o molde a se abrir. Seguindo-se este princípio que indica que a força de fechamento do molde tem que ser maior que a pressão dentro do mesmo.

$$F_f = A_p \cdot P_c$$

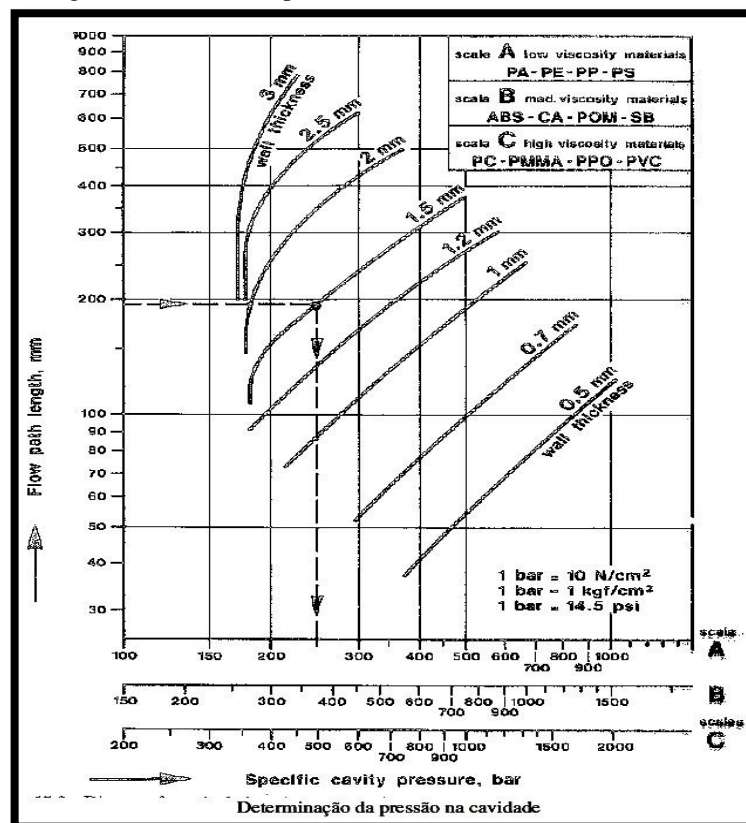
Onde:

$F_f$  é a força de fechamento (kgf ou tf);  $A_p$  é área projetada (cm<sup>2</sup>);  $P_c$  é a pressão na cavidade em (kgf/cm<sup>2</sup>).

$$A_p = (A \cdot Q \cdot t_{(peças)}) + A_{(canais)}$$

Ainda segundo Plates (2012), a pressão na cavidade pode ser entendida de duas maneiras, uma se dá pela pressão manométrica da máquina injetora e a outra se dá pelo gráfico abaixo:

Figura 15: Gráfico de pressão na cavidade



Fonte: Plates (2012)

## 5 PROTÓTIPO DE MOLDE

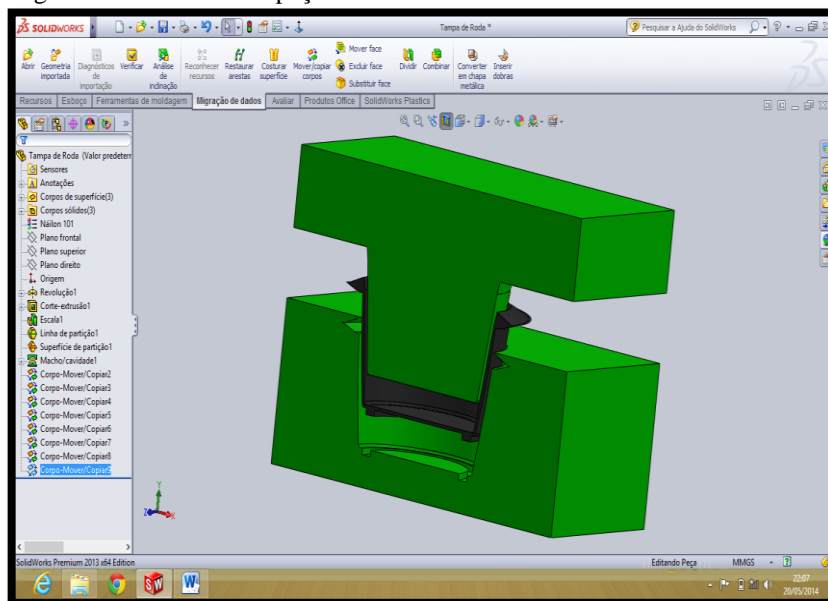
Usou-se o software com plataforma 3d CAD em versão gratuita estudante, disponível no laboratório da faculdade, para desenhar peças plásticas de carros, respeitando suas reais dimensões, afim de tentar criar o molde para a obtenção do mesmo e assim simular o trajeto do plástico ao entrar na cavidade, com isso criar parâmetros para descobrir erros de bolhas de ar, repuxo e linhas de solda, para poder prever no projeto e saná-las ou chegar ao máximo ponto de total injeção.

Figura 16: Tapa de roda e distribuidor de água



Fonte: O autor

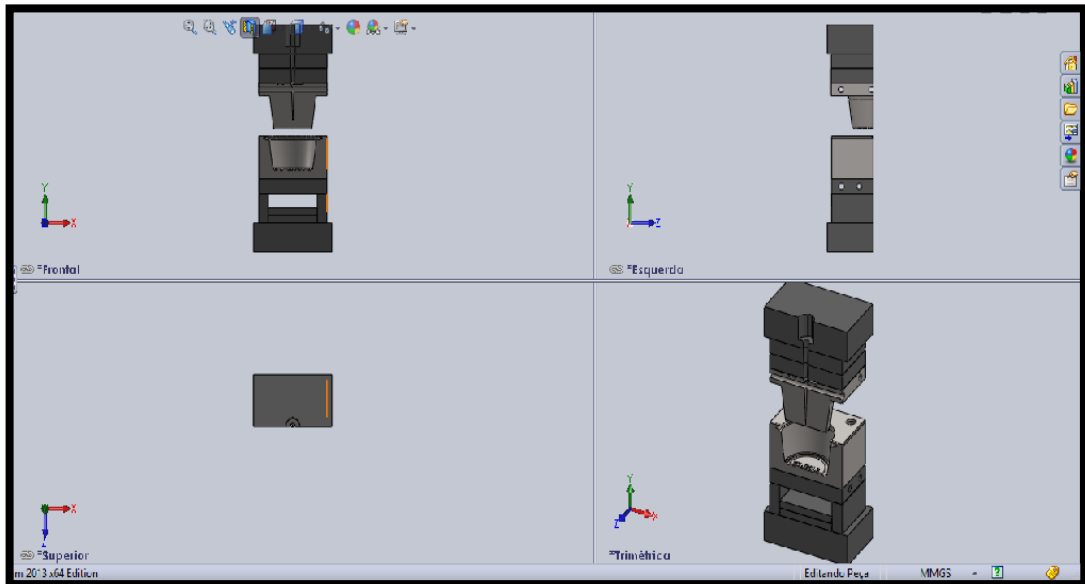
Figura 17: Molde com a peça



Fonte: O Autor

## 5.1 Construção do Molde

Figura 18: Molde feito através do produto



Fonte: O autor

Quadro 07: Propriedades de Massa

Propriedades de massa de Tampa de Calota Configuração: Valor predeterminado Sistema de coordenadas: -- valor predeterminado --		
Densidade = 1.15 gramas por centímetro cúbico Massa = 19.21 gramas Volume = 16.71 centímetros cúbicos Área de superfície = 232.51 centímetros quadrados		
Centro de massa: ( centímetros ) X = -0.00 Y = 2.75 Z = 0.00		
Eixos principais de inércia e momentos de inércia principais: ( gramas * centímetros quadrados ) Tomado no centro da massa. Ix = (1.00, 0.00, 0.03)      Px = 123.94 Iy = (0.03, 0.00, -1.00)      Py = 124.29 Iz = (-0.00, 1.00, 0.00)      Pz = 162.52		
Momentos de inércia: ( gramas * centímetros quadrados ) Obtido no centro de massa e alinhado com o sistema de coordenadas de saída. Lxx = 123.94                      Lxy = 0.05                      Lxz = 0.01 Lyx = 0.05                      Lyy = 162.52                      Lyz = -0.03 Lzx = 0.01                      Lzy = -0.03                      Lzz = 124.29		
Momentos de inércia: ( gramas * centímetros quadrados ) Tomados no sistema de coordenadas de saída. Ixx = 269.20                      Ixy = -0.02                      Ixz = 0.01 Iyx = -0.02                      Iyy = 162.52                      Iyz = 0.01 Izx = 0.01                      Izy = 0.01                      Izz = 269.55 :		

Fonte: O Autor (Dados obtidos do software)



## 5.2 Simulação de Injeção no Software

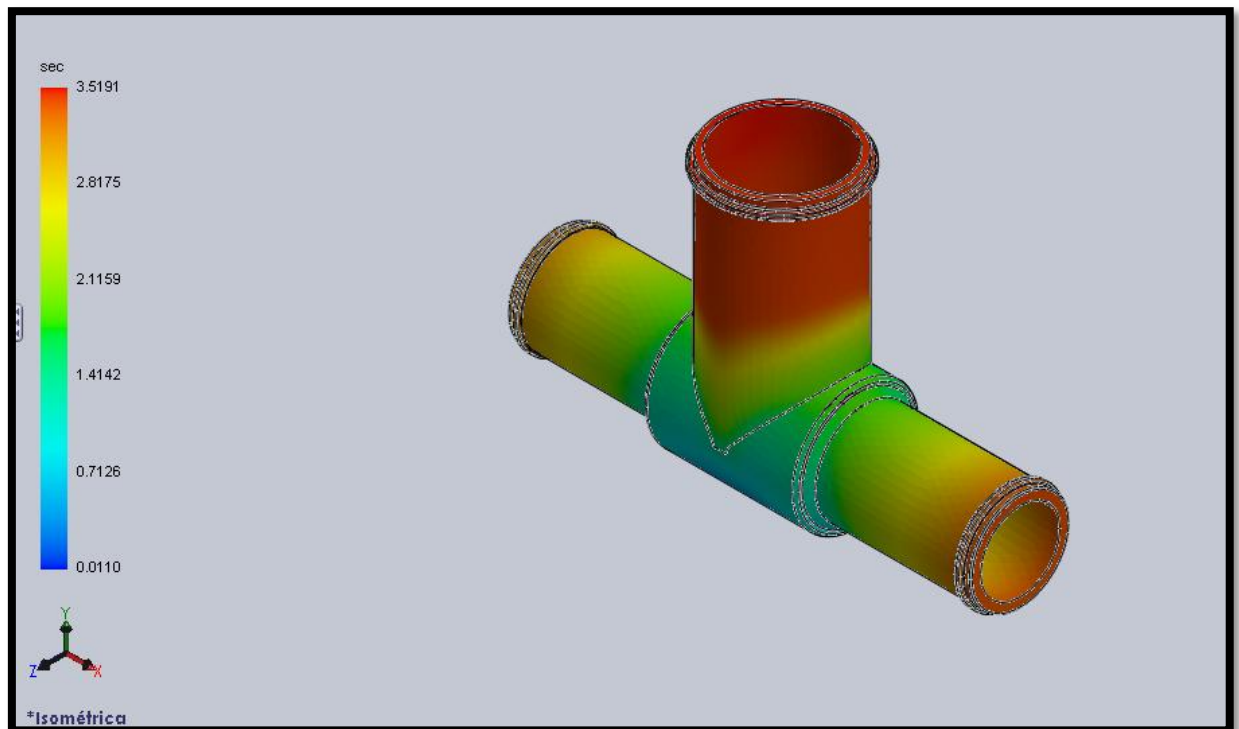
Ainda com a utilização do software, conseguiu-se simular o comportamento do plástico no interior das cavidades, afim de achar possíveis erros. O material injetado foi o polipropileno e conforme os resultados mostrados em anexo, foi compreendido em 4s. No anexo se encontram informações obtidas através da simulação.

Figura 19: Conexão “T” de água (Polipropileno)



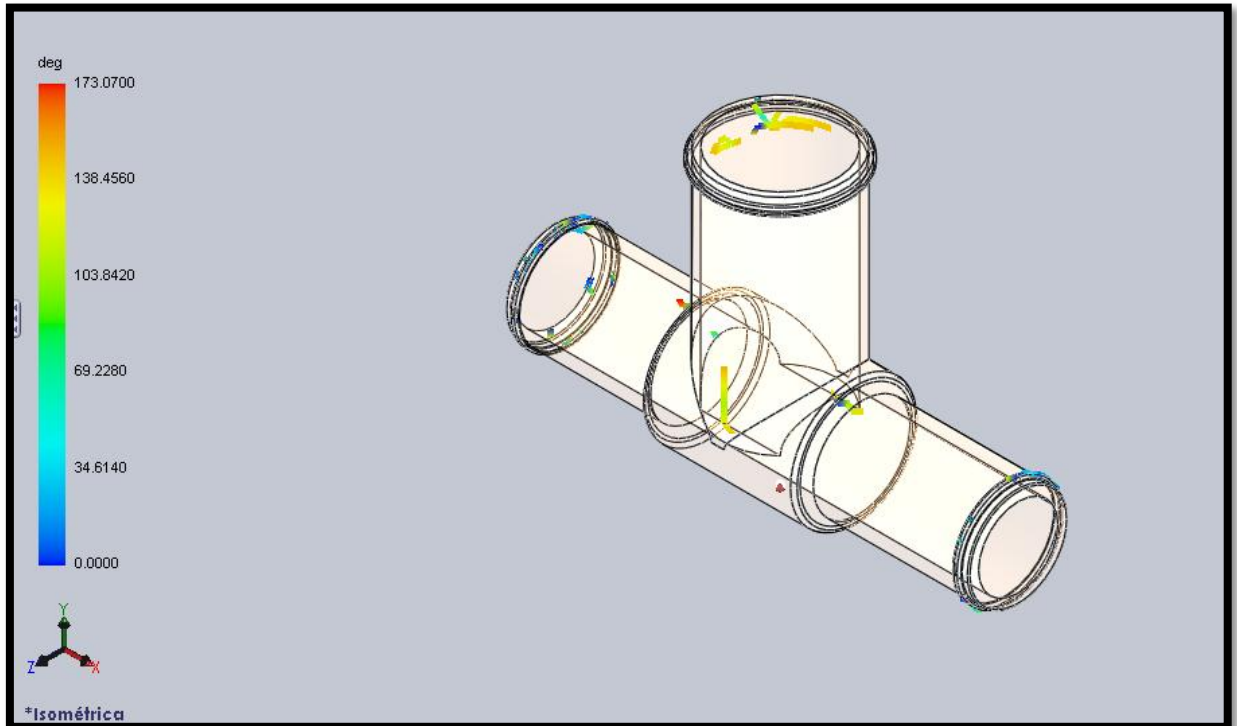
Fonte: O autor

Figura 20: Simulação de injeção completa



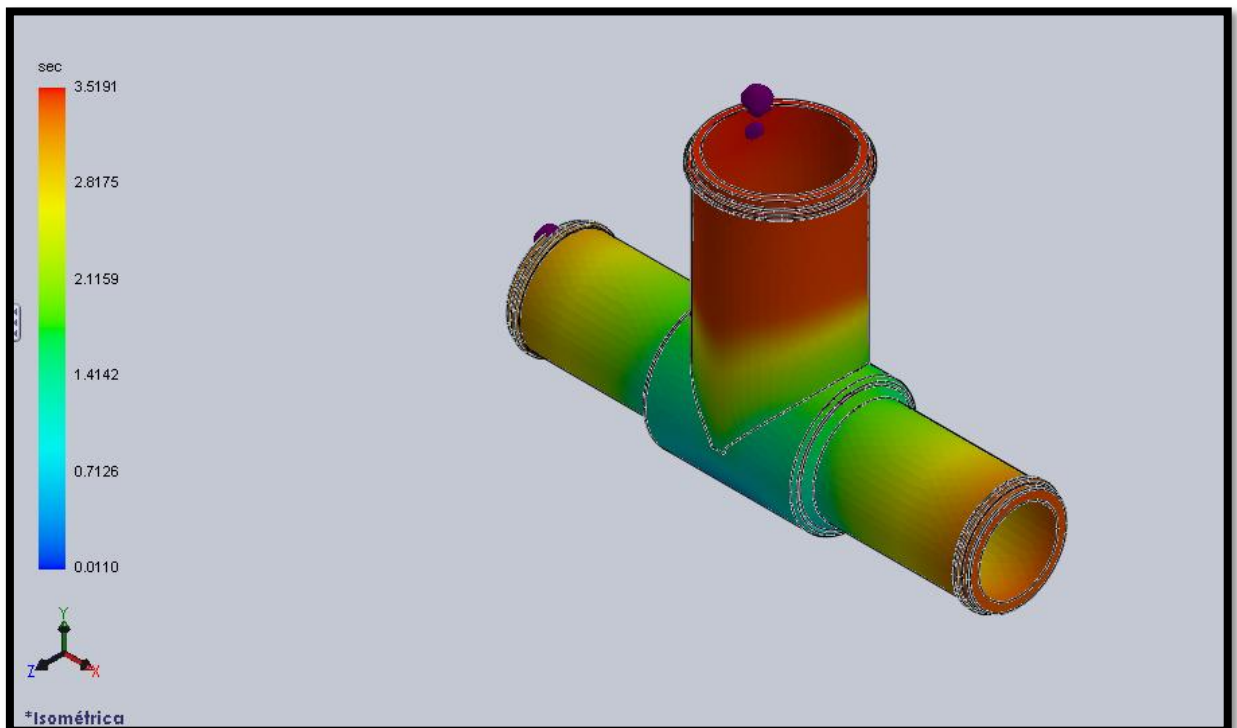
Fonte: O Autor

Figura 21: Linhas de Solda em Amarelo



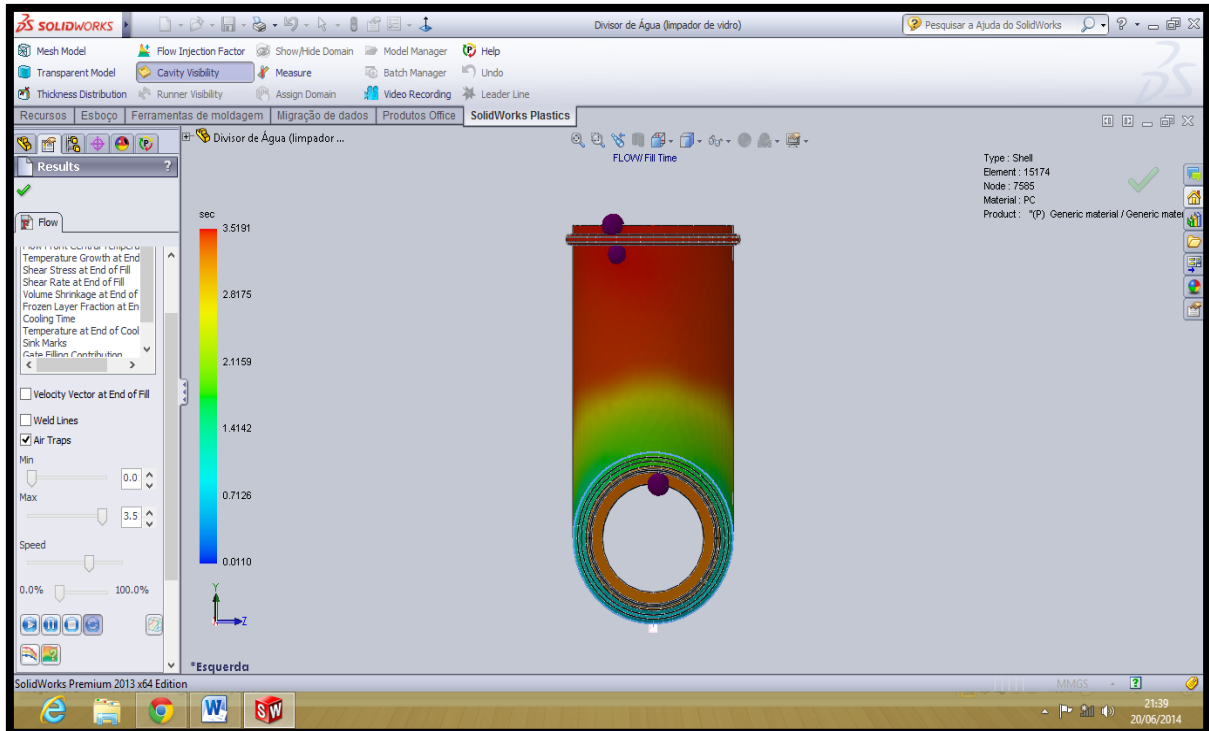
Fonte: O Autor

Figura 22: Bolhas de ar em majenta (Plano isométrico)



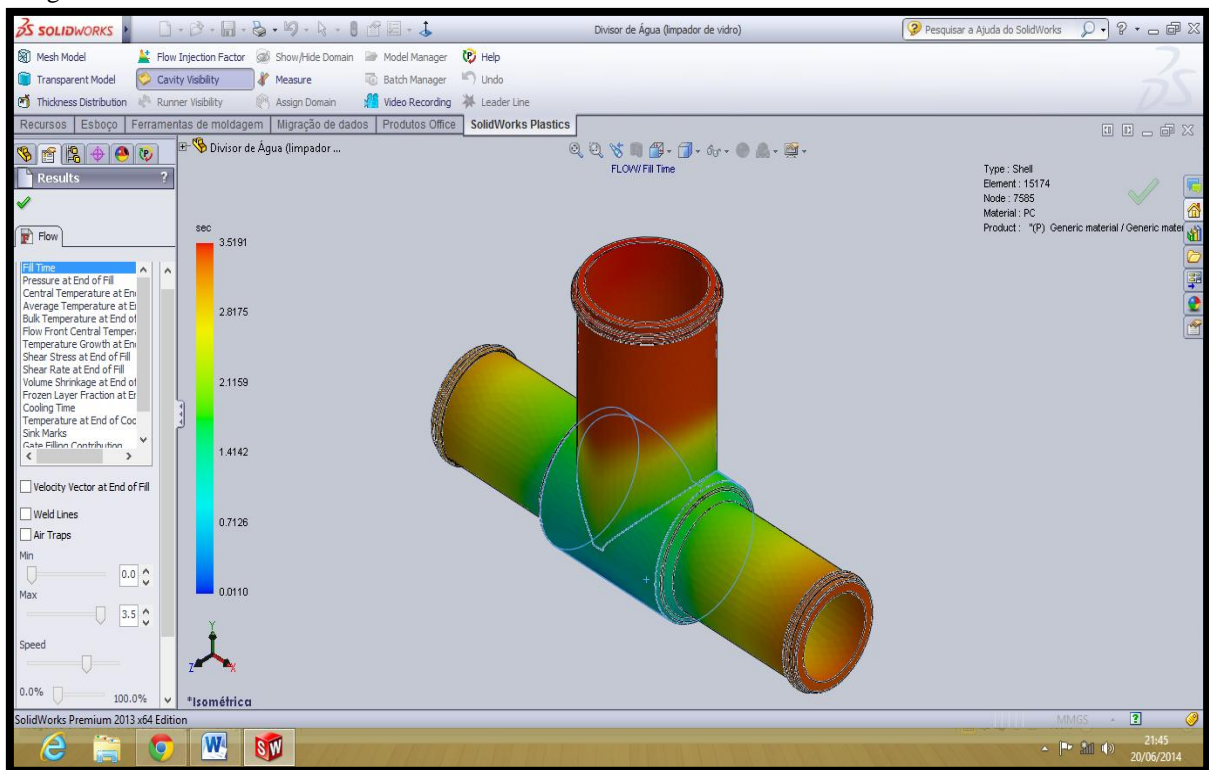
Fonte: O Autor

Figura 23: Bolhas de ar em majenta (Plano direito)



Fonte: O Autor

Figura 24: Área de comando do software



Fonte: O Autor

## 6 CONCLUSÃO

Com o trabalho, foi possível definir os tipos de moldagem e injeção, tanto quanto os materiais utilizados para injeção e diferenciais entre plásticos e polímeros.

Contudo, foi possível projetar o molde através do produto em si e com o mesmo, simular as tensões de comportamento do plástico injetado no que foi identificado os parâmetros para trabalhar em prol de maximizar os métodos para que erros não ocorram, pois foi possível vê-los e assimilá-los.

Com isso descobriu-se que o projeto total é repleto de cálculos, o que o torna mais difícil de ser realizado, pois deve-se prestar a atenção em cada detalhe para se ter um bom produto, e com a ajuda do software, caiu pela metade a dificuldade do projeto total do molde, pois o software é muito complexo e é muito usado para análises e comportamento estrutural em vários setores industriais.

Concluiu-se que antes de projetar um produto e descobrir erros com sua própria injeção, para depois “arruma-lo”, passo que era muito usado no passado. Foi possível ver com experiência de usar diversos polímeros e ver se o produto será válido para fabricação.

## REFERENCIAS

BERZELIUS, Jöns Jacob. Encyclopedia Britannica. Disponível em:

[http://pt.wikipedia.org/wiki/J%C3%B6ns\\_Jacob\\_Berzelius#O\\_legado\\_cient.C3.ADfco](http://pt.wikipedia.org/wiki/J%C3%B6ns_Jacob_Berzelius#O_legado_cient.C3.ADfco)  
Acesso em 28 de ago de 2014.

CRUZ, S. **Moldes de Injeção Termoplásticos, Termofixos, Zamak, Alumínio e Sopro**. 2. ed. Curitiba-PR: Hemus Livraria, 2002.

FIALHO A. B. **SolidWorks Premium 2009: Teoria e Prática no Desenvolvimento de Produtos Industriais: Plataforma para projeto CAD/CAE/CAM**. São Paulo: Erica, 2009.

GLANVILL, A. B.; DENTON, E.N. **Moldes de Injeção: Princípios Básicos de Projetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

HARADA, Julio; **Moldes Para Injeção de Termoplásticos: projetos e princípios básicos**. São Paulo: Artliber, 2004.

HOJE, Indústria. **Moldagem Sopro e Estiramento**. Artigo. 2013. Disponível em: <http://www.industriahoje.com.br/moldagem-sopro/moldagem-sopro-estiramento>. Acesso em 08 ago. 2014

MANO. Eloisa Biassoto; MENDES. Luís Cláudio. **Introdução a Polímeros**. 2. ed. ver. e ampl. São Paulo: Blucher, 1999.

PLATES. Jones. **Força de Fechamento do Molde**. Disponível em: <http://platesprojetosdemoldes.blogspot.com.br/2012>. Acesso em: 01 set. 2014.

RABUSKI, M. C. **Fundamentos de Projetos de Ferramentas**. Pdf-CEFET. Rio Grande do Sul-RS. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAE1RMAK/apostila-moldes-cefet-rs>. Acesso em: 02 set. 2014.

SILVA, Manuela Clemente. **Introdução aos Plásticos**. Montenegro 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAEjKQAH/plasticos>. Acesso em 20 jun 2014.

SYSTEMES, Dessault: **Ajuda on-line Solid Works**. Disponível em: <http://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx>. Acesso em 22 ago 2014

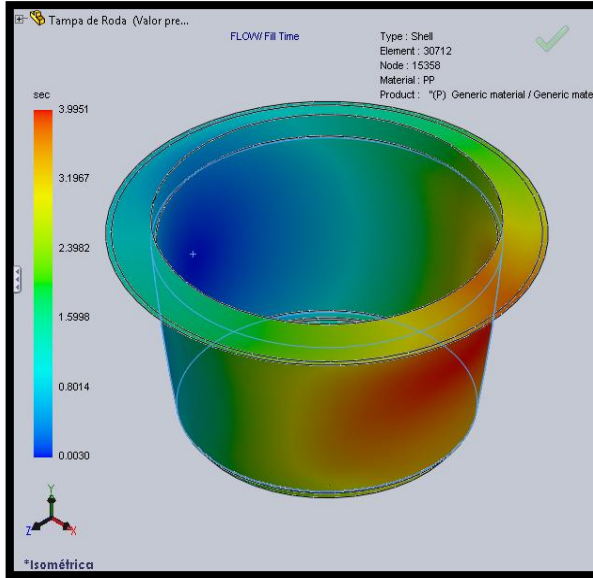
SYSTEMES, D; SKA, R. **Solid Works 2007: Moldes e Matrizes**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/157075397/SolidWorks-2007-Moldes-e-Matrizes>. Acesso em 02 mar 2014.

SORS, László. BARDÓCZ, László. RADNÓTI, István. **Plásticos Moldes e Matrizes (Műanyagalakító Szerszámok)**. Budapeste-Hungria: Hemus Livraria, Distribuidora S. A. 2002. Disponível em: <http://books.google.com.br/books> Acesso em: 19 jun 2004.

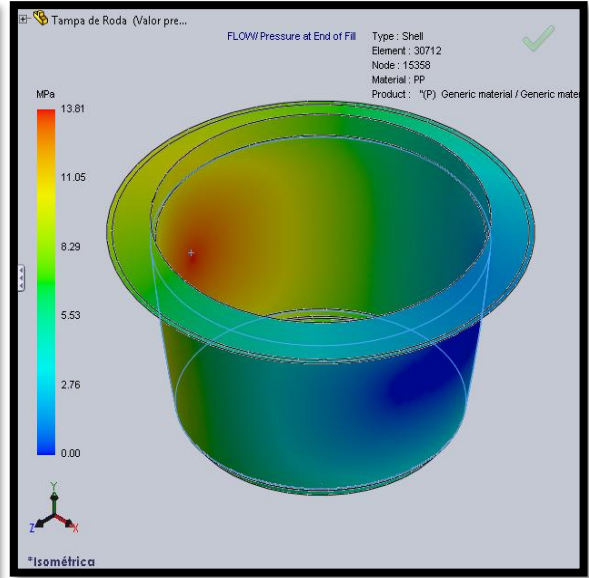
THOMAZI, Eduardo. **Introdução ao Projeto de Ferramentas: Canais de Injeção**. Disponível em <http://www.ebah.com.br>. Acesso em 03 mar 2014.

WHELAN, Tony. **Manual de Moldagem por Sopro da Bekum**. São Paulo: Politeo, 1999

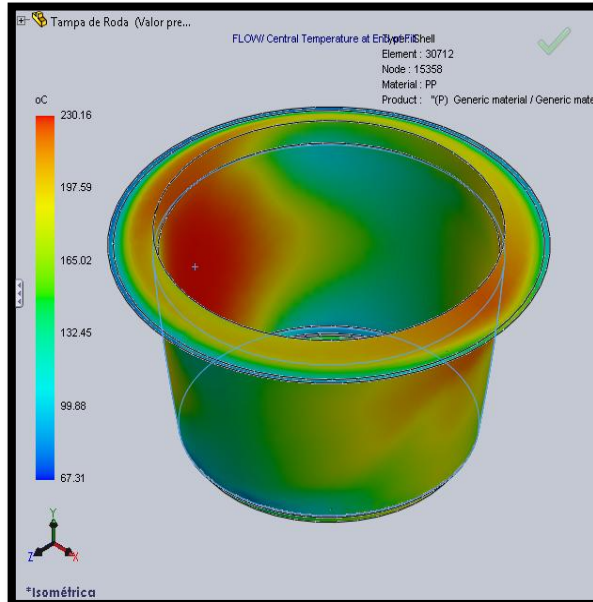
### Tempo (tempo de preenchimento)



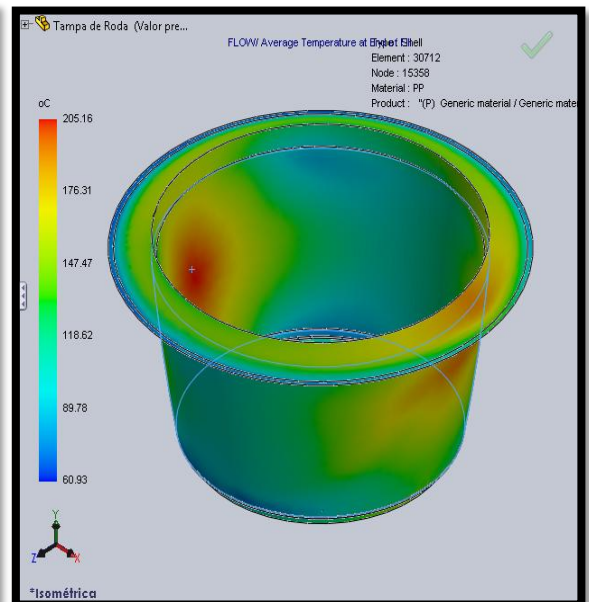
### Fluxo (pressão no final do preenchimento)



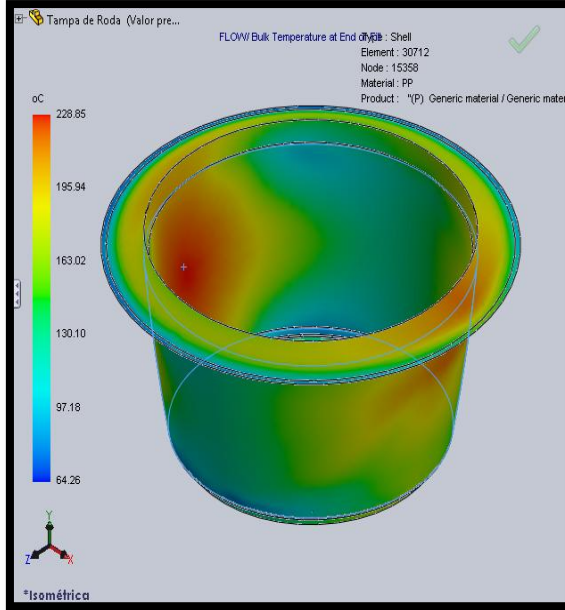
### Fluxo de Temperatura (ao centro no final do preenchimento)



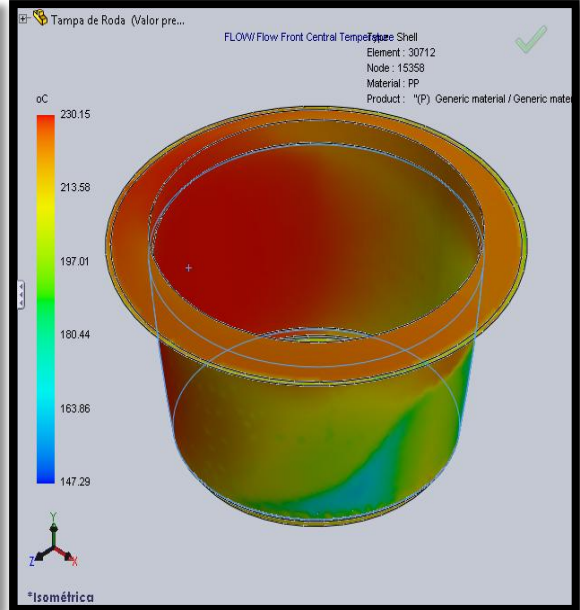
### Fluxo de temperatura (média no final do preenchimento)



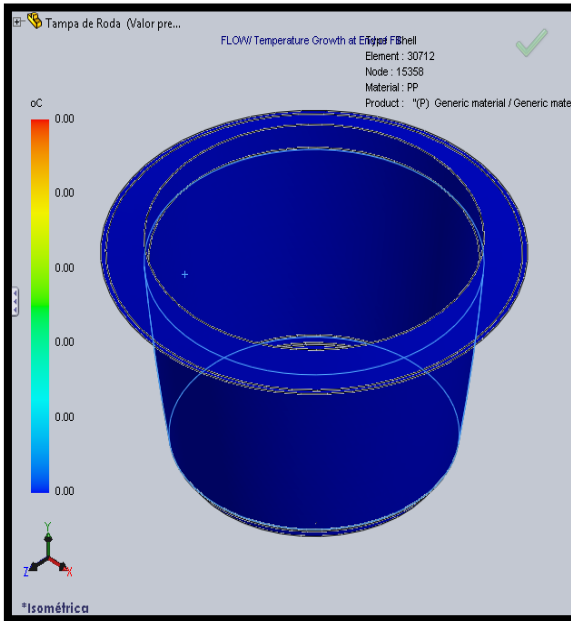
### Fluxo (temperatura em massa no final do preenchimento)



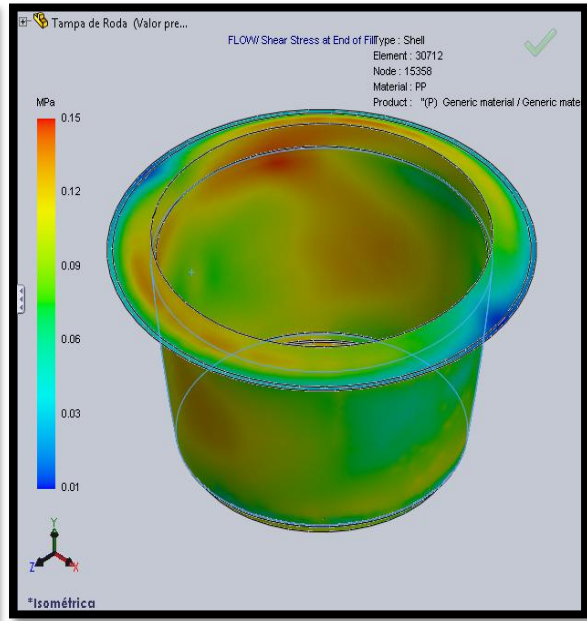
### Fluxo Central (frente de temperatura)



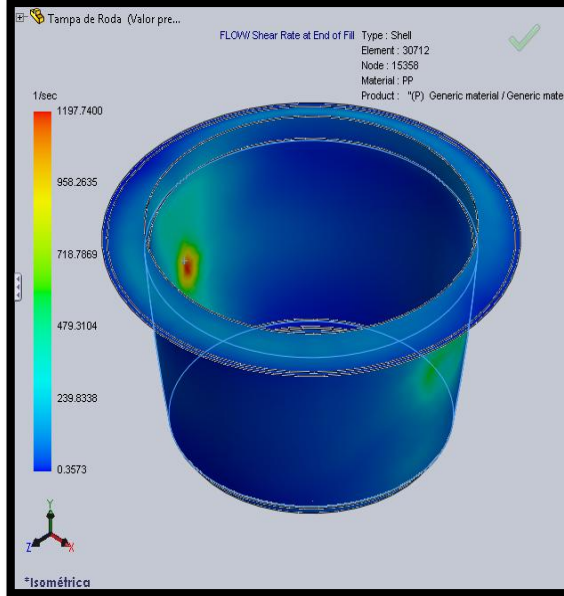
### Fluxo (crescimento temperatura no final do preenchimento)



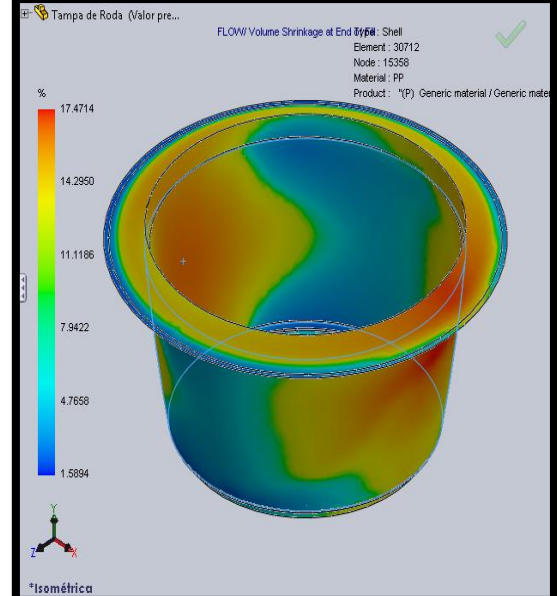
### Fluxo (tensão de cisalhamento no final do preenchimento)



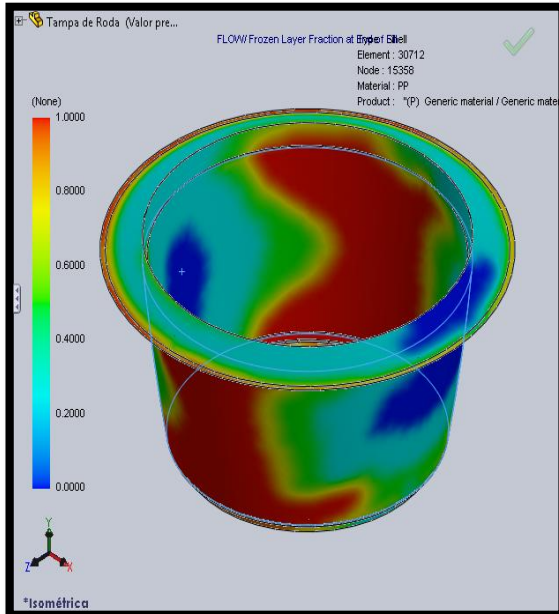
**Fluxo (taxa de cisalhamento no final do preenchimento)**



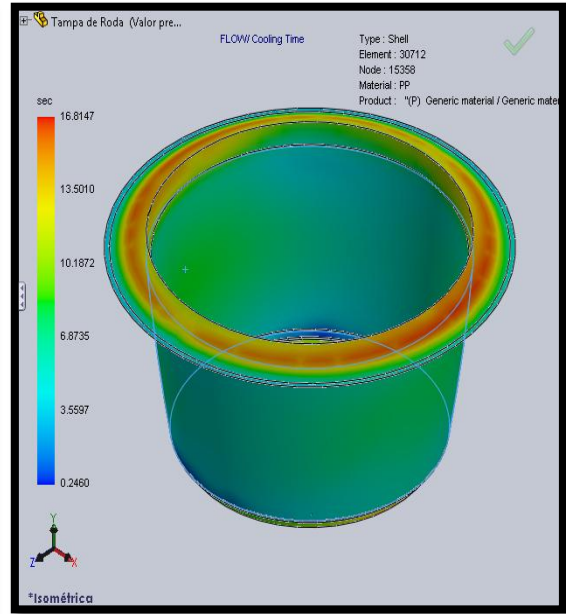
**Fluxo (volume encolhimento no final do preenchimento)**



**Fluxo de Congelamento (fração final da camada de preenchimento)**

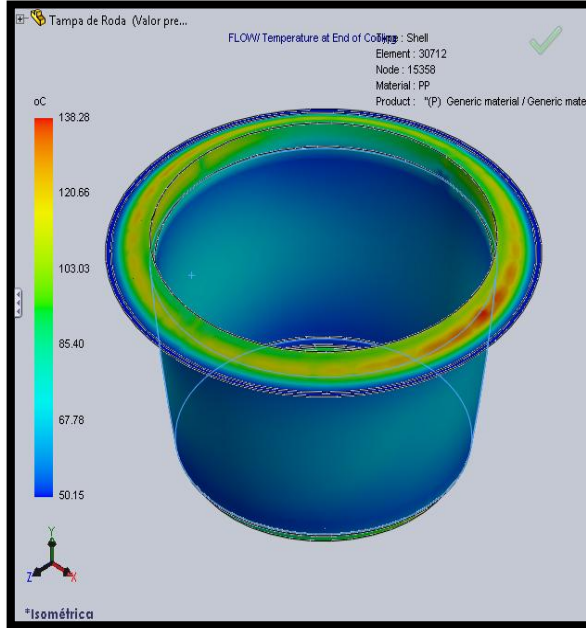


**Fluxo de Tempo (arrefecimento)**

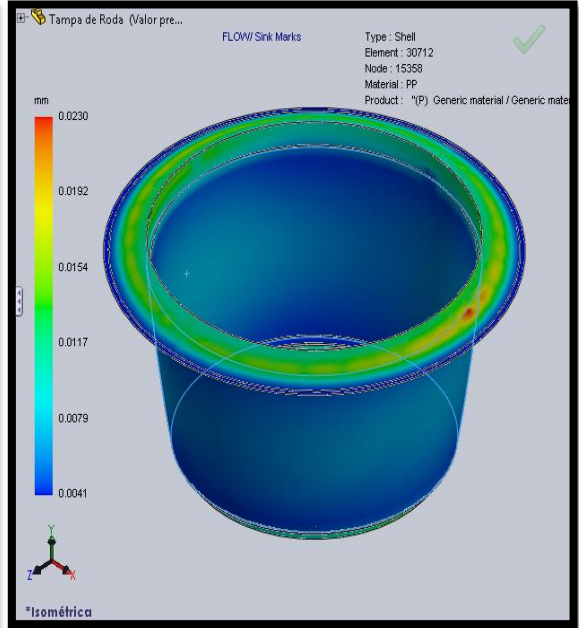




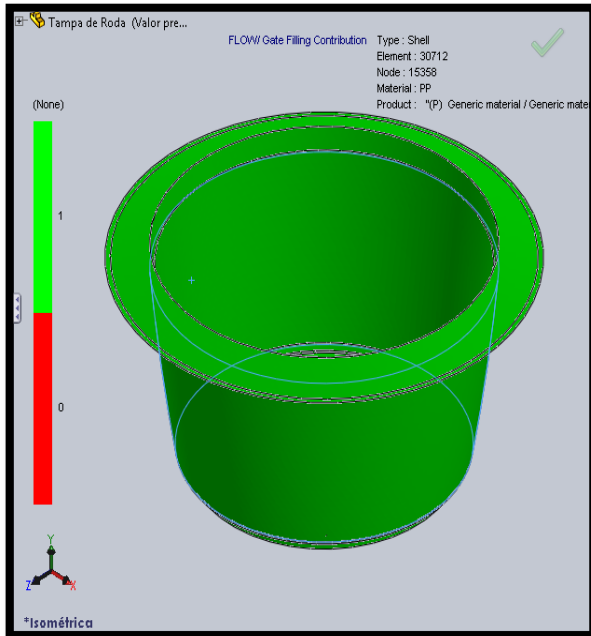
### Fluxo (temperatura no final do resfriamento)



### Fluxo (marcas de fluxo)



### Fluxo (contribuição para o ponto de enchimento)



### Fluxo (facilidade de preenchimento)

