

N. CLASS. M621.885  
CUTTER 395 d  
ANO/EDIÇÃO 2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ARCÍSIO TEOFILO DE PAULA JÚNIOR**

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE MATRIZES, PARA EXTRUSÃO DE  
PERFIS DE ELASTÔMERO UTILIZADOS COMO VEDAÇÃO AUTOMOTIVA**

**Varginha**  
**2014**

**ARCÍSIO TEOFILO DE PAULA JÚNIOR**

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE MATRIZES, PARA EXTRUSÃO DE  
PERFIS DE ELASTÔMERO UTILIZADOS COMO VEDAÇÃO AUTOMOTIVA**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica  
do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG  
como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel,  
sob orientação do Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes.

**Varginha**

**2014**

**ARCÍSIO TEOFILO DE PAULA JÚNIOR**

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE MATRIZES, PARA EXTRUSÃO DE  
PERFIS DE ELASTÔMERO UTILIZADOS COMO VEDAÇÃO AUTOMOTIVA**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia  
Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas –  
UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de  
bacharel, pela Banca Examinadora:

Aprovado em / /

---

Prof. M.e Alexandre de Oliveira Lopes

---

Prof. M.e Luciene de Oliveira Prósperi

OBS:

Dedico este trabalho a minha família, por serem os responsáveis diretos por meu êxito em mais esta etapa de minha vida e a todos os amigos que me apoiaram para o cumprimento deste desafio que esta sendo conquistado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, principalmente a minha família, aos amigos, companheiros de sala, de trabalho, a Cooper Standard e aos professores pelos conhecimentos transmitidos.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e resolva  
provar ao contrário.”

Albert Einstein

## RESUMO

Com o objetivo de apresentar os resultados obtidos através da utilização do software CAE (Engenharia Assistida por Computador), este trabalho trata do processo de extrusão de perfis elastômeros para vedações automobilísticas, bem como os materiais necessários para seu beneficiamento. Descreverá as propriedades de suas matérias primas e as características do processo de fabricação e dos componentes que os constituem. Dará ênfase à elaboração e melhoria de projetos dos ferramentais responsáveis por dar o formato da peça extrudada através da melhoria e otimização de projetos, com a utilização do CAD (Desenho Assistido por Computador). Com a intenção de reduzir o refugo gerado no processo produtivo, tanto na fase desenvolvimento, bem como na fase de produção.

**Palavras-chave:** Extrusão. Elastômeros. Ferramentais. Refugo.

## ***ABSTRACT***

In order to present the results obtained from the use of CAE (Computer Aided Engineering) software, this work deals with the extrusion of elastomer profiles for automotive sealings process and the necessary materials for its processing. Describe the properties of its raw materials and the characteristics of the manufacturing process and the components that constitute them. Will emphasize the development and improvement of tooling projects responsible for giving the shape of the extruded part through the improvement and optimization projects with the use of CAD (Computer Aided Design). With the intention to reduce the waste generated in the production process, both during development and in production.

**Keywords:** Extrusion. Elastomers. Tooling. Waste.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Guarnição porta malas .....	12
Figura 02 – Classificação de borracha.....	14
Figura 03 – Linha de extrusão de elastômero.....	20
Figura 04 – Extrusora .....	21
Figura 05 – Zonas da extrusora .....	22
Figura 06 – Vista explodida de uma matriz para extrusão de elastômeros .....	23
Figura 07 – Matriz e perfil extrudado.....	24
Figura 08 – Vista em corte, matéria prima escoando entre matriz e cabeçote .....	25
Figura 09 – Matrizes em desenvolvimento em 2014.....	26
Figura 10 – Projeção em 3D de uma matriz de extrusão.....	27
Figura 11 – Componentes de uma matriz de extrusão.....	28
Figura 12 – Resultados antes durante e após estudo .....	28
Figura 13 – Matriz sem estudo .....	29
Figura 14 – Quantidades de testes e de horas para liberação de uma ferramenta de extrusão.....	30
Figura 15 – Custo de linha para liberação de uma ferramenta para produção .....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
<b>2.1 Vedações automotivas</b> .....	12
<b>2.2 Elastômeros</b> .....	13
<b>2.3 Classificação dos elastômeros</b> .....	13
2.3.1 Borracha natural .....	14
2.3.2 Tabela de classificação .....	14
<b>2.4 Processamento de elastômero</b> .....	19
2.4.1 Processo de transformação do elastômero .....	20
<b>2.5 Extrusão</b> .....	20
2.5.1 Extrusora .....	21
2.5.2 Sistema motriz .....	22
2.5.3 Canhão ou cilindro .....	23
2.5.4 Rosca .....	23
<b>2.6 Matriz</b> .....	23
<b>3 MÉTODOS</b> .....	26
3.1 Desenvolvimento da ferramenta .....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	32
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de perfis para vedações tem o objetivo de vedar e proteger o veículo de agentes internos e externos, por sua vez se faz necessário um estudo inicial do projeto para conhecer os requisitos básicos de cada peça a ser desenvolvida e aplicada.

Este trabalho aborda um estudo sobre o desenvolvimento de ferramentas utilizadas no processo produtivo de extrusão de elastômeros, para obtenção de perfis para vedações de automóveis e o processo de transformação, necessário para sua obtenção.

Neste estudo serão citadas algumas características do processo de extrusão de materiais elastômeros e o comportamento da matéria prima em seu processamento, de tal forma a nos permitir interpretar os resultados obtidos a partir do estudo inicial, para desenvolvimento das matrizes de extrusão, com a finalidade de obter maior robustez da ferramenta e um ganho em sua vida útil, impactando em sua qualidade, além de reduzir os custos necessários para o desenvolvimento do ferramental.

Mostrará o quanto pode ser importante para a empresa acreditar e apostar no setor de desenvolvimento, afinal o bom funcionamento dos ferramentais, garante uma melhor produtividade e consequentemente qualidade dentro do processo produtivo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Vedações automotivas

Podemos definir as vedações automotivas que serão descritas neste trabalho, como o próprio nome já diz, os componentes responsáveis por garantir e manter a vedação no interior dos automóveis, garantindo que não haja a infiltração de poeira e água (COOPER, 2007).

Outra função associada a essas peças é o de amortecimento entre as partes móveis do veículo, preservando e impedindo o contato direto entre elas. Também são utilizadas para minimizar ruídos do automóvel (COOPER, 2007).

Figura 1 - Guarnição de porta malas.



Fonte: Aliexpress 2014.

Entre esses componentes podemos citar: guarnições de porta (montadas entre a carroceria do carro e as portas), pestanas (montada entre a parte inferior do vidro e a carroceria), canaletas (peça por onde os vidros deslizam montadas entre a carroceria e as partes laterais e superiores das portas), guarnição capô (responsável pela vedação do capô e diminuição de ruídos), entre outros (COOPER, 2007).

## 2.2 Elastômeros

A maioria dos elastômeros são polímeros orgânicos. São excelentes combustíveis. Os elastômeros a base de silicone se distinguem por sua natureza mineral.

Um elastômero é um material amorfo que possui uma temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) baixa (normalmente inferior à  $-40\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Para compreender as suas notáveis propriedades elásticas, é importante notar que os elastômeros são obtidos a partir de polímeros lineares que, à temperatura ambiente (bem acima de sua  $T_g$ ), são líquidos (muito viscosos); as forças coesivas entre as cadeias poliméricas são muito baixas, de mesma ordem de grandeza das existentes nos líquidos moleculares voláteis nos gases .

Cadeias macromoleculares são normalmente enoveladas, este estado é o resultado da liberdade de rotação dos "elos" da cadeia entre si e dos movimentos de "agitação térmica desordenada" ( movimento Browniano ) que os afetam de forma permanente; uma cadeia pode ter diferentes "conformações" que sucedem de uma forma aleatória; o estado enrolado de uma corrente só pode ser descrito de uma forma estatística.(WIKIPEDIA, 2014)

Para limitar o deslizamento entre as cadeias do polímero líquido, uma leve reticulação cria os "nós de ancoragem" conferindo ao material uma estrutura tridimensional. Da mesma forma que anteriormente, os "segmentos da cadeia" entre dois nós se encontram "dobrados". Se uma força de tração é exercida sobre a estrutura, os seguimentos se estendem e a distância entre os dois nós cresce consideravelmente; o material é bastante "deformável".

Material que recupera sua forma e dimensões originais após cessar a aplicação de uma carga. (RUBBERPEDIA, 1995).

## 2.3 Classificação dos elastômeros

Classificação dos elastômeros se dá em função da sua aplicação, por exemplo: respeita ao amortecimento, à rigidez, à resistência a temperaturas elevadas ou baixas, à resistência a óleos, à resistência ao ataque químico e por algumas das características apresentadas após envelhecimento. (RUBBERPEDIA, 1996).

### 2.3.1 Borracha natural

No princípio a borracha era conhecida com (“caoutchouc” derivada da palavra índia “caa-o-chu”) é, sendo o poli-isopreno extraído da seiva da árvore *Hevea brasiliensis*, sendo conhecida como borracha natural (NR). Ela foi a primeira a ser utilizada até 1927 devido a seu potencial técnico e possui alguns constituintes como antioxidantes naturais e ativadores de vulcanização representados pelas vitaminas e ácidos gordos.

Nas indústrias do segmento desde que T. Hanko e Charles Goodyear conseguiram em 1843 e 1844 os primeiros lotes de borracha natural houve um grande avanço, pois se deu início a produção de artigos de borracha e combinações dos mesmos. (PPGEM, 2012).

### 2.3.2 Tabela de classificação

Figura 2: Classificação das borrachas

<b>TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DAS BORRACHAS</b>			
<b>GRUPO R</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>	<b>GRAU DE SATURAÇÃO</b>
Cadeia principal de carbono com unidades insaturadas ("borracha")			
<b>ABR</b>	Borrachas de acrilato butadieno		
<b>BR</b>	Borrachas de butadieno	Não polar	Insaturada
<b>CR</b>	Borrachas de cloropreno	Polar	Insaturada
<b>IIR</b>	Borrachas de isobutileno-isopreno	Não polar	Fracamente saturada
<b>BIIR</b>	Borrachas de bromobutilo	Não polar	Fracamente saturada
<b>CIIR</b>	Borrachas de clorobutilo	Não polar	Fracamente saturada

<b>IR</b>	Borrachas de isopreno (sintéticas)	Não polar	Insaturada
<b>NBR</b>	Borrachas de acrilonitrilo-butadieno	Polar	Insaturada
<b>HNBR</b>	Borrachas de acrilonitrilo-butadieno hidrogenado		
<b>NCR</b>	Borrachas de acrilonitrilo-cloropreno		
<b>NIR</b>	Borrachas de acrilonitrilo-isopreno		
<b>NR</b>	Borracha de isopreno (borracha natural)	Não polar	Insaturada
<b>PBR</b>	Borrachas de vinil piridina-butadieno		
<b>PSBR</b>	Borrachas de vinil piridina butadieno-estireno		
<b>SBR</b>	Borrachas de butadieno-estireno	Não polar	Insaturada
<b>SCR</b>	Borrachas de cloropreno-estireno		
<b>SIR</b>	Borrachas de isopreno-estireno		
<b>GRUPO M</b>			
Cadeia principal de carbono, somente com unidades saturadas ("metileno")	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>	<b>GRAU DE SATURAÇÃO</b>
<b>ACM</b>	Copolímero de acrilato de etil ou outros acrilatos com uma pequena quantidade de um monómero que	Polar	Saturado

	facilita a vulcanização		
<b>ANM</b>	Copolímero de acrilato de etil ou outros acrilatos e acrilonitrilo		
<b>CM</b>	Polietileno clorado	Polar	Saturado
<b>CFM</b>	Politrifluorocloroetileno (de acordo com ISO 1043:PCTFE)		
<b>CSM</b>	Polietileno clorosulfonado	Polar	Saturado
<b>AEM</b>	Copolímeros de etileno e acrilato com uma pequena quantidade de um monómero que facilita a vulcanização		
<b>EPDM</b>	Terpolímeros de etileno, propileno e um dieno com a porção insaturada residual do dieno na cadeia lateral	Não polar	Saturado
<b>EPM</b>	Copolímeros de etileno e propileno	Não polar	Saturado
<b>EVM</b>	Copolímeros de etileno e acetato de vinil		
<b>FPM</b>	Borrachas com flúor, grupos de fluoralquilo ou fluoralcoxi na cadeia principal do polímero (também FKM)	Polar	Saturado
<b>IM</b>	Poliisobuteno, Poliisobuteno		

<b>GRUPO N</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>	<b>GRAU DE SATURAÇÃO</b>
além de carbono também tem azoto na cadeia principal			
<b>N</b>	Amidas de polieter (polyether amides)		
<b>GRUPO O</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>	<b>GRAU DE SATURAÇÃO</b>
além de carbono também tem oxigénio na cadeia principal			
<b>CO</b>	Policlorometil oxirano; borrachas de epiclorohidrina	Polar	Saturado
<b>ECO</b>	Copolímeros de óxido de etileno (oxirano) e clorometil oxirano (epiclorohidrina)	Polar	Saturado
<b>GPO</b>	Copolímero de óxido de propileno e éter de alquilglicidilo	Polar	Saturado
<b>GRUPO Q</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>	<b>GRAU DE SATURAÇÃO</b>
Cadeia principal siloxano			
<b>FMQ</b>	Borracha de silicone com grupos metil e flúor na cadeia do polímero	Polar	Saturado
<b>FVMQ</b>	Borracha de silicone com grupos metil, vinil e flúor na cadeia do polímero		
<b>MQ</b>	Borracha de silicone só	Polar	Saturado

	com grupos metil na cadeia do polímero		
PMQ	Borracha de silicone com grupos metil e fenil na cadeia do polímero	Polar	Saturado
PVMQ	Borracha de silicone com grupos metil, fenil e vinil na cadeia do polímero	Polar	Saturado
VMQ	Borracha de silicone com grupos metil e vinil na cadeia do polímero.	Polar	Saturado
	<p><b>NOTA:</b> As borrachas de silicone são muitas vezes designadas simplesmente por Q</p>		
<b>GRUPO T</b>	Além de carbono também tem enxofre na cadeia principal	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>
	Borrachas de polisulfureto		
<b>GRUPO U</b>	Além de carbono também tem N e O na cadeia principal	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>POLARIDADE</b>
AFMU	Terpolímeros de tetrafluoretileno trifluornitroso-metano e ácido nitrosoperfluorbutirico		

AU	Borrachas de poliéster uretano	Polar	Saturado
EU	Borrachas de polieter uretano	Polar	Saturado
<b>MODIFICAÇÕES</b>			
X-	Borrachas carboxiladas		
S-	Borrachas de solução		
EM-	Borrachas de emulsão		
OE-	Borrachas extendidas com óleo		
B-	Borrachas bromadas		
C-	Borrachas cloradas		
Y-	Borrachas termoplásticas		

Fonte: Rubberpedia 1996.

## 2.4 Processamentos de elastômeros

Segundo a Norma DIN 53501

A Norma DIN 53501 define os termos borracha (matéria-prima), elastômero (borracha) e vulcanização de acordo com critérios baseados no produto final da seguinte forma <sup>[3]</sup>:

- **Borracha (matéria-prima)** - as borrachas (matéria-prima) são polímeros não reticulados, mas reticuláveis (vulcanizáveis) e que são “*rubber-elastic*” à temperatura ambiente e, dentro de certos limites, em gamas adjacentes de temperatura. A temperaturas elevadas e/ou sob a influência de forças de deformação, a borracha, matéria-prima, mostra, de modo crescente, um fluxo viscoso que a torna capaz, sob condições adequadas, de sofrer processos de modelação. A borracha, matéria-prima, é o material de partida para a manufatura de elastômeros (borracha). (RUBBERPEDIA, 1996).

- **Elastômeros (borracha)** - os elastômeros são materiais poliméricos reticuláveis, a temperaturas inferiores à sua temperatura de decomposição. São duros e tipo vidro a baixas temperaturas e não são sujeitos a fluxo viscoso a altas temperaturas. Em vez disso, especialmente à temperatura ambiente, eles comportam-se de maneira “*rubber-elastic*”. Este comportamento é caracterizado pelos relativamente baixos valores de módulo de corte que são pouco dependentes da temperatura. (RUBBERPEDIA, 1996).

• **Vulcanização** - a vulcanização é um processo de reticulação pelo qual a estrutura química da borracha, matéria-prima, é alterada. A mudança de estado torna o material elástico, restaura a elasticidade possuída no início pelo material ou alarga o intervalo de temperaturas em que a elasticidade é observada de princípio ao fim. (RUBBERPEDIA, 1996).

#### 2.4.1 Processos de transformação de elastômeros

Consiste em vulcanizar o elastômero, adicionando enxofre a formula e expondo a elevadas temperaturas, para formar reticulações modificando a estrutura, onde passa de um estado pegajoso e plástico para um estado elástico. (WIKIPEDIA, 2014)

### 2.5 Extrusão

O processo de extrusão é uma forma de moldagem muito antiga, cujo início não se tem muitos registros. Sabe-se que o processo de extrusão foi utilizado em escala industrial, desde o início do século XIX, na fabricação de tubos de chumbo (BARRA, 2013).

A palavra “extrusão” tem raiz e vai buscar significado nos vocábulos latino, em que “ex” significa força e “tudere” significa empurrar (BARRA, 2013).

Podemos descrever a extrusão como um processo que tem como princípio combinar calor e trabalho mecânico, para modificar matérias primas, através da conformação em matrizes.

Figura 3 - Linha de extrusão de elastômeros.



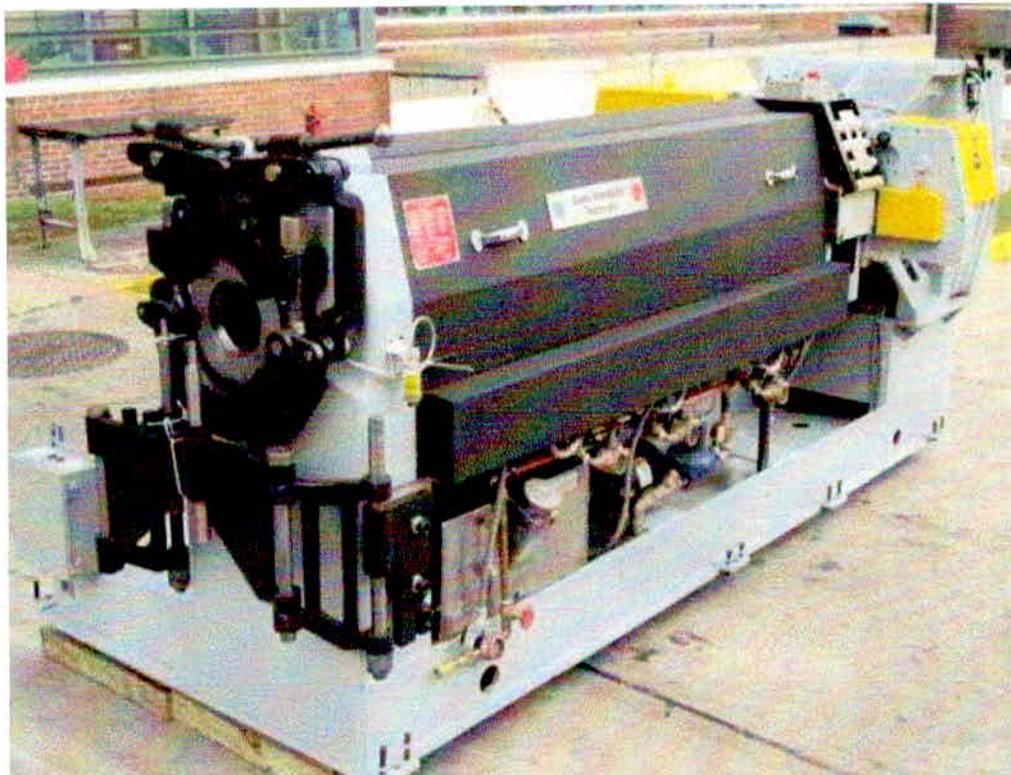
Fonte: Tecnomast, 2014.

De grande difusão e aplicação no processamento de elastômeros, o processo de extrusão é característico pela produção de material semimanufaturado como barras, tubos, perfis, placas e filmes, entre outros (DUPONT HYTREL, 2013).

### 2.5.1 A extrusora

A função da extrusora é aquecer e homogeneizar o elastômero de modo que possa ter temperatura e pressão constante no elastômero.

Figura 4 - Extrusora



Fonte: Davis Standard, 2014.

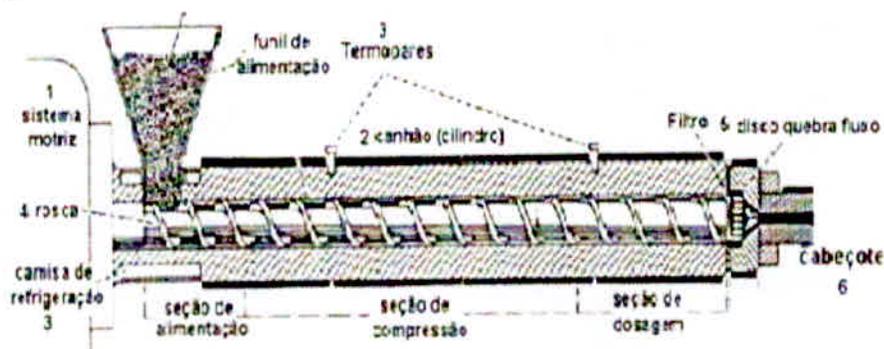
Segundo Broliato (2009), a extrusora é construída de um cilindro em cujo interior gira uma rosca sem-fim. Na maioria das vezes a extrusão é descendente, ou seja, consiste em alimentar a extrusora com o material moído ou granulado, o qual através da gravidade cairá sobre a rosca.

Conforme Broliato (2009), o movimento da rosca promove o transporte do material elastômero que cai do funil de alimentação, preenchendo o espaço dos sulcos entre os filetes, levando até a extremidade do cilindro.

Para diminuir o tracionamento, que o transportará no cilindro ou canhão há resistências elétricas, responsáveis pelo seu aquecimento. Parte do calor também é provida pelo atrito do próprio material com as paredes do cilindro (BROLIATO, 2009).

Nessa fase, o material passa por três zonas: alimentação, compressão e dosagem (RODA, 2012).

Figura 5 – Zonas da Extrusora.



Fonte: (BARRA, 2013).

Na zona de alimentação, a rosca possui sulcos profundos, pois a intenção é apenas aquecer o material próximo ao seu ponto de fusão e transportá-lo a próxima zona (RODA, 2012).

Na zona de compressão, existe uma diminuição progressiva dos sulcos da rosca, comprimindo o material contra as paredes do cilindro promovendo sua plastificação (RODA, 2012).

Na zona de dosagem, os sulcos da rosca são continuamente rasos, fazendo com que exista uma mistura eficiente do material e a manutenção da vazão através da pressão gerada (RODA, 2012).

Ao final do cilindro o material é forçado contra telas de aço, e o conjunto de telas é usado para: remover quaisquer impurezas ou material não fundido do fluxo de resina fundida e também para assegurar suficiente contrapressão na extremidade da rosca (RODA, 2012).

### 2.5.2 Sistema Motriz

A movimentação da rosca é feita por intermédio de um redutor, o qual é acionado pelo motor. A velocidade do motor deve ser controlada para regular a variação da velocidade da rosca. Esse controle é feito através de dois aparelhos: o tacômetro e o amperímetro (BARRA, 2013).

### 2.5.3 Canhão ou cilindro

O cilindro é a parte da máquina em cujo interior é alojada a rosca. O cilindro proporciona uma das superfícies necessárias para friccionar o polímero. É constituído de aços especiais, possuindo elevada resistência à abrasão e à estabilidade térmica (BARRA, 2013).

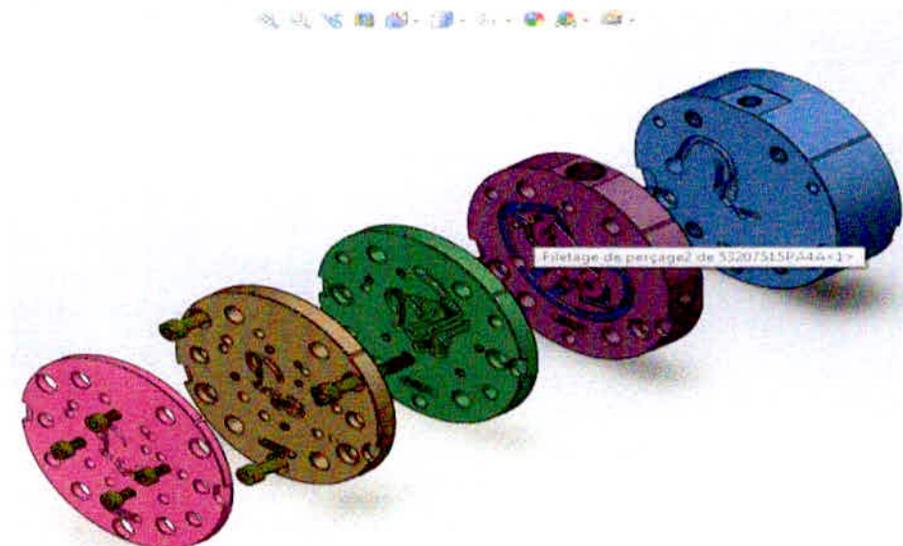
### 2.5.4 Rosca

A rosca é a parte principal de uma extrusora, tendo a função de: Fazer que o material elastômero avance para a matriz; Misturar convenientemente o material elastômero; Ter comprimento suficiente para fundir (amolecer) e reduzir a viscosidade do material (BARRA, 2013).

### 2.6 Matriz

As matrizes para extrusão de elastômeros são ferramentas dotadas de canais e cavidades, por onde a matéria prima processada pela extrusora escoam.

Figura 6 - Vista explodida de uma matriz para extrusão de elastômeros.



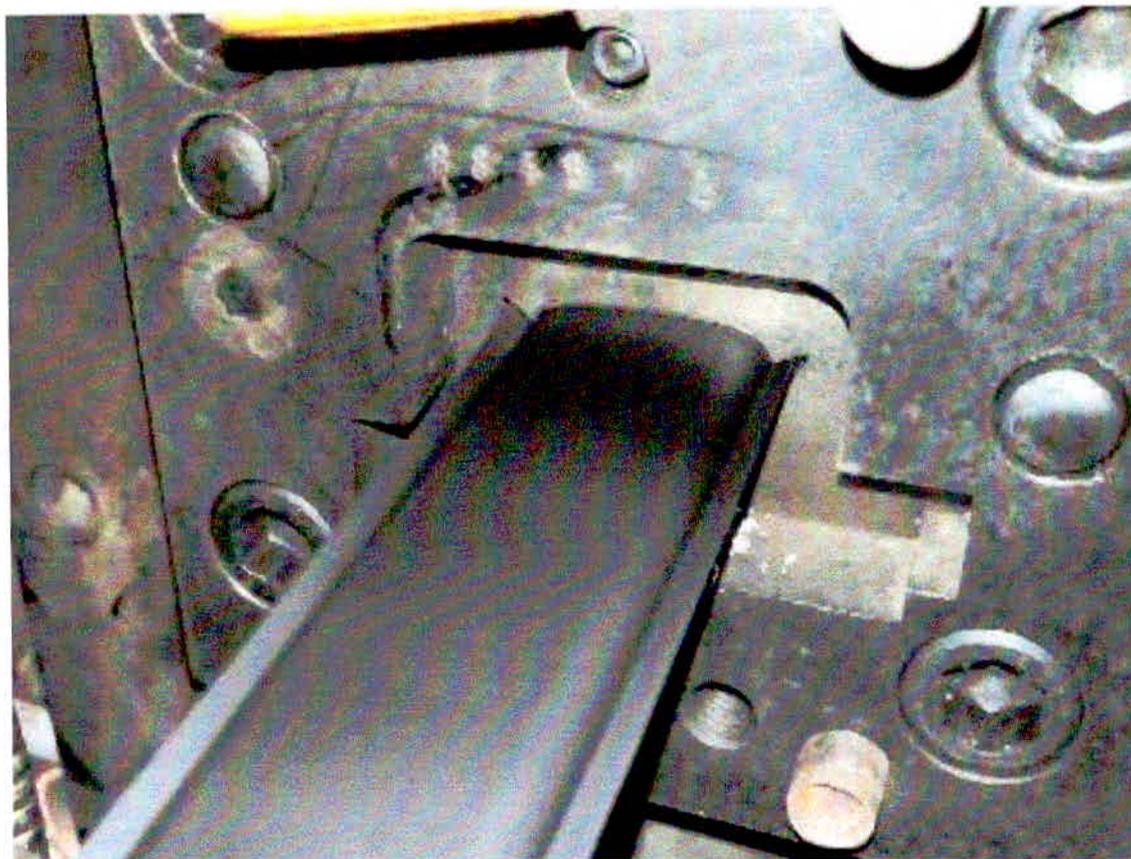
Fonte: O autor, 2014.

É a ferramenta responsável pelo formato do produto extrudado. As dimensões da matriz podem variar de acordo com o projeto do cabeçote, que faz a ligação entre a ferramenta e a extrusora.

Cada empresa possui um conhecimento e tecnologias diferentes por isso como dito anteriormente os padrões das ferramentas irão variar.

Durante o deslocamento da matéria prima na extrusora, o material é progressivamente aquecido, cisalhado, comprimido passando pelo cabeçote até extremidade de uma matriz.

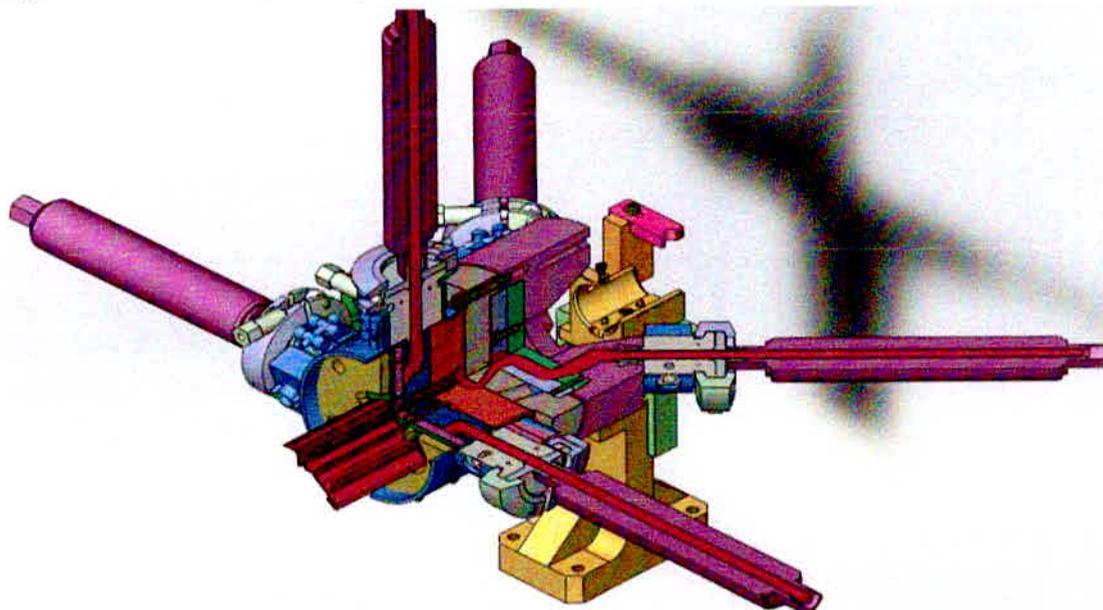
Figura 7 - Matriz e perfil extrudado.



Fonte: O autor, 2014.

A ferramenta é acoplada na extremidade do cabeçote e que possui o controlador de temperatura, garantindo a temperatura do fluido no interior do ferramental. Variações de temperatura na extrusora, especialmente na parte frontal e na matriz, influenciam na qualidade do material extrudado, pois a sua viscosidade depende e varia conforme a temperatura e pressão.

Figura 8 - Vista em corte, matéria prima escoando entre o conjunto matriz e cabeçote.



Fonte: O autor, 2014.

Durante a produção, a variação da pressão também indica variações na vazão e na viscosidade do fundido, pois como já dito a viscosidade do material na fase de compressão, pode variar como a temperatura de trabalho e a pressão.

### 3 MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na *Cooper Standard*, que é uma empresa multinacional que atua no desenvolvimento e transformação de elastômeros em perfis para vedação (guarnições de porta, porta mala, canaletas, pestanas, caixa de ar, etc.).

Hoje a empresa possui em torno de 350 ferramentas em produção e estão sendo desenvolvidas aproximadamente 40 novas ferramentas, 40% são para extrusão de termoplásticos e 60% para extrusão de elastômeros.

Figura 9 - Matrizes em Desenvolvimento em 2014.



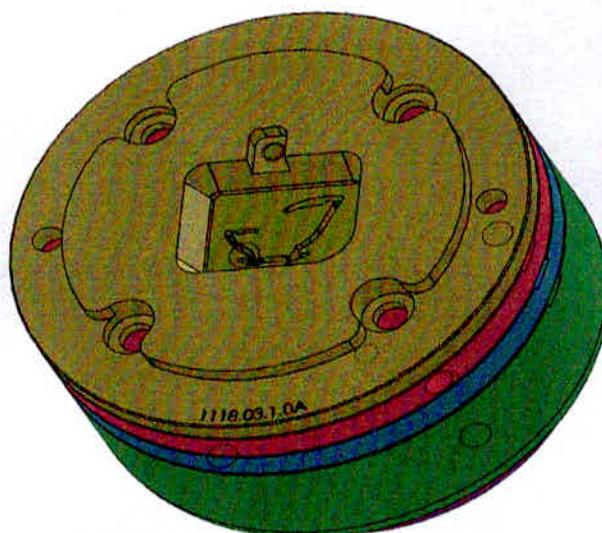
Fonte: o autor

### 3.1 Desenvolvimento da ferramenta

O projeto da ferramenta se iniciou, a partir da entrega do desenho matemático do cliente, ao setor responsável pela elaboração e construção do ferramental.

Neste desenho estão contidas além da geometria final da peça, informações que o produto deverá possuir, quando montadas na carroceria do automóvel, e também qual material o produto deverá ser constituída, (tipos plásticos ou borrachas).

Figura 10 - Projeto em 3D, de uma matriz de extrusão.



Fonte: - O autor, 2014.

Uma vez definida quais as características e propriedades o perfil extrudado deverá possuir, o projetista responsável pela ferramenta dará início a elaboração do projeto.

O modelamento da matriz de extrusão é feito da através de softwares de desenho em 3D, o programa utilizado é o *Solid Works* e segue o padrão de ferramentas da empresa, com cotas e dimensões já pré-definidas.

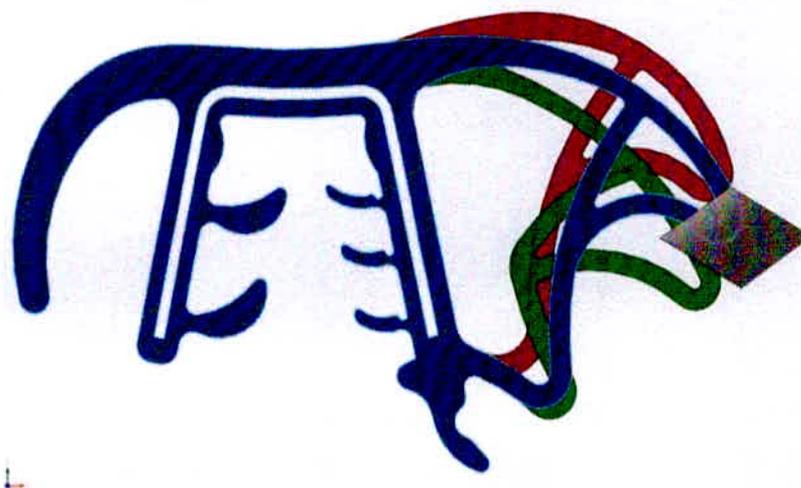
Figura 11- Componentes de uma matriz de extrusão.



Fonte: O autor, 2014.

Uma vez definida a geometria da ferramenta, é dado início seu processo de construção e posteriormente a ferramenta será testada no processo produtivo.

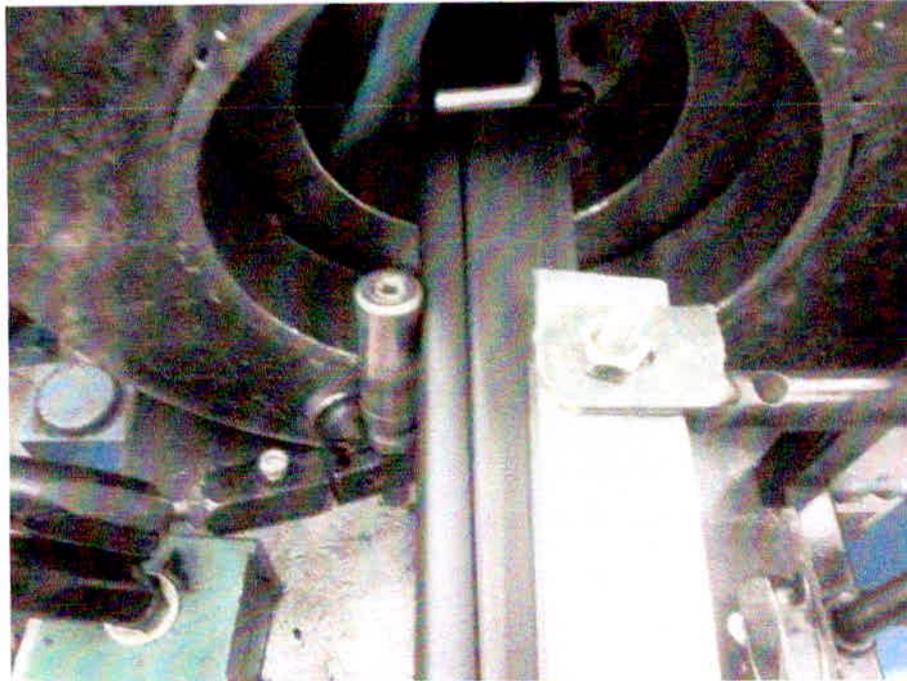
Figura 12 – Resultados antes, durante e após estudo.



Fonte: O autor, 2014.

- Conforme Mylar (desenho oficial)
- Matriz sem estudo do produto
- Matriz com estudo para atender Mylar

Figura13: Matriz sem estudo



Fonte: o Autor, 2014

Todas as etapas no projeto da matriz são para garantir o mínimo de perdas no processo, quanto menor o tempo de testes em linha para enquadrar a ferramenta no desenho, melhor para empresa, pois ela estará deixando de gerar perdas.

Não esquecendo que uma vez que o perfil encontra-se fora do especificado acarreta nos seguintes problemas: infiltração de água e poeira, reclamação no cliente, desgaste prematuro da peça, ruído, retrabalho, esforço maior no fechamento da porta e aspecto visual fica comprometido.

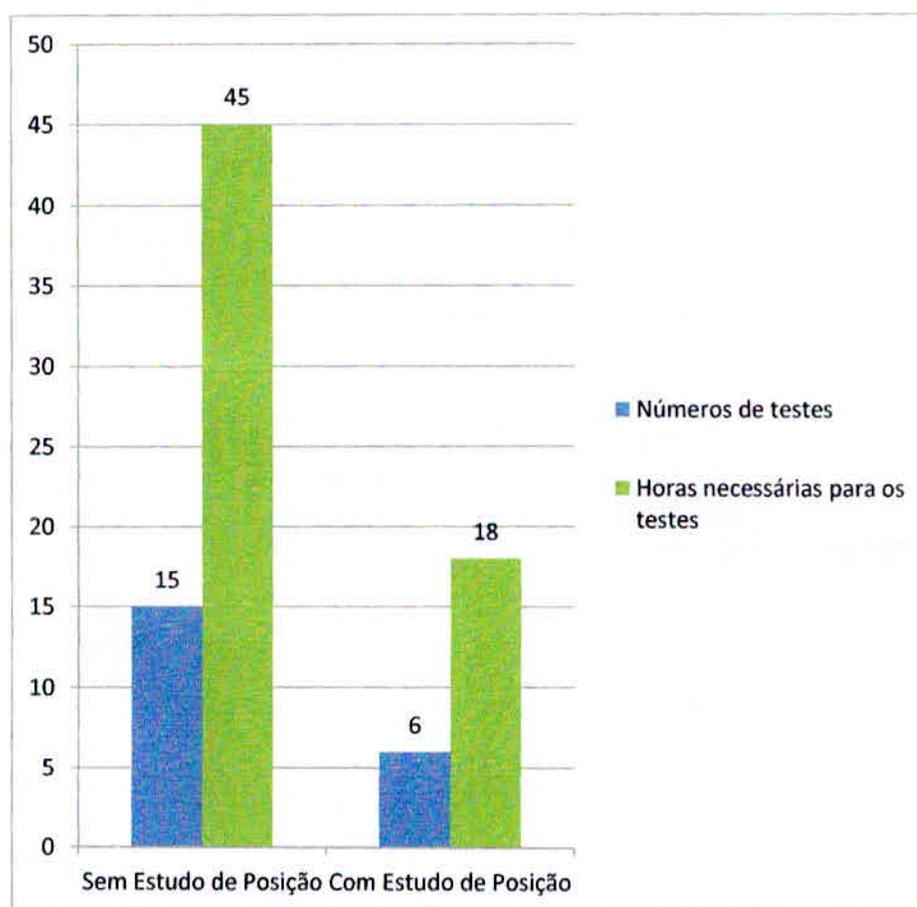
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com esta alteração, estamos assegurando que um componente mais robusto está entrando em produção, como resultado a sua substituição será em um tempo maior.

Se tomarmos nos basearmos em todos os testes realizados em matrizes de extrusão, que foram feitos estudos, inclusive os que não descritos neste trabalho, temos uma média seis (06) testes para liberação da ferramenta para produção. Como descrito anteriormente a média de testes para a liberação de uma ferramenta em que não foi realizada a simulação gira em torno de quinze (15), deixamos de realizar nove (09) lançamentos em cada uma das ferramentas que estão em desenvolvimento, obtivemos um ganho na eficiência do projeto de 60%.

O tempo médio para realização de *Trial* é de três (03) horas, já incluídos o tempo de preparação e setup das máquinas.

Figura 14 – Quantidades de testes e de horas para liberação de uma ferramenta para produção.



Fonte: O autor, 2014.

O custo de uma (01) hora de linha gira em torno cento e vinte reais (R\$120,00), assim temos:

Figura 15: Custo da linha para liberação de uma ferramenta para produção.



Fonte: O autor, 2014.

Houve uma redução de cinco mil e quatrocentos reais (R\$5.400,00) para dois mil cento e sessenta reais (R\$2.160,00), com isso a empresa deixou de gastar três mil duzentos e quarenta reais (R\$3.240,00) em cada ferramenta.

## 5 CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados com a utilização do CAD, foi verificada uma redução no índice de refugo e reclamações dos clientes devido geometria irregular ou possíveis causas de defeitos que acarreta em dificuldade de montagem, moldagem, avaliação do funcional da peça, entrada de agentes externos e internos, etc. Nota-se que é extremamente vantajoso e confiável visto que reduziu perdas no processo produtivo, retrabalhos e possibilitou ganhos no tempo de linha, pois realizamos cada vez mais testes no computador, balanceando o fluxo do composto na matriz de extrusão proporcionando cada vez mais peças e produtos com qualidade fortalecendo parceria entre clientes, empresa e colaboradores.

## REFERÊNCIAS

- ALIEXPRES 2014, Disponível em Fonte:** [http://pt.aliexpress.com/promotion/automobiles\\_door-sealant-promotion.html](http://pt.aliexpress.com/promotion/automobiles_door-sealant-promotion.html), 2014. **Acesso em: 15/02/2014.**
- ANSEL, Howard C.et. al. **Formas Farmacêuticas e Sistemas de Liberação de Fármacos.** 69. ed. São Paulo: Premier, 2000.
- ARNO, Blass. **Processamento de Polímeros.** 2. ed. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 1988.
- BARRA, Guilherme Mariz de Oliveira. **Processamento de Materiais Poliméricos.** Disponível em <http://emc5744.barra.prof.ufsc.br>. Acesso em: 15/02/2014.
- BRIDGE, R. **Polymer extrusion.** 1997. Disponível em: [http://www.salspolymer.com/sources/polymer extrusion.htm](http://www.salspolymer.com/sources/polymer%20extrusion.htm). Acesso em: 15/02/14.
- CALLISTER, Willian D. **Ciência e engenharia de materiais uma introdução.** 5. ed. Rio de Janeiro, 2002.
- CANEVAROLO JUNIOR., Sebastião V. **Ciências dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** São Paulo: Artliber, 2002.
- COOPER Standard. **Treinamentos internos para capacitação profissional.** Varginha, MG, 02/06/2007.
- CORDEBELLO, F. S. Polímeros do Futuro – Tendências e Oportunidades Polímeros. **Ciência e Tecnologia**, v.12, 2002.
- CTB. Disponível em <http://www.ctb.com.pt>. Acesso em: 20/02/2014.
- DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração.** Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- DUPONT HYTREL. Disponível em <http://www2.dupont.com>. Acesso em 12/02/2014.
- WIKIPEDIA, Disponível em [http:// http://pt.wikipedia.org/wiki/Elast%C3%B4mero](http://pt.wikipedia.org/wiki/Elast%C3%B4mero). Acesso em: 20/02/2014.