



FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC

PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E

TECNOLOGIA INDUSTRIAL

RENATO DOS SANTOS

SUBSTITUIÇÃO DA BORRACHA TERMOFIXA “EPDM” POR

ELASTÔMEROS TERMOPLÁSTICOS EM SISTEMAS DE

VEDAÇÃO AUTOMOTIVOS

Salvador

2011

RENATO DOS SANTOS

**SUBSTITUIÇÃO DA BORRACHA TERMOFIXA “EPDM” POR
ELASTÔMEROS TERMOPLÁSTICOS EM SISTEMAS DE
VEDAÇÃO AUTOMOTIVOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial, Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador: Prof^o Dr^o. Wagner Maurício Pachekoski

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Carla Dalmolin

Salvador

2011

S237s

Santos, Renato dos.

Substituição da borracha termofixa “EPDM” por elastômeros termoplásticos em sistemas de vedação automotivos. / Renato dos Santos. 2011.

88f.; il.; color.

Orientador: Prof^º Dr.^º Wagner Maurício Pachekoski.

Dissertação - Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC, Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial, 2011.

1. Termoplástico. 2. Vedação automotiva. 3. Polímeros termofixo. 4. EPDM.
I. Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC. II. Pachekoski, Wagner Maurício.

RENATO DOS SANTOS

SUBSTITUIÇÃO DA BORRACHA TERMOFIXA “EPDM” POR
ELASTÔMEROS TERMOPLÁSTICOS EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO
AUTOMOTIVOS

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

Aprovada em 28 de outubro de 2011.

Banca Examinadora

Prof^o. Dr^o. Wagner Maurício Pachekoski

Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC

Prof^a. Dr^a. Carla Dalmolin

Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil

Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC

Prof^o. Dr^o. Francisco Rosário

Doutor em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Zona Leste

Dedico este trabalho aos meus pais Jarbas e Etelvina (*in memorian*), aos meus irmãos Rubens, Ricardo e Roberto (*in memorian*), a minha esposa Dalila e aos meus filhos Arthur, Camila e July.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof^o. Dr^o. Wagner Maurício Pachekoski, meu orientador.

À Cooper Standard Automotive pelo apoio financeiro e técnico.

À FCC Fornecedora de Componentes Químicos e Couro Ltda pelo apoio técnico e materiais cedidos aos experimentos.

Ao SENAI CIMATEC, pelas condições de realização deste trabalho. A Prof. Dr^a. Carla Dalmolin, pela co-orientação, paciência e rigor nas correções.

Aos estagiários Marcelo e Taiana, pela motivação, persistência e colaboração.

Aos colegas de trabalho, Angela, Jean-Marc, Roberto e Regina pelo suporte técnico.

A todos que de alguma forma contribuíram para que este objetivo fosse atingido.

RESUMO

Atualmente os sistemas de vedação automotiva no Brasil são baseados em perfis extrudados de borracha EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer). Estes produtos possuem algumas oportunidades como: I – possibilidade de redução do peso com eliminação da fita metálica utilizada para garantir a rigidez da estrutura do perfil; II – possibilidade de redução da área da seção do perfil e conseqüentemente a redução do peso do sistema de vedação; III – a dificuldade de reutilização do refugo do EPDM no mesmo processo produtivo. Este trabalho analisou alguns polímeros elastômeros termoplástico (TPE, TPV, TPO e TPU), avaliando as características e processabilidade de fabricação de perfis de vedação em escala de produção para o uso na indústria automotiva. Os quatro termoplásticos foram extrudados e o TPE e TPV foram qualificados como materiais adequados para esta função. Foram realizados ensaios mecânicos e químicos para a avaliação destes materiais, que confirmaram a aptidão dos dois TP's para esta função.

Palavras-chave: vedação automotiva, polímero termofixo, EPDM, termoplásticos

ABSTRACT

Currently the automotive sealing systems in Brazil are based on extruded EPDM rubber (Ethylene Propylene Diene Monomer). These products have some opportunities such as: I - the possibility of reducing weight by eliminating the metal strip used to ensure the profile structure's stiffness; II - the possibility of reducing the area of the profile section and consequently reducing the weight of the sealing system; III - the difficulty of reusing EPDM scrap in the same production process. This paper analyzed some thermoplastic elastomer polymers (TPE, TPV, TPO and TPU), analyzing the characteristics and manufacturing processes in production scale of the sealing profile for the use in the automotive industry. The four thermoplastic polymer were extruded and both TPE and TPV materials were classified as suitable for this function. Mechanical and chemicals assays were performed the evaluation of these materials, which confirmed the suitability of two TP's for this function.

Keywords: Automotive Sealing System, Thermoset Polymer, EPDM, Thermoplastic

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Vantagens X Desvantagens na utilização de Polímeros	24
Tabela 1.1	Polímeros, Propriedades e Peças, Hemais (2003)	25
Tabela 1.2	Elastômeros Termoplásticos e suas fases	26
Tabela 1.3	Propriedades TPE-O e TPV, com 1% e 2% de enxofre	33
Tabela 1.4	Características dos materiais	37
Tabela 1.5	Temperaturas dos perfis na extrusão	47
Tabela 1.6	Condições de injeção dos corpos de prova (TPE e TPV)	50
Tabela 1.7	Temperatura de extrusão, TPO	51
Tabela 1.8	Rugosidade comparativa do TP's	57
Tabela 1.9	Resultado dos ensaios de tração/deformação	62
Tabela 2	Medição das durezas dos TP's (escala Shore A)	64

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	Percentual de polímeros na composição de veículos automotivos	23
Figura 1.1	Cadeia Polimérica TPE	31
Figura 1.2	Processos: Borrachas Termofixa X Borrachas Termoplásticas	31
Figura 1.3	Cadeia dos Elastômeros Termoplásticos base poliuretano	34
Figura 1.4	Perfil de Extrusão para TPV	49
Figura 1.5	Perfil de extrusão para TPU	49
Figura 1.6	Perfil de extrusão para TPE	50
Figura 1.7	Perfil de extrusão para TPO	50
Figura 1.8	Corpos de prova em envelhecimento	53
Figura 1.9	Extrusão de TPE	57
Figura 2	Extrusão TPU	58
Figura 2.1	Extrusão TPV	59
Figura 2.2	Extrusão TPO	59
Figura 2.3	Resultado dos ensaios de extrusão	60
Figura 2.4	Corpos de prova (TPE e TPV)	61
Figura 2.5	Gráfico comparativo das propriedades de tração do EPDM e TPV	65
Figura 2.6	Corpos de prova após 500 horas de ensaios a 80°C	66
Figura 2.7	Gráfico do ensaio do envelhecimento após 500 horas a 80° C	66
Figura 2.8	Dureza Shore A – EPDM, TPE e TPV	67
Figura 2.9	Medidor de altura	68
Figura 3	Gráfico ensaio UV	69
Figura 3.1	Corpos de prova – EPDM, TPE e TPV	70
Figura 3.2	Gráfico ensaio nevoa salina	71
Figura 3.3	Análise do fluxo de caixa	71
Figura 3.4	Formação de preço	72
Figura 3.5	Análise da concorrência para TP's	74
Figura 3.6	Análise de riscos	75

LISTAS DE SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
BV	Borracha vulcanizada
CIMATEC	Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
CO ₂	Dióxido de carbono
DCPD	Diciclopentadieno
DP	Grau de Polimerização
ENB	Etilidene norborneno
EPDM	Etileno Propileno Dieno Monômero
EPM	Etileno Propileno Monômero
EPR	Borracha Etileno Propileno
EVA	Etil vinil acetato
FIEB	Federação das Indústrias do Estado da Bahia
HD	Hexadieno
HDPE	Polietileno de alta densidade
MPa	Mega Pascal
MWD	Distribuição do peso molecular
P	Pressão
PA	Poliamida
PAN	Poliacrilonitrila
PBT	Poli tereftalato de butileno
PBT-HI	Poli tereftalato de butileno de alto impacto
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PET	Poli tereftalato de etileno
POM	Poli óxido de metileno
PP	Polipropileno
PPS	Poli sulfeto de fenileno
PTFE	Polietrafluoroetileno
PU	Poliuretano
PVC	Poli cloreto de vinila
PS	Poliestireno
SAE	Society of Automobile Engineers

SBS	Poliestireno Butadieno
SIS	Poliestireno Isopreno
SEBS	Poliestireno etileno-butileno
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
T	Temperatura
Tg	Temperatura de transição vítrea
Tm	Temperatura de fusão
TPE	Elastômero Termoplástico
TPO	Elastômero Termoplásticos base Olefínica
TPU	Elastômero Termoplástico base Uretano
TPV	Elastômero Termoplástico base Uretano
EPDM	Ultra alta frequência

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	16
1.2 Objetivos	18
1.3 Motivação	19
1.4 Hipóteses	19
1.5 Metodologia	20
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 Polímeros	21
2.2 Polímeros na Indústria Automotiva	23
2.3 Etileno Propileno Dieno Monômero (EPDM).....	27
2.4 Elastômeros Termoplásticos.....	29
2.4.1 Elastômero termoplástico poliuretano (TPU)	34
2.4.2 Propriedades mecânicas	35
2.4.3 Elastômero termoplásticos vulcanizado (TPV).....	36
2.4.4 Elastômeros termoplásticos olefínicos (TPO)	37
2.4.4.1 Distribuição das fases no composto TPO	38
2.4.4.2 Condições de processamento do TPO	38
2.4.4.3 Características do TPO	39
2.4.4.4 Aspectos e aplicações do TPO.....	40
2.5 Processamento de Termoplásticos.....	41
2.5.1 Extrusão de termoplásticos.....	41
2.5.2 Injeção de termoplástico.....	44

3 MATERIAIS E MÉTODOS	47
3.1 Materiais.....	47
3.2 Métodos.....	48
3.2.1 Secagem	48
3.2.2 Extrusão	49
3.2.3 Resfriamento	50
3.2.4 Tracionamento.....	51
3.2.5 Corte em linha	51
3.2.6 Obtenção dos corpos de prova.....	51
3.2.6.1 Injeção.....	51
3.2.6.2 Estampagem	52
3.2.7 Ensaio de tração.....	52
3.2.8 Ensaio de dureza.....	52
3.2.9 Dimensionamento.....	53
3.2.10 – Envelhecimento térmico.....	53
3.2.11 – Exposição à umidade	54
3.2.12 – Rugosidade	54
3.2.13 – Resistência a UVA e UVB.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.1 Processo de Extrusão.....	56
4.2 Injeção.....	61
4.3 Ensaio de Rugosidade Superficial	61
4.4 Ensaio Mecânicos.....	62
4.5 Ensaio de Tensão / Deformação.....	63

4.6 Ensaio de Envelhecimento Térmico.....	65
4.7 Ensaio de Dureza.....	67
4.8 Dimensionamento.....	68
4.9 Ensaio de Estabilidade a Ultravioleta.....	69
4.10 Ensaio de Estabilidade em Névoa Salina	69
4.11 Análise de Viabilidade Financeira.....	71
4.11.1 Análise de viabilidade de mercado	72
4.11.2 Impactos indiretos.....	73
4.11.3 Análise de viabilidade técnica.....	73
4.11.4 Análise de viabilidade econômica.....	74
4.11.5 Análise da concorrência e riscos	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
5.1 Contribuições.....	76
5.2 Atividades Futuras de Pesquisa	77
6 REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICES	81
ANEXOS	96

1 INTRODUÇÃO

Os polímeros representam a imensa contribuição da Química para o desenvolvimento industrial do século XX. Em torno de 1920, Staudinger apresentou trabalho em que considerava, embora sem provas, que a borracha natural e outros produtos de síntese, de estrutura química até então desconhecida, eram na verdade materiais consistindo de moléculas de cadeias longas, e não agregados coloidais de pequenas moléculas, como se pensava naquela época.

Somente em 1928 foi definitivamente reconhecido pelos cientistas que os polímeros eram substâncias de elevado peso molecular. A inexistência de métodos adequados para a avaliação do tamanho e da estrutura química não permitiam que moléculas de dimensões muito grandes fossem isoladas e definidas cientificamente com precisão. Por esta razão, em literatura antiga, encontra-se a expressão “*high polymer*” para chamar a atenção sobre o fato de que o composto considerado tinha, realmente, peso molecular muito elevado. Atualmente, não é mais necessária essa qualificação.

Desde a II guerra mundial tem havido uma grande expansão das indústrias de polímeros e produtos plásticos, adotando-se novos usos e tecnologias para estes materiais. Rapidamente os polímeros substituíram os materiais tradicionais como metais, vidro e a madeira nos mais diversos campos de aplicação, incluindo as indústrias automobilísticas, eletroeletrônica e da construção civil e em produtos com aplicações especiais e militares. O espetacular crescimento do mercado de plásticos, no início dos anos 1970, foi resultado não apenas da descoberta de novos plásticos, mas também da refinação e da segmentação dos materiais estabelecida. Desta maneira, os plásticos deixaram de ser considerados como apenas material de substituição, para fornecer novos benefícios de custo. A visão de consenso dos benefícios do plástico pode ser verificada, por exemplo, em suas vantagens para a indústria automotiva: economia, redução de peso, potencial estilo, design funcional, efeitos novos, manutenção reduzida e resistência à corrosão.

Entre os principais polímeros utilizados na indústria automotiva estão os elastômeros, definidos como polímeros que apresentam alta deformação sob esforços relativamente baixos e voltam rapidamente ao estado inicial quando cessa o esforço deformante. Em automóveis, elastômeros são amplamente usados nos compartimentos do motor debaixo do capô, com as borrachas naturais, ou como mangueiras e vedações de carroçaria com as borrachas sintéticas.

Entre os compostos elastoméricos de maior importância na indústria automotiva encontra-se a Borracha de Etileno-Propileno-Dieno (EPDM), dominante no segmento de vedações de carroçaria e mangueiras de radiadores, devido a facilidade de extrusão para perfis de vedação além da excelente resistência à absorção de água, combinada com boas propriedades mecânicas e custo relativamente baixo. Porém, a conformação de perfis de EPDM demanda um alto tempo de cura e altos gastos energéticos devido a necessidade de cura. O produto final conformado é ainda um elastômero termofixo, onde seus resíduos não podem ser reaproveitados e as peças descartadas não podem ser recicladas por técnicas convencionais.

Desta maneira, pretende-se, neste trabalho, estudar opções de elastômeros termoplásticos para a substituição do EPDM no setor automotivo. As substituições serão focadas em vedações de vidros móveis (melhorando ou mantendo o desempenho do sistema de vedação) e visando uma melhoria de processo (eliminando o tempo de cura). Ganhos ambientais serão ainda conseqüentes desta substituição, oriundos da economia energética gerada e da possibilidade de reciclagem dos resíduos de processo e futuras peças descartadas.

1.1 Justificativa

Como justificativas técnicas que corroboram para este trabalho destacam-se:

- A necessidade de redução de peso dos sistemas de vedação fabricados em EPDM e, conseqüentemente, dos veículos automotivos dotados destes sistemas;
- A necessidade da eliminação da estrutura metálica necessária para

garantir a rigidez estrutural do perfil de EPDM, justificada pelo potencial de corrosão veicular que as mesmas apresentam;

- A restrição durante o processamento do EPDM, que não permite acoplamento de funções devido à temperatura elevada necessária para a vulcanização dos perfis;
- A dificuldade de obter cores diferentes do preto, devido a formulação do EPDM, que utiliza o negro de fumo como carga;
- O tempo de elevado de processamento para a vulcanização do EPDM;
- A necessidade de elevado espaço físico para a vulcanização do EPDM em linhas de fornos/túneis;
- O elevado consumo de energia para o processamento (vulcanização) do EPDM;
- A impossibilidade de reutilização do refugo do EPDM no mesmo processo produtivo;
- A alta emissão de gases (VOC) para atmosfera, durante o processamento do EPDM.

Financeiramente a contribuição deste trabalho é justificada pelo comparativo entre os custos de matéria prima: EPDM e os Termoplásticos utilizados para os sistemas de vedação de vidros móveis e os respectivos processos produtivos de extrusão de elastômeros. Assim estima-se que o custo dos processos reduzirá, obtendo produtos com desempenhos similares de cada função, respeitando os mesmos padrões de qualidade, o produto final em material termoplástico deverá ter um custo reduzido em aproximadamente 15% em Canaletas, 12% em Pestanas Externa e 10% para as Pestanas Interna quando comparados com a solução em EPDM. A estimava que o custo dos processos será reduzido, obtendo produtos com desempenhos similares para as mesmas funções, graças a melhoria do processo e da reutilização de material.

Os ganhos ambientais baseiam-se na possibilidade de reciclagem do termoplástico, redução dos resíduos sólidos e emissão de gases poluentes durante o processamento, comparados à solução atual em EPDM, visando o desenvolvimento sustentável.

A impossibilidade de reutilização do EPDM no processo produtivo primário aliado à emissão de gases para atmosfera, durante o processamento, e seu descarte para a atmosfera alicerçam as justificativas ambientais.

Ainda, pode-se justificar a importância social deste trabalho através da possibilidade de reciclagem do termoplástico e as reduções dos impactos ambientais, comparados à solução atual em EPDM. Isto representa um ganho direto para a comunidade, minimizando a geração de resíduos sólidos e a emissão de gases nocivos, representando um grande ganho para o desenvolvimento sustentável da sociedade.

1.2 Objetivos

Geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar a viabilidade de substituição de borracha termofixa de etileno-propileno-dieno (EPDM) por elastômeros termoplásticos em vedações automotivas para vidros móveis.

Específicos

1. Com base nas características do EPDM, propor borrachas termoplásticas que possam apresentar um bom desempenho no sistema de vedação para vidros móveis de carroçarias automotivas.
2. Avaliar a processabilidade dos materiais propostos.
3. Avaliar as propriedades e características funcionais (mecânicas, térmicas, químicas e de estanqueidade) destes termoplásticos que possam possibilitar seu uso em sistemas de vedação de vidros automotivos.

1.3 Motivação

A principal motivação é aportar o conhecimento acadêmico para aplicações industriais tradicionalmente empíricas. Os processos de fabricação de perfilados em EPDM, para vedação automotiva são baseados nas experiências não documentadas de profissionais do segmento de autopeças. Desta forma a quebra deste paradigma é o propulsor deste trabalho, aliada a perspectiva de uma parceria inovadora na região metropolitana de Salvador, unindo esforços entre a academia e indústria.

1.4 Hipóteses

As pesquisas aos trabalhos similares identificadas internacionalmente, indica uma tendência do mercado automotivo europeu, norte americano e asiático de utilização dos termoplásticos em substituição aos materiais metálicos e termofixos, objetivando a redução de peso, custo total do produto e os impactos ambientais na fabricação dos produtos atuais.

Isto nos leva a questionar quais materiais termoplásticos podem substituir o termofixo EPDM (Etileno Propileno Dieno Monômero), na função vedação automotiva para portas e vidros móveis em carroçarias automotivas no Brasil.

As hipóteses de materiais preliminares, ainda não aplicados no Brasil nesta função, foram os elastômeros termoplásticos abaixo, que já estão disponíveis no mercado local:

- TPE (termoplástico polipropileno e poliestireno etileno-butileno)
- TPV (termoplástico polipropileno com EPDM)
- TPO (termoplástico polipropileno com olefínicas)
- TPU (termoplástico polipropileno e uretano)

1.5 Metodologia

A dissertação está dividida em cinco capítulos: introdução, revisão da bibliografia, materiais e métodos, discussões dos resultados e conclusão.

O primeiro capítulo introduz o estudo da situação atual do mercado automotivo, na área de vedação de carroçarias, elucida a motivação e as hipóteses identificadas para melhorar a condição atual.

O segundo capítulo revisa a bibliografia dos polímeros estudados, suas aplicações na indústria automotiva e o elastômero mais utilizado atualmente para vedações de carroçarias automotivas no mercado brasileiro.

O terceiro capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para a realização deste estudo.

O quarto capítulo relata os resultados e discute de forma à levar o leitor para a ótica do pesquisador.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, considerações finais e oportunidades para novos estudos a serem desenvolvidos nesta área.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Analisando os trabalhos disponíveis na literatura – Alam (2005), Zhou (2007), Yue (2007), Nadgi (1993), entre outros – observa-se que poucos autores, discutem a melhoria contínua incremental, visando soluções mais amigáveis ao meio ambiente para produtos ou sistemas de vedação automotivos fabricados em EPDM e os potenciais ganhos obtidos com a utilização de materiais termoplásticos.

2.1 Polímeros

A palavra polímero deriva das palavras de origem grega *poli* (muitos) e *mero* (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) unidades de repetição denominadas meros, ligados por ligação covalente e com massa molecular maior que 10.000 g/mol. A matéria-prima para a produção de um polímero é o monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição. Dependendo do tipo de monômero (estrutura química), do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente, podemos dividir os polímeros em três grandes classes **Plásticos**, **Borrachas** e **Fibras** (CANEVAROLO, 2002).

Ainda segundo o autor, os polímeros podem ser classificados, quanto ao comportamento mecânico, em:

Plásticos são materiais poliméricos sólidos na temperatura ambiente. Podem ser classificados segundo propriedades térmicas em termoplásticos e termorrígidos.

Termoplásticos: são polímeros que, sob efeito de temperatura e pressão, amolecem e fluem, podendo ser moldados nestas condições. Retirada a solicitação (T e P), se solidificam adquirindo a forma do molde. Novas aplicações de temperatura e pressão reiniciam o processo, portanto são recicláveis. São solúveis e possuem cadeia linear ou ramificada. Como exemplo pode-se citar o polietileno (PE), polipropileno (PP), poli cloreto de vinila (PVC) entre outros.

Termorrígidos também conhecidos por termofixos, termoendurecido, polímero de rede ou em retículo, são polímeros que, quando sujeito a aplicação de

temperatura e pressão, amolecem e fluem adquirindo a forma do molde reagindo quimicamente formando ligações cruzadas entre as cadeias e se solidificam. Subseqüentes aplicações de temperatura e pressão não têm mais influência, tornando-os materiais insolúveis, infusíveis e não recicláveis. Assim, os termorrígidos são moldados quando ainda na forma de pré-polímero (antes da cura, sem ligações cruzadas). São exemplos de termofixos a baquelite (resina de fenol-formaldeído) e o epóxi (araldite).

Elastômeros são polímeros que, na temperatura ambiente, podem deformar-se no mínimo duas vezes o seu comprimento inicial, retornando ao comprimento original rapidamente após retirado o esforço. Para apresentar essas características, os elastômeros normalmente possuem cadeias flexíveis amarradas umas as outras, com uma baixa densidade de ligação cruzada. Isto define as seguintes propriedades básicas: aceita grandes deformações, mantendo boa resistência mecânica e módulo de elasticidade quando deformado e após retirado o esforço, a recuperação total da deformação. Como principal exemplo, tem-se a BV (borracha vulcanizada), termo genérico utilizado para qualquer elastômero ou mistura de elastômeros após a formação das ligações cruzadas (vulcanização).

Fibras são termoplásticos orientados (com um sentido longitudinal do eixo principal da fibra), satisfazendo a condição geométrica de $L/D \geq 100$. A orientação das cadeias e dos cristais, feitas de modo forçado durante a fiação, aumenta a resistência mecânica desta classe de materiais, tornando-os possíveis de serem usados na forma de fios finos. Com exemplos, tem-se as fibras de poliacrilonitrila (PAN), Nylons (PA), Poliéster (PET).

A estrutura do estado sólido em polímeros consiste no modo como as cadeias moleculares estão empacotadas, formando a massa sólida. Este pode ser desordenado, formando a fase amorfa, ou ordenado, regular e repetitivo, definindo a fase cristalina. Assim a cristalinidade em polímeros consiste no alinhamento de segmentos de cadeias em um arranjo tridimensional perfeito.

A maioria das propriedades físicas, mecânicas e termodinâmicas dos polímeros semicristalinos depende muito do grau de cristalinidade e da morfologia das regiões cristalinas. Quanto maior a cristalinidade, mais elevadas são as propriedades de densidade, rigidez, estabilidade dimensional, resistência química, resistência à abrasão, temperatura de fusão (T_m), temperatura vítrea (T_g), temperatura de utilização, etc (CANEVAROLO, 2002).

2.2 Polímeros na Indústria Automotiva

Desde 1845 quando os irmãos Michelin patentearam o primeiro pneu, os polímeros/elastômeros começam a fazer parte da indústria automotiva. Segundo Maine (1997), até a década de 1950, o aço compunha a maioria das peças na fabricação de um automóvel, chegando a ocupar 80 % do peso total de um carro. A média de 30 kg de polímeros empregada por veículo na década de 1970 passou a representar cerca de 180 kg no final da década de 1990 (APC, 1990).

A soma dos plásticos e elastômeros, conforme a Figura 1 demonstra que aproximadamente 16% do peso médio de um veículo é composto por polímeros, conforme a Tabela 1, reservatórios de fluidos, condutos de ar, calotas, lanternas, dentre outros são produzidos com este família de material.

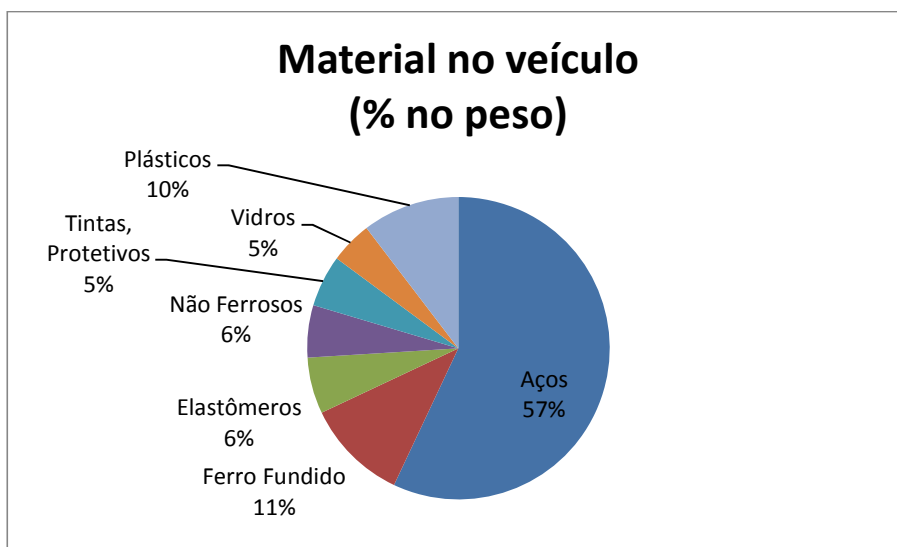


Figura 1: Percentual de polímeros na composição de veículos automotivos. Fonte Automotive News, com base na FIAT Automóveis, 2010.

Ao longo dos anos, a busca por reduzir o peso dos veículos, minimizar os custos de produção e o anular impacto destes processos de transformação no meio ambiente pode-se observar a evolução na utilização dos polímeros, dentre outros materiais que oferecem estas vantagens, Figura 1.

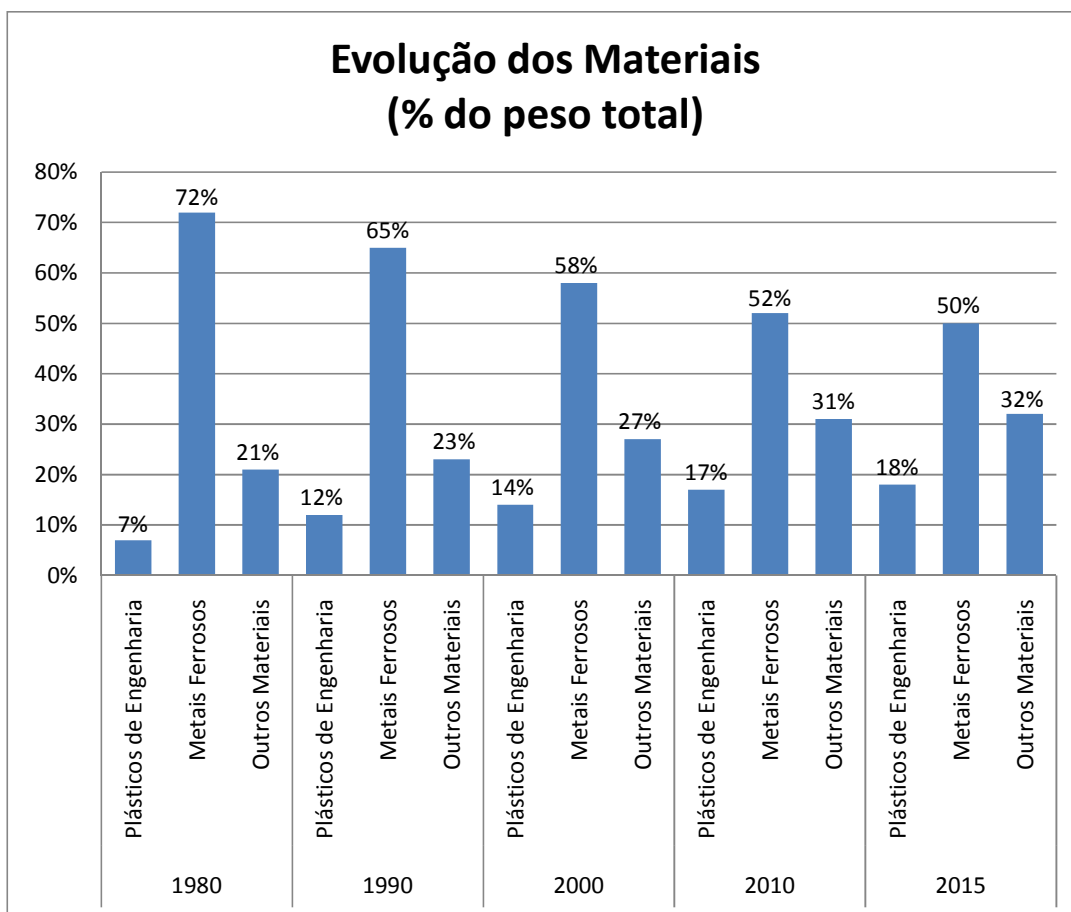


Tabela 1: Evolução dos materiais na indústria automotiva

Fonte Automotive News maio 2011, com base no Plastics Europe 2010

A Tabela 1 mostra exemplos de como os plásticos têm demonstrado um alto índice de confiabilidade e muitas vantagens sobre os materiais tradicionais que vieram a substituir, tais como o aço, o alumínio e o vidro. Além de permitir maior flexibilidade de projeto e economia na produção, sua baixa densidade é essencial para a redução do consumo de combustíveis. Aproximadamente, para 100 kg de peças plásticas utilizadas em um veículo, 200 a 300 kg de outros materiais deixam de ser consumido, o que se reflete em seu peso final. Assim, um automóvel, com uma vida útil de 150 mil quilômetros, poderá economizar 750 litros de combustível devido à utilização dos plásticos (APME, 1999).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Redução do peso	Deterioração por ação térmica e ambiental
Redução da emissão de CO ₂	Inflamabilidade
Redução de custo	Baixa resistência ao impacto
Redução do tempo de produção	Deformação permanente
Menores investimentos em manufatura	Dificuldade de adesão de película de tinta
Aumento da resistência à corrosão	Facilidade de manchas permanentes
Possibilidade de designs mais modernos	Baixa estabilidade dimensional
Formatos mais complexos	
Excelente processabilidade	
Veículo mais silencioso	
Melhor uso do espaço	
Aumento de segurança	

Tabela 1.1 – Vantagens X Desvantagens da utilização dos Plásticos x Metais

Segundo Maxwell (1994), o crescimento dos plásticos na composição dos carros alavancou após a Segunda Guerra Mundial com a descoberta de novos materiais e com os benefícios oferecidos pelos plásticos, como melhores formas e aspecto, redução de peso, resistência à corrosão, entre outros. Além dos benefícios citados por Maxwell, a Indústria automotiva moderna busca também a sustentabilidade e o desenvolvimento durável para o meio ambiente, protegendo assim as próximas gerações. A Tabela 1.1 mostra, resumidamente, as principais características na utilização dos polímeros segundo a proposta por Hemais (2003) e apresentam alguns polímeros utilizados na indústria automobilística, com as propriedades que são vantagens competitivas neste segmento.

Polímeros	Propriedades	Peças
Poliétileno de alta densidade (HDPE)	Resistência ao calor Resistência a solventes Baixa permeabilidade Boa processabilidade Baixo custo	Bombona de reserva Caixa de triângulo de emergência Reservatório de água do pára-brisa Tanque de combustível
Polipropileno (PP) e suas composições	Alta resistência química à solventes Boa estabilidade dimensional Flexibilidade Durabilidade Baixos custos Excelente balanço impacto/rigidez Boa resistência às intempéries Boa resistência a riscos	Bandeja traseira Caixa de bateria Caixa de ferramentas Calotas Conduitos de ar Depósito de fluido de freio Frisos laterais Proteções (correias, ventilador e etc.)
Polímeros fluorados Politetrafluoroetileno (PTFE) e suas composições	Alta resistência térmica Resistência a óleos Resistência a agentes químicos	Bomba de combustível elétrica Guia do pistão do amortecedor
Poli (teleftalato de butileno) (PBT) Poli (teleftalato de butileno de alto impacto) (PBT-HI)	Boa resistência mecânica Boa resistência térmica Boa estabilidade dimensional Baixa absorção de água Isolamento elétrico	Calota Carcaça de bomba d'água Pára-lama Grades Pistão do servo-freio
Policarbonato (PC)	Semelhante ao vidro Alta resistência ao impacto Boa estabilidade dimensional Boas propriedades elétricas Boa resistência às intempéries Resistência à chama Capacidade de refletir a luz Estabilidade a radiações de ultravioleta	Faróis Lanternas Painel de instrumento Retrovisores
Poliuretano (PU)	Excepcional resistência a abrasão Absorvedor de energia Isolamento acústico Fácil processabilidade	Pára-choque Estofado dos bancos Coxins Tapes Suporte do motor Enchimento do pára-choque
Poliâmida (PA)	Boa processabilidade Resistência à tensão Resistência a alta temperatura Excelente estabilidade dimensional	Dutos de captação de ar Engrenagens Conectores de sistema de injeção Sistema de freio de estacionamento Escaninho do "airbag"
Etileno Propileno Dieno Monômero (EPDM)	Boa processabilidade Resistência à alta temperatura Boa resistência às intempéries Baixa absorção de água	Vedações de Carroçarias Mangueiras Coxins

Tabela 1.2 – Polímeros, propriedades e peças da indústria automotiva

Nota-se que atualmente os sistemas de vedação automotiva são produzidos como o elastômero termorrígido EPDM. Entretanto, a busca constante por reduções de custo, e peso, além dos ganhos ambientais, induz a inovação, com a utilização de polímeros termoplásticos nesta função.

2.3 Etileno Propileno Dieno Monômero (EPDM)

O elastômero EPDM pertence ao grupo genérico das borrachas etileno-propileno, que ainda engloba duas outras variedades: terpolímeros (polímero onde a cadeia principal é formada por três meros diferentes) e os copolímeros (polímero onde a cadeia principal é formada por dois meros diferentes). Morton (1989), Nagdi (1987) e Barlow (1988) afirmam que o rápido crescimento do consumo de borracha de EPDM tem como principal causa as suas excelentes propriedades, tais como: resistência ao ozônio, à intempérie, à oxidação, boa flexibilidade a baixas temperaturas (dependendo do teor em etileno), isolamento elétrico, fácil processamento (mistura, extrusão ou injeção), possibilidade de ser formulada com grandes quantidades de cargas (negro de fumo ou cargas brancas).

Os copolímeros são geralmente referidos como borrachas “EPM”, nas quais as letras “E” e “P” significam respectivamente, etileno e propileno, enquanto que a letra “M” significa que a borracha tem uma cadeia saturada do tipo polimetileno $-(CH_2)_x-$.

À temperatura ambiente, o polietileno é um polímero semicristalino. Mas se interferirmos na sua cristalização, ou seja, se incorporarmos na cadeia do polímero elementos que impeçam a cristalização, a temperatura de transição vítrea (T_g) pode ser reduzida para valores inferiores à temperatura ambiente (Hofmann, 1989). Estes materiais possuem como característica serem completamente amorfos e vulcanizáveis para proporções entre 45% a 60% de etileno. Se o conteúdo em etileno for da ordem de 70% a 80%, os polímeros contêm longas seqüências de etileno particularmente cristalinas, e o seu comportamento em processamento difere muito do apresentado pelos polímeros amorfos (HOFMANN, 1989).

Devido à sua elevada massa molar os EPDMs só podem ser vulcanizados com peróxidos orgânicos (Morton, 1989) (Nagdi, 1987) (Barlow, 1988) (Hofmann, 1989). Uma vez que a vulcanização da borracha de EPM com peróxido apresenta algumas desvantagens, foi desenvolvido um mecanismo de reação do etileno-propileno com um dieno, possibilitando a vulcanização com enxofre e aceleradores

convencionais. O produto da polimerização assim obtido é denominado EPDM, terpolímero composto por três unidades de monômeros: etileno, propileno e dieno.

Nos terpolímeros, usualmente referidos como borracha de “EPDM”, as letras “E”, “P” e “M” têm o mesmo significado que anteriormente referido, designando a letra “D” o terceiro monômero, um dieno, que introduz insaturação na cadeia. Os EPDMs são, portanto, EPMs insaturados (MORTON, 1989) (NAGDI, 1987).

O EPDM é usado na indústria automobilística em grande escala, sob a forma de bandas de rodagem, tubos, mangueiras para radiadores, perfis para vedação de vidros e portas, dentre outras utilizações onde o fundamental seja uma boa resistência ao ozônio e à intempérie. Pela extrema versatilidade, esses polímeros são usados em composições termofixas para perfis, gaxetas e selos automotivos, mangueiras de radiador, correias transportadoras, membranas para impermeabilização e isolamento elétrico, mangueiras para água, vapor e outros líquidos polares. A borracha de EPDM também é utilizada nos segmentos de cabos e fios, construção e óleos aditivos.

Para melhorias de propriedades, o EPDM é acoplado a outros polímeros, em sua maioria termoplástica, adquirindo boas características para otimização funcional. As maiores aplicações para o PP modificado com EPDM encontram-se na indústria automobilística, na fabricação de pára-choques, painéis de instrumentos e ponteiros de pára-choques. Atualmente o elastômero mais utilizado na modificação do PP é o EPDM, um copolímero de eteno-propeno e um terceiro monômero pendente na cadeia principal do polímero. Este terceiro monômero é um dieno que tem como principal objetivo introduzir pontos de insaturação na cadeia do polímero, permitindo sua vulcanização pelos sistemas usuais de aceleradores e enxofre.

Dentre as características do EPDM, as desvantagens que motivam a substituição por um polímero termoplástico podem destacar:

- Necessidade de estrutura metálica para garantir a rigidez do perfil;
- Não permite acoplamento de funções devido à temperatura elevada para a vulcanização do EPDM;
- Tempo elevado de processamento;

- Necessidade de espaço físico para a vulcanização do EPDM;
- Custo de manutenção elevado;
- Consumo energético;
- Impossibilidade de reutilização do refugo do EPDM no mesmo processo produtivo;
- Dificuldade de reciclagem do termorrígido EPDM;
- Resistência ao impacto;

Zoetelif e Teeuwen (2003) analisaram elastômeros termoplásticos (TPE), que podem ser fabricados usando processos comuns de moldagem por injeção.

De acordo com Kim et al (2001), guarnições são instaladas nas carrocerias e portas automotivas para prevenir infiltração de água, selar a entrada de ruído externos, minimizar a vibração das janelas, e prover melhor capacidade de absorção do impacto das portas na carroceria. A geometria do perfilado, material e características das vedações definem a concepção do sistema de vedação, e que afetam o desempenho e durabilidade do automóvel e as condições de vedação.

O TPE foi desenvolvido posterior aos plásticos, eles são amplamente utilizados em muitas aplicações devido às vantagens por eles oferecidas.

2.4 Elastômeros Termoplásticos

Os elastômeros termoplásticos constituem uma família de materiais de engenharia que estabelecem uma ponte entre as famílias dos materiais plásticos e dos materiais elastoméricos (Tormento, 2010). São também designados por borracha termoplástica. Um elastômero termoplástico (TPE) é uma mistura de polímeros ou composto, que acima da sua temperatura de fusão, exibe um caráter termoplástico. Isso lhe permite ser moldado e transformado em produtos finais, dentro de uma definida gama de temperaturas, sem que tenha ocorrido qualquer processo de reticulação durante a fabricação, possuindo um comportamento elastomérico. Este processo é reversível e os produtos podem ser reprocessados, moldados novamente, sendo esta a maior diferença em relação ao elastômero vulcanizado que é formado por ligações cruzadas que impedem o reprocessamento deste material (DUPONT, 1963).

Podemos dizer que elastômeros termoplásticos são polímeros que combinam a elevada capacidade de deformação elástica característica das borrachas vulcanizadas, com as condições de transformação mais favoráveis dos materiais termoplásticos. Isto acontece através da criação de uma estrutura de copolímeros de bloco, ocorrendo à alternância de segmentos de cadeia muito elásticos (que conferem as propriedades características da borracha vulcanizada).

Os elastômeros termoplásticos (TPEs) possuem como vantagem sobre os tipos termofixos convencionais (vulcanizados) o processamento de maneira fácil e rápida. Além disto, a reciclabilidade dos rejeitos, menor custo de energia para o processamento, a disponibilidade de padrões e tipos uniformes (não disponíveis nos termofixos) são também aspectos vantajosos a serem considerados (DUPONT, 1963).

Na Figura 1.1 observa-se os segmentos que apresentam uma grande rigidez e coesão a temperatura ambiente (característica dos materiais plásticos). A estrutura do copolímero desempenha, à temperatura ambiente, um papel semelhante a das borrachas vulcanizadas (com ligações cruzadas que impedem o deslocamento relativo das cadeias moleculares) sob a ação de forças aplicadas. Quando a temperatura é elevada acima da sua temperatura de transição vítrea (T_g) ou da sua temperatura de fusão cristalina (T_m), essas ligações, por serem estritamente de natureza física, perdem a sua coesão e permitem que o material adquira certa fluidez e possa ser conformado por extrusão, por injeção, calandragem ou moldagem. Após arrefecimento, o material volta a adquirir as propriedades características de um elastômero. Para além de se prescindir de um processo de vulcanização, todo o material não transformado em peças, Figura 1.2, tais como rebarbas, peças defeituosas, refugos e etc., podem ser reciclados e/ou reutilizados na produção. (Dupont, 1963).

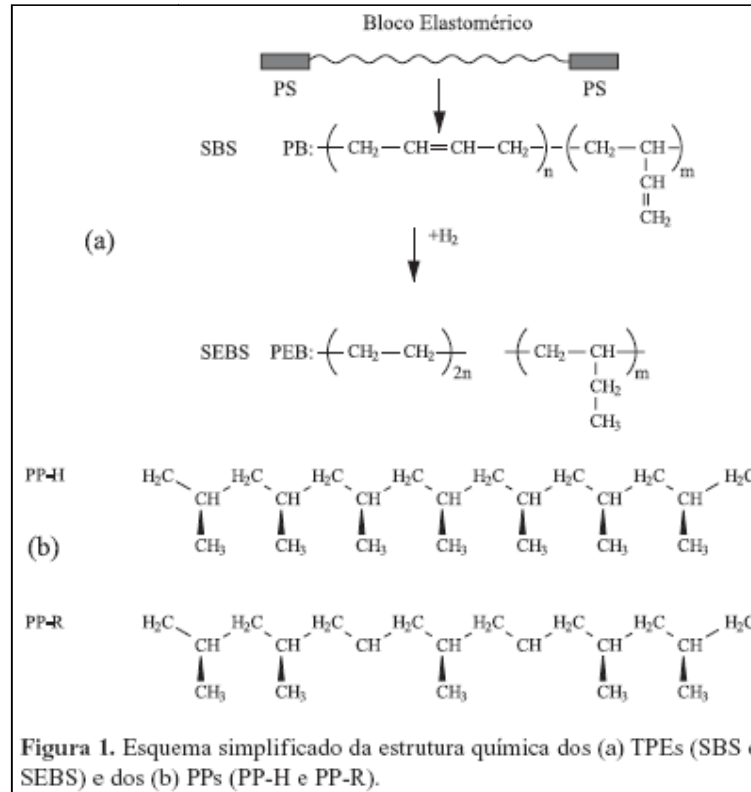


Figura 1.1: Cadeia polimérica TPE

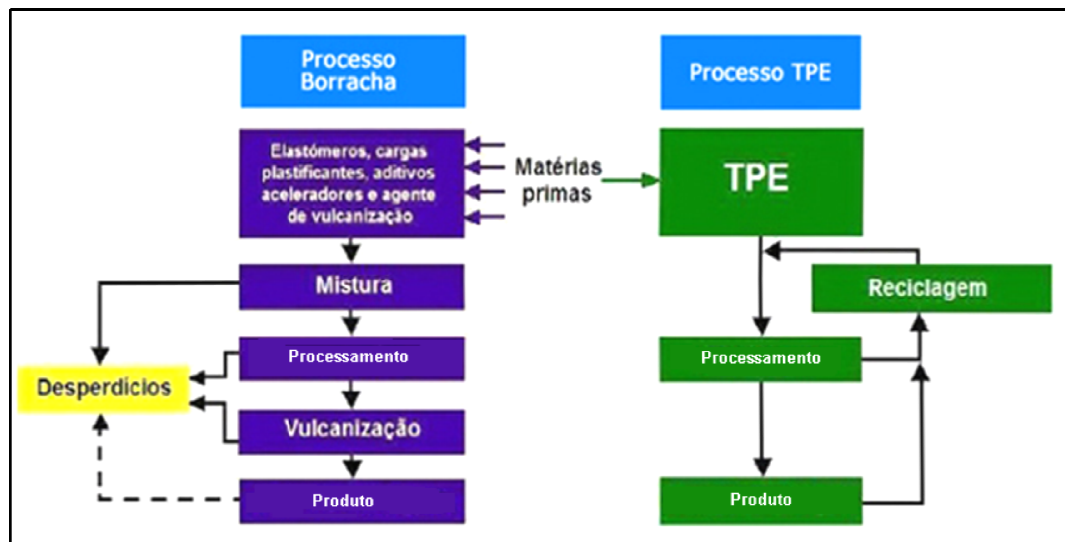


Figura 1.2 - Processos: Borracha Termofixa x Borracha Termoplástica

Basicamente, existem atualmente sete grandes famílias de elastômeros termoplásticos, que são apresentadas na Tabela 1. 3. Os elastômeros termoplásticos estão dispostos em três principais classes: o estireno-etileno/butileno-estireno (SEBS), termoplásticos vulcanizados (TPVs) e poliuretanos termoplásticos (TPUs) que estarão descritos posteriormente conforme a constituição, propriedades e

aplicações. Como fatores comuns nestes tipos de materiais, podemos realçar existência de um polímero de natureza elástica e a existência de um polímero de natureza elástica e, existência de um polímero de natureza rígida. Podemos também observar que nas cinco primeiras famílias, o nome é o do polímero constituinte da fase rígida.

Os TPEs são moldados e extrudados em equipamentos padrões para o processamento de plásticos em ciclos consideravelmente curtos em relação aqueles requeridos para moldagem por compressão ou transferência de borrachas convencionais. Estes polímeros são produzidos pela copolimerização de dois ou mais monômeros, utilizando tanto a técnica de polimerização em bloco como grafitação. Um dos monômeros desenvolve a parte rígida, ou cristalina, segmentos que funcionam como componentes termicamente estáveis (os quais amolecem e fluem sob cisalhamento, tal como imposto na reticulação química entre as cadeias poliméricas de borracha convencional termofixa); o outro monômero desenvolve o segmento macio, ou amorfo, o qual contribui para as características elásticas. As propriedades podem ser controladas variando a proporção dos monômeros e o comprimento dos segmentos rígidos e macios. Técnicas de blocagem criam moléculas de longas cadeias com várias seqüências, ou blocos, de segmentos rígidos e macios; métodos de grafitação envolvem a grafitação de uma cadeia polimérica em outra com ramificação. As técnicas de grafitação oferecem mais possibilidades de variar o copolímero, pois tanto o esqueleto da cadeia como as ramificações grafitizadas podem ser elásticos, vítreos duros, ou ambos (TORMENTO, 2010).

	Fase Rígida	Fase Elástica	Exemplo
Poliestirénicos	Poliestireno	Polibutadieno, poliisopreno ou polietileno butileno	SBS, SIS, SEBS
Polioléfinicos	Polipropileno	EPM ou EPDM	TPE-O
Poliuretanos	Poliuretano	Poliésteres ou poliéteres	TPU
Poliésteres	Poliéster (Polietileno ou butileno tereftalato)	Poliéter	COPE
Poliamidas	Poliamida	Poliéter	PEBA
Vinilos	PVC	EVA ou TPE	EVA/VC TPE/PVC
Ligas Poliméricas (TPV)	Polipropileno	Borrachas vulcanizadas (NR, NBR, EPDM, CIIR)	PP NR TPV PP NBR TPV PP EDPM TPV PP CIIR TPV
	Amida ou Poliéster	Borracha de silicone vulcanizada	TPSV

Tabela 1.3 – Elastômeros Termoplásticos e suas fases

Os polímeros que apresentam características similares ao EPDM e que foram escolhidos como objetos de estudo foram: TPE, Polipropileno + SEBS; TPO, polipropileno olefínicos; TPU poliuretano e TPV, polipropileno com borracha vulcanizada.

Estes materiais foram inicialmente identificados como potenciais substituídos devido à densidade, custo de processamento, capacidade de alongamento e possibilidade de reutilização no processo produtivo dos mesmos.

2.4.1 Elastômero termoplástico poliuretano (TPU)

Elastômero Termoplástico Uretano, consiste de blocos alternados em rígidos e macios, ligados quimicamente pelo uretano nos blocos rígidos e éter, ligados ou misturados com carbonatos ou éster aos blocos macios.

Estes polímeros são constituídos por seqüências de um polímero de características elásticas, flexíveis e amorfas, de poliésteres (como o poliadipato de polietileneglicol), ou de poliésteres (como o polibutileneglicol ou polipropileneglicol). E segmentos rígidos e com uma alta densidade de grupos de uretano, produzidos pela reação de um diisocianato com um glicol de cadeia curta (Figura 1.3) (Tormento, 2010).

Assim o TPO apresenta características importantes para sistemas de vedação, como a capacidade de deformação, preenchendo os vãos entre as carrocerias automotivas.

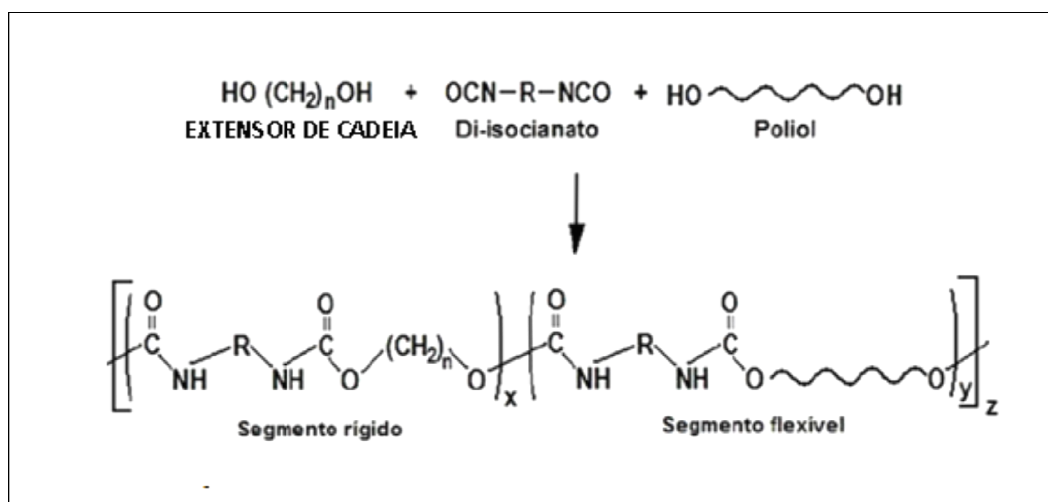


Figura 1.3: Cadeia dos elastômeros termoplásticos base poliuretano.

Os grupos uretano apresentam, devido às suas características polares, fortes interações entre eles e também pelo estabelecimento de pontes de hidrogênio entre os grupos NH e CO. Por este fato, constituem a temperatura ambiente domínios rígidos que atuam simultaneamente como agentes reticulantes e também como elementos auto-reforçantes. Os tipos comerciais de elastômeros termoplásticos de uretano diferenciam-se pela natureza das fases elástica e rígida e pela proporção relativa destas fases (TORMENTO, 2010).

A fase elástica deste polímero em temperatura ambiente pode propiciar uma suavidade no esforço de fechamento das portas e no acionamento dos vidros. Esta característica deve ser combinada com a geometria da seção transversal do perfil, adequando às especificações do mecanismo.

Obviamente uma maior proporção de elementos rígidos aumenta a dureza e diminui a flexibilidade, em especial a baixas temperaturas. Por outro lado, aumenta o ponto de fusão, o que permite estender a sua utilização a temperaturas mais elevadas. Maior proporção da fase elástica proporciona melhor resistência à tração, à abrasão, ao rasgo e a óleos minerais. Comparando os elastômeros termoplásticos de uretano de fase elástica poliéster com os de fase elástica poliéter, podemos dizer que estes últimos apresentam melhor flexibilidade a baixas temperaturas e melhor resistência à hidrólise (TORMENTO, 2010).

O primeiro elastômero que pôde ser processado por métodos para termoplásticos. Uretanos termoplásticos não possuem a resistência térmica e deformação permanente dos tipos termorrígidos, mas a maioria das propriedades é similar. Estão disponíveis numa ampla faixa de dureza e em numerosas formas, de vários fabricantes.

Uretanos são produtos da reação de um disocianato e um glicol poliéster ou poliéter de cadeia longa ou curta ou caprolactonas. Os tipos poliéter são ligeiramente mais caros e possuem melhor estabilidade hidrolítica e flexibilidade a baixa temperatura que os poliésteres.

2.4.2 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dos poliésteres são geralmente maiores. Caprolactonas conferem boa adesão entre as fases dos poliésteres. A resistência à abrasão dos uretanos é superior aos outros elastômeros, à flexibilidade a baixa temperatura é boa, resistência aos óleos a 80°C é excelente, e a capacidade de carga aparece entre as melhores entre os elastômeros.

Aditivos podem melhorar a estabilidade dimensional ou a resistência térmica, reduzir à fricção, ou aumentar resistência a chama, resistência aos fungos, ou ao intemperismo. Resistência dos poli-ésteres aos ácidos fortes, ésteres organo-

fosforados, e ao vapor é fraca. Tubos de uretanos são utilizados para linhas de combustível, contato com fluidos, e peças que necessitam de resistência a oxigênio e ozônio.

A excelente resistência a abrasão dos uretanos os qualifica para uso em amortecedores, engrenagens, cilindros, jaquetas de cabos, revestimentos, peças para máquinas têxteis, e pneus sólidos.

Outras aplicações incluem gaxetas, diafragmas, componentes amortecedores de vibração, correias transportadoras e filmes para embalagem. O mais recente poliuretano termoplástico introduzido no mercado são os de diisocianatos poliéter alifáticos baseados no 1,4-butano diol e politetra-metil-etileno diol.

Estes materiais de baixa massa molar possuem melhor estabilidade a cor, a radiação UV e a hidrólise que os tipos convencionais. Os tipos mais flexíveis são utilizados em aplicações médicas (com antioxidantes adequados) e como adesivos em vidros de segurança para veículos blindados, prisões, bancos, e em janelas de aeronaves. Outros tipos novos são estabilizados para uso como camadas de desgaste em asas de aviões.

A moldagem destes materiais é feita normalmente por injeção, em máquinas com parafuso, com uma relação L/D da ordem de 21 e com uma relação de compressão de 1:2.

2.4.3 Elastômero termoplástico vulcanizado (TPV)

Este tipo de elastômeros termoplásticos deve-se ao desenvolvimento da chamada vulcanização dinâmica, pelos franceses, Dr. A. Y. Coran e R. Patel. Esta técnica consiste em efetuar a dispersão de uma borracha não vulcanizada numa poliolefina fundida, com grau de mistura muito bem controlado, a fim de se atingir a dispersão desejada das partículas de borracha. Sem interromper este processo de mistura, são adicionados os ingredientes de vulcanização da borracha, vindo a vulcanização a ocorrer durante este processo de mistura e dispersão. Com este processo se obtém uma melhoria muito substancial das propriedades do material

obtido. Como se mostra na Tabela 1.4, em que se comparam as propriedades de um TPE-O, à base de PP/EPDM (não vulcanizado e um TPV PP/EPDM com dois diferentes estados de vulcanização).

Propriedade	TPE-O (PP/EDPM não vulcanizado)	TPV PP/EPDM (66,7: 100) vulcanizado com 1% de enxofre	TPV PP/EPDM (66,7: 100) vulcanizado com 2% de enxofre
Dureza Shore D	22	40	42
Módulo a 100%, MPa	4,8	7,2	8,0
Tensão de ruptura, MPa	4,9	18,2	24,3
Alongamento na ruptura, %	190	490	530
Deformação residual após compressão, %	66	17	16

Tabela 1.4 - Propriedade de TPE-O e de TPV PP/EPDM, com 1% e 2% de enxofre

A partir da descoberta deste processo de vulcanização foi possível desenvolver uma série de elastômeros termoplásticos com outras borrachas, nomeadamente borracha natural, borracha nitrílica, borracha clorobutílica e com o polipropileno como polímero rígido. E ainda um elastômero termoplástico à base de silicone, com uma matriz rígida de poliamida ou de poliéster, os quais cobrem uma ampla gama de dureza e das demais propriedades.

2.4.4 Elastômeros termoplásticos olefínicos (TPO)

Elastômeros de olefinas termoplásticas (TPO), segundo Tormento (2010), estão dispostas sob vários tipos, possuindo uma faixa de dureza a temperatura ambiente de 60 Shore A a 60 Shore D. Estes materiais, sendo baseados em olefinas, possuem menor densidade de todos os elastômeros termoplásticos.

TPO's são blendas simples formadas por um termoplástico e um elastômero. As blendas por sua vez são misturas nas quais há uma fase dispersa e uma matriz, portanto neste sistema a fase dispersa é representada pelo elastômero (EPDM ou

NBR) e a matriz é representada por um termoplástico (PP ou PVC). O termoplástico terá uma fase, e a fase elastomérica terá pouco ou nenhuma ligação cruzada (provida pela vulcanização).

Foram formados como elastômeros termoplásticos desde que puderam ter na composição, aditivos e outros elementos específicos para cada necessidade. Dentre os aditivos incluem o negro de fumo, plastificantes antioxidante, anti UV sendo que suas propriedades podem ser alteradas na vulcanização com a formação das ligações cruzadas.

Borracha EPDM e PP são os constituintes mais comuns dos TPOS. Blendas de NBR e PVC também são significativas, porém menos comuns na Europa e América do Norte que no Japão.

2.4.4.1 Distribuição das fases no composto TPO

O termoplástico em maior escala será usado numa fase contínua. Estes materiais, sendo baseados em olefinas, possuem menor densidade de todos os elastômeros termoplásticos.

A fase descontínua (elastomérica) teria menor percentual real, porém concentram as melhores propriedades dos TPO's. A reação de compatibilização entre dois polímeros requer os parâmetros de solubilidade e polaridade (similar entre eles).

2.4.4.2 Condições de processamento do TPO

O TPO (EPDM/PP) tem uma temperatura de fusão cristalina (T_m) próxima da maior temperatura do PP e a temperatura de transição vítrea atrelada ao EPDM levando em consideração a adição de aditivos nesta fase. A temperatura de processamento dos TPOS está numa faixa de 150° A 165°C, elas mostram excelente desempenho a baixas temperaturas, cerca de -60°C. A temperatura de fusão determina o limite da temperatura de serviço do TPO. A temperatura de

serviço deste permeia entre 25 a 50°C acima da temperatura de fusão e determina primordialmente a resistência dos polímeros aos ataques oxidativos.

Os TPOS possuem características de borracha a temperatura ambiente, perdendo estas sob elevadas temperatura, entretanto eles são usados numa faixa de temperatura entre 70 e 80°C.

A temperatura ambiente (0 a 40°C) os TPO's possuem propriedades de elastômero como: módulo de elasticidade, alongação e resistência a tração. Por conta da queda de temperatura as propriedades também decrescem muito mais rápido comparadas a borrachas convencionais. São resultados do baixo nível de ligações cruzadas que também rende ao TPO alta vulnerabilidade com similar parâmetro de solubilidade (ou polaridade). TPO's (EPDM/PP) tem pouca resistência a fluidos hidrocarbonetos que como os alcanos substituem os benzenos, especialmente com elevadas temperaturas.

2.4.4.3 Características do TPO

TPO's competem diretamente com os estirênicos TPEs em aspectos como: baixo custo, baixa massa específica, materiais com bom desempenho e resistência mecânica. Estão numa faixa entre os mais pesados, em uma escala de dureza entre 60 Shore A a 65 Shore D, portanto os produtos de TPO's são os mais rígidos, mais densos, materiais entre os mais comuns encontrados nas aplicações comerciais. Por estas características os TPO's são grandes modificadores das propriedades de impacto em termoplásticos.

As quantidades de instauração entre os polímeros PP e o EPDM fazem esses e os TPO's criarem muita resistência a degradação por oxidação ou ataque por ozônio. Por ser um polímero apolar gera uma alta resistência a água, soluções aquosas e outros fluidos polares tais como alcoóis e glicóis, mas eles apresentam incremento das propriedades inferiores quando comparados a halocarbonos e hidrocarbonos tal como óleos e gasolina. Os TPO's derivam do NBR e blendas de PVC os quais são muito mais resistentes a fluidos agressivos, com a exceção dos halocarbonos. (EPDM/PP) TPO tem boas propriedades elétricas, tal como

resistividade, força dielétrica e fator de poder, contudo há utilização da solução elétrica onde temperatura e resistência ao fluido não são críticas.

Os TPO's são únicos na classe dos TPEs em baixo custo e performance, suas propriedades e performance são geralmente inferiores quando comparadas a elastômeros termofixos, porém ainda podem ser usados quando a temperatura de serviço permear os 80°C, quando não necessita de resistência do fluido e quando um alto nível de arraste for tolerado.

Podem ser comparados a borrachas genéricas, assim como borracha natural. São preparados com algumas técnicas e equipamentos tal como usados em borrachas termofixas, tem como principal diferença a necessidade da mais alta temperatura para processamento.

O EPDM/PP TPO's foram os primeiros comercializados em 1972, utilizado mais comumente na parte externa de automóveis e aplicações elétricas acima de 80°C.

2.4.4.4 Aspectos e aplicações do TPO

Há várias grades do elastômero olefínico termoplásticos disponíveis, desde grades flexíveis como a borracha vulcanizada a grades semi-rígidas como o uretano RIM. Ao contrário das borrachas convencionais, esse elastômero não precisa de combinação ou vulcanização uma vez que chegar ao consumidor final. Além disso, todas as grades do Elastômero Olefínico Termoplástico podem ser moldadas ou extrudados como o polietileno e o polipropileno e, igual ao PVC, eles oferecem excelente moldabilidade quando processados nas calandras (TORMENTO, 2010).

- Excelente resistência química;
- Excelente estabilidade em longo prazo;
- Excelente resistência mecânica;
- Excelente resistência ao calor;
- Excelente moldabilidade;
- Alta resistência aos agentes atmosféricos;
- Leve e reciclável;

Baixa temperatura de estabilidade;
Emissões não halogenadas quando descartado por combustão;
Excelentes características elétricas.

Peças automotivas: Metal laminado com superfícies com aspecto de couro para acabamentos automotivos: interiores, incluindo painel de bordo, portas e revestimento do teto.

Chapas à prova de água, gaxetas, material de calafetagem de janelas, molduras, etc.

2.5 Processamento de Termoplásticos

Os termoplásticos são polímeros capazes de ser repetidamente amolecidos pelo aumento da temperatura e endurecimento pela diminuição da mesma. Esta alteração reversível e múltipla é física e não química, mas pode provocar alguma degradação no termoplástico, quando atingir um número elevado de ciclos de aquecimento e de resfriamento. Eventualmente, os componentes fundamentais dos termoplásticos são polímeros com cadeias lineares ramificadas. Isto quer dizer que podem ser processados, muitas vezes, com o uso de temperatura.

2.5.1 Extrusão de termoplásticos

Na indústria de transformação de plástico, a extrusão é um processo cuja aplicabilidade funcional está atrelada ao processo de mistura, plastificação e moldagem.

A extrusora é o elemento que irá transportar fundir e moldar o material a ser processado. Possui como elementos básicos: um canhão geralmente de carbetto nitretado, um cilindro com superfície tratada, uma rosca sem fim, a qual funciona como pistão e misturador, cabeçote e a matriz que dará a forma ao perfilado.

A extrusora irá plastificar o material através de uma rosca sem fim que transporta a massa dentro de um cilindro aquecido. O sistema de aquecimento de uma extrusora é acionado pelas resistências elétricas, as temperaturas são setadas em um painel de acordo com as zonas e ainda há o aquecimento do material pelo cisalhamento do fundido dentro do cilindro. O sistema de resfriamento provém de um sistema com água, geralmente industrial, temperatura de 25°C.

Possui como equipamento para promoção de mistura a extrusora, acoplada a uma rosca sem fim, que tem por função a mistura, cisalhamento e homogeneização do material. O material a ser plastificado pode ter forma de grãos (pellets), pó e fibras. De acordo com a aplicabilidade pode-se utilizar em uma extrusora: mono rosca (plastifica o material a ser extrudado) ou dupla rosca (plastifica, capacidade de homogeneizar o material a ser extrudado), as configurações dos elementos da rosca variam de acordo com o material a ser processado.

A extrusora é composta basicamente de três zonas: 1ª zona de alimentação onde pode possuir: dosadores e vibradores para facilitação da queda de material, esta zona não pode possuir elevadas temperaturas, pois assim funde o material antes mesmo de chegar à zona de compressão sendo assim, o material forma uma pátina dentro do cilindro, 2ª zona é a de compressão a qual varia de acordo com o material a ser processado, pois nessa zona há maior taxa de cisalhamento pelo atrito material, cilindro e rosca; a 3ª zona é a de dosagem nela os polímeros já está totalmente fundida sendo esta responsável por dosar a quantidade de material que irá passar pela matriz.

O processo de extrusão em parâmetros reológicos apresenta um fluxo de arraste por atrito entre as ferramentas (equação linear, sugerindo velocidade linear) e contrapressão gerada ao longo da rosca (equação de uma parábola).

O processo de extrusão subdivide-se em função da matriz utilizada em:

1. Planas: para fabricação de chapas, filmes planos, fitas entre outros;
2. Anelares: para fabricação de filmes tubulares e tubos;

3. Para perfis: para fabricação de perfis assimétricos, como, graxetas, rodapés, batentes, molduras e forros;
4. Para recobrimento: Para produção de fios, cabos e perfis de aço.

Segundo Manrich (1999), em processamento de termoplásticos, o perfil é um produto com formato específico, obtido pelo processo de extrusão, com espessura de parede superior a 1000 μ m (não filme), este pode ou não ser simétrico em relação às coordenadas de referência X e Y que partem do centro do plano transversal ao comprimento do perfil.

Para perfis assimétricos, com distintas áreas, o maior problema é o balanço de fluxo entre as regiões finas e mais espessas ou com diferentes formatos.

Os polímeros fundidos têm tendência a fluir em regiões mais espessas e para balancear o fluxo em matrizes como a supracitada, deve-se dimensionar a geometria da matriz.

Canais provenientes do final da rosca até os lábios de uma matriz devem proporcionar igual resistência ao fundido, para que a vazão por área unitária seja idêntica em todas as regiões, evitando dessa forma, deformação do perfil ao sair. Se ocorrer maior fluxo por unidade de área em uma das regiões, o perfil entorta, pois a falta de igual movimento da massa nas demais regiões gera vazão desbalanceada na saída do perfil.

Para garantir uma mesma quantidade de material nas diferentes seções do perfil assimétrico adotam-se medidas como:

1. Alterando a relação dos paralelos entre as diferentes regiões, para modificar a diferença de pressão em cada uma dessas regiões;
2. Diferenciando a geometria logo antes da saída do material (lábios) em cada região assimétrica. Essa última maneira de resolver o problema de balanceamento do fluxo (ajuste dos lábios) faz com que apareça o fluxo transversal, o que é prejudicial às propriedades do produto final.

O fluxo do material processado freqüentemente é separado por paredes finas para manter o paralelismo, e a massa, posteriormente a essa divisória, é unida novamente antes da saída dos lábios. Cuidados para eliminar os traços das linhas de solda são necessários.

É fundamental no processo de extrusão o projeto de uma matriz, pois este prevê a localização dos aquecedores elétricos e dos termopares e este projeto pode ser fator principal na redução dos defeitos do processo como: inchamento do extrudado, deformidades superficiais, linhas de solda, vórtices que podem gerar descontinuidade do processo e degradação do material.

2.5.2 Injeção de termoplástico

Segundo Silvio Manrich (1999), o processo de moldagem é atualmente o método de transformação de plástico mais usado na indústria, sendo cerca de 35% dos artigos disponíveis são produzidos por este processo.

O processamento por moldagem vem na crescente com o aumento do consumo de plástico por seu baixo custo de produção, peso reduzido, elevada resistência e a possibilidade de fabricação em várias formas geométricas, tamanhos e cores.

As principais vantagens deste processo são:

- Produção em larga escala;
- Processo altamente automatizável;
- Peças produzidas já na forma final exigindo poucas etapas no processo;
- Possibilidade de diferentes acabamentos superficiais, cores;
- Peças com geometria complexas;
- Baixa perda de matéria prima;
- Mesma peça pode ser moldada com insertos metálicos e não metálicos;

- Produtos com tolerância dimensional apertada podem ser produzidos.

As principais desvantagens são:

- As margens de lucro tendem a ser estreitas devido à competitividade;
- O custo do molde é elevado;
- Máquina injetora e equipamentos auxiliares são caros;
- Falta de conhecimento do processo causa problemas no produto;

Existem diversas técnicas envolvendo o processo de injeção: convencional, a gás, com água, micro injeção e nano injeção, por compressão, por transferência, injeção de peças com superfícies micro estruturadas, de peças com paredes muito finas, múltipla ou co-injeção, com decoração direta no molde, de peças com núcleo fundido, dentre outras.

Os processos de moldagem polimérica por injeção é composto por:

- a) Injetora: sistema capaz de homogeneizar e injetar o polímero fundido: rosca recíproca acionada por sistemas mecânicos, elétricos, pneumáticos e hidráulicos; canhão, que contém em seu interior uma rosca recíproca; mantas elétricas capazes de aquecer o canhão e, por conseguinte, transmitir calor ao polímero;
- b) Molde: capaz de dar forma à massa polimérica, sendo essa injetada no interior do molde sob alta pressão e com velocidade controlada; o mesmo molde é capaz de gerar o resfriamento do produto de forma adequada através de fluidos que circulam em seu interior e, finalmente, este possui um mecanismo capaz de executar a ejeção da peça acabada ao se abrir.

Portanto, os elementos principais do processo de moldagem por injeção são: a máquina injetora e o molde de injeção. As concepções geométricas das máquinas podem ser horizontais (mais utilizadas), verticais (solados de sapatos), dispostas em ângulo, multi-materiais.

A máquina injetora tem por componentes: unidade de injeção composta por cilindro aquecido por resistências elétricas, onde internamente funciona uma rosca

com a função de homogeneizar o material plástico fundido e injetá-lo na cavidade do molde; sistema de controle, unidade de fechamento a qual deve promover a fixação das partes do molde, promover os movimentos de abertura e fechamento do molde, travar o molde de modo a resistir à pressão de injeção sem abri-lo, extrair a peça moldada e o sistema de aquecimento e resfriamento do molde.

Considerando uma injeção convencional alguns parâmetros devem ser levados em consideração tais quais: capacidade de injeção, as características do pellet ou granulado do material, quantidade máxima de gramas injetadas um ciclo; capacidade de plastificação, capacidade máxima de material que a injetora pode homogeneizar em um período de tempo; pressão de injeção; recalque; temperatura; força e velocidade de fechamento e o resfriamento da peça.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Os polímeros utilizados neste trabalho são de procedência das empresas Cooper Standard Automotive Sealing Brasil Ltda e da FCC Indústria, que respectivamente cederam o EPDM e os termoplásticos, propriedades conforme Tabela 1.5. Estes materiais podem apresentar variações nas características devido às variações normais de processo.

Para a realização dos ensaios de processamento (extrusão e injeção) dos elastômeros termoplásticos no Laboratório do SENAI CIMATEC foram considerados os parâmetros fornecidos pelo fabricante FCC, conforme perfil de extrusão/injeção.

A dureza adotada como referência foi 70 Shore A para os materiais a serem ensaiados, fixando-se assim uma referência para o estudo e que correspondem à especificação do elastômero utilizado nos sistemas de vedações de vidros móveis para carrocerias automotivas, baseado nas análises comparativas de veículos comerciais.

O EPDM aplicado foi do lote “BXC 27Q_17082010”, resultado da formulação interna da Cooper Standard Automotive. Para o processo de extrusão este material é produzido em tiras, facilitando a alimentação contínua da extrusora.

Os TP's fornecidos pela FCC são produtos comerciais, estes materiais são fornecidos sob a forma de pelete (Figura 1.9) e atualmente não são utilizados para a aplicação de vedação de carroceria automotiva.

CARACTERÍSTICA	NORMA	UNID.	EPDM	TPV	TPU	TPE	TPO
Dureza Shore A	ASTM D2240		A70	A70	A70	A85	A65
Densidade	ASTM D792	g/cm ³	1,3	1,1	1,25	1,1	1,1
Módulo a 100%	ASTM D412C	MPa	3,8	2,7	4	3,8	2,4
Módulo a 300%	ASTM D412C	MPa		2,7	10	5	3,3
Tensão na Ruptura	ASTM D412C	MPa	11	6,5	35	12	7,4
Alongamento na Ruptura	ASTM D412C	%	> 450	>450	680	>670	>700

Tabela 1.5: Características dos materiais

O TPV utilizado no ensaio foi fabricado pela FCC e pertence ao lote 62766 do TPV 6005/A65B0, fabricado em 11/03/2010, conhecido como FORTIPRENE TPV.

O TPU utilizado no ensaio foi fabricado pela FCC e pertence ao lote 177843 do TPU – FORTIPUR 5122/A70, fabricado em 11/03/2010.

O TPE utilizado no ensaio foi fabricado pela FCC e pertence ao lote 134322 do TPE – FORTIPRENE TPE 7105/A85B0, fabricado em 11/03/2010.

O TPO utilizado no ensaio foi fabricado pela FCC e pertence ao lote 160393 do TPO – FORTIFLEX TPO 8205/A65B0, fabricado em 11/03/2010.

3.2 Métodos

Para a realização dos ensaios dos elastômeros termofixo e termoplásticos nos Laboratórios da Cooper Standard Automotive e no SENAI CIMATEC foram considerados os parâmetros de armazenamento conforme as recomendações do fabricante FCC, que serão apresentados no capítulo 8 Resultados e Discussão.

Com objetivo de facilitar a visualização das etapas deste trabalho, é apresentado o fluxo de processo da metodologia, no apêndice A.

Os experimentos dos materiais propostos foram realizados nas seguintes etapas: 1) extrusão para verificação da qualidade superficial e processabilidade em regime de produção; 2) Injeção de corpos de prova para ensaios mecânicos e químicos.

3.2.1 Secagem

Para evitar problemas causados pela umidade da matéria prima nos corpos de prova extrudados e injetados. Todos os termoplásticos (TPE, TPO, TPU e TPV) foram mantidos nas embalagens originais herméticas e posteriormente armazenados em bandejas de alumínio e permaneceram por 3 horas dentro da

estufa, com circulação de ar, da marca PALLEY, à temperatura de 90°C, conforme especificação do fabricante e foram processados imediatamente após a retirada da estufa. Sob estas condições de secagem, não houve alteração de coloração e volatilização perceptíveis.

3.2.2 Extrusão

Imediatamente após o processo de secagem em bandejas dos TP's, os materiais foram transferidos individualmente para o funil da extrusora. Os termoplásticos foram extrudados no equipamento da marca LGMT, extrusora de termoplástico, dotado de um sistema mono rosca, com relação L/D XXX/YYY, aquecido por zonas independentes.

Equipado com uma matriz de extrusão, para perfis em formato de calha, similar a letra "U". A cada "setup" os parâmetros de temperatura: "Cabeçote, Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4 e Zona 5" foram redefinidos seguindo as especificações de cada material, conforme: Figuras 1.4, Figura 1.5, Figura 1.6, e Figura 1.7 seguindo o perfil de extrusão recomendado pela FFC.

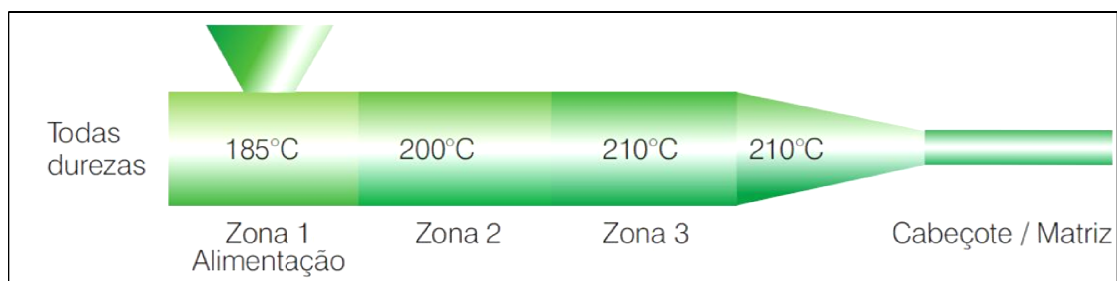


Figura 1.4 – Perfil de extrusão para TPV

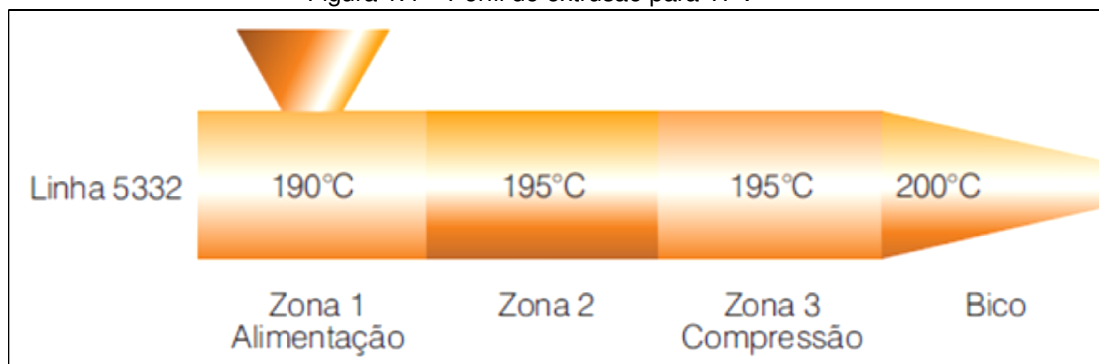


Figura 1.5 - Perfil de extrusão para TPU

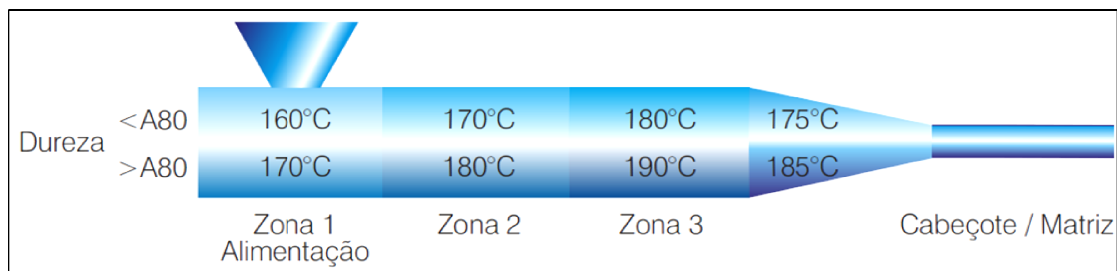


Figura 1.6 – Perfil de extrusão para TPE



Figura 1.7 – Perfil de extrusão para TPO

Foram produzidos aproximadamente 50 metros de perfil de cada material, bem sucedidos, ou seja, aqueles que o material estabilizou no processo de extrusão e foi possível entrar em regime contínuo.

3.2.3 Resfriamento

Imediatamente após a saída da matriz os perfis foram resfriados no calibrador, instalado na banheira de resfriamento, marca LGMT. O ensaio foi realizado com a água em temperatura ambiente, aproximadamente 30°C, que permitiu a cristalização do material, resfriando abaixo da (T_c) temperatura de cristalização e adquirindo a forma desejada.

Em função das especificações do fabricante definidas para as zonas da extrusora, os perfis tiveram variação de temperatura na saída da matriz, conforme a Tabela 1.6.

Material	Temperatura (Graus Celsius)
TPV	129,7
TPU	139,4
TPE	139,3
TPO	142,1

Tabela 1.6 - Temperaturas dos perfis na extrusão

3.2.4 Tracionamento

Após o resfriamento os perfis foram tracionados pelo puxador de forma sincronizada com o fluxo de saída da matriz, evitando a ruptura do extrudado, o mesmo é produzido pela LGMT. Esta operação foi possível apenas para os perfis que estabilizaram.

3.2.5 Corte em linha

O processo contínuo de extrusão possibilita duas formas de armazenamento dos produtos, em rolos ou em barras, neste caso a opção foi pelas barras, e foi utilizada a cortadeira LGMT.

3.2.6 Obtenção dos corpos de prova

3.2.6.1 Injeção

O processo de injeção foi utilizado para a fabricação dos corpos de prova em formato de “gravata”, o equipamento utilizado foi uma máquina injetora ROMI modelo PRIMAX 100 R, com força de fechamento de 100 Toneladas, equipada com moldes fabricados pela Polimold para injeção de corpos de prova. As condições de injeção foram de acordo com a Tabela 1.7 e os corpos de prova atendem à norma ASTM 512 para ensaios de tração e impacto.

A injetora possui rosca de diâmetro de 50 mm e atua com pressão de até 1680 Bar. Apenas os TP's que obtiveram boa performance no processo de extrusão foram avaliados nesta etapa, neste caso TPE e TPV, para seguir os ensaios mecânicos e químicos. Os corpos de prova foram obtidos utilizando-se os parâmetros da Tabela 1.7.

Temperatura (°C)					
Elastômero	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Bico	Molde
TPE	170	180	190	190	80
TPV	180	190	200	200	80

Tabela 1.7 – Condições de Injeção dos corpos de prova: TPE e TPV

Os corpos de prova foram fabricados para a realização dos ensaios mecânicos, térmicos e de envelhecimento. Para ambos os elastômeros termoplásticos, não houve dificuldade para fabricação das amostras no processo de injeção, foram idênticos ao processo de extrusão e a extração das peças injetadas do molde ocorreu sem dificuldades.

3.2.6.2 Estampagem

Os corpos de prova de EPDM foram obtidos pela estampagem, ou seja, o recorte dos mesmos por uma ferramenta manual, os mesmos foram obtidos de uma manta de espessura de 2 mm conforme a norma ASTM 512 para corpos de prova de EPDM.

3.2.7 Ensaio de tração

Os ensaios de tração foram realizados em um dinamômetro modelo DY 34 do fabricante MTS. Foram utilizados três corpos de prova de cada material, o equipamento foi parametrizado conforme a norma ASTM D 412.

O valor obtido é a média (três corpos de prova) dos resultados das amostras avaliadas por este método.

3.2.8 Ensaio de dureza

A dureza foi medida para verificar o comportamento do lote fornecido após o processamento da matéria prima. Para esta etapa foi utilizado um durômetro digital para medições na escala Shore A, produzido pela empresa Importécnica. O Ensaio foi realizado conforme norma ASTM D 2240.

O valor obtido é a média (três corpos de prova) dos resultados das amostras avaliadas por este método.

3.2.9 Dimensionamento

O dimensionamento dos corpos de prova para o cálculo do módulo de elasticidade a 10%, 50% e 100%, foram realizados com instrumentos de medições lineares: medidor de altura, com força controlada e resolução milesimal e um paquímetro digital centesimal convencional, ambos produzidos pela empresa Mitotoyo.

3.2.10 – Envelhecimento térmico

Os ensaios de envelhecimento térmico foram realizados em estufas, fabricadas pela empresa FANEM com circulação de ar. Os corpos de prova (Figura 1.8) foram armazenados conforme procedimento da norma ASTM 573, neste caso durante 70 horas a 70 graus utilizados para a especificação dos ensaios solicitados pelos construtores automotivos.



Figura 1.8 - Corpos de prova em envelhecimento

Após o ensaio de envelhecimento térmico dos corpos de prova, os mesmos foram avaliados nos ensaios de tração, visando compreender o comportamento destes materiais no estado original e envelhecidos, comparados ao material utilizado atualmente (EPDM).

3.2.11 – Exposição à umidade

Os ensaios de exposição à umidade ou inchamento foram realizados no aparelho para testes industriais de corrosão, modelo CCT-MP-LQ-03/2009 instalado no Laboratório do SENAI CIMATEC, equipamento fabricado pela empresa Bass Equipamentos Ltda. Os corpos de prova foram expostos por duas semanas a 40 °C e sob atmosfera saturada, com condensação contínua de água destilada, conforme a norma: ABNT NBR 8095 que atende à especificação dos ensaios de validação automotiva.

3.2.12 – Rugosidade

Os ensaios de rugosidade foram realizados no Laboratório do SENAI CIMATEC, equipamento fabricado pela empresa Mitotoyo, onde os corpos de provas foram recortados em formato retangular, fixados em superfície plana com auxílio de fita dupla face e executado o ciclo de medição do aparelho.

Os corpos de prova utilizados foram retirados dos perfis resultados dos ensaios de extrusão.

A rugosidade superficial dos elastômeros termoplásticos deste trabalho foi medida segundo procedimento estabelecido na norma DIN 4764 (1982). Segundo esta especificação a rugosidade superficial é medida em função do parâmetro R(máximo), onde R_y corresponde à distância máxima entre pico-vale dos relevos da superfície e R_a corresponde à dimensão média destas irregularidades. Em geral, utiliza-se como referência o R_y como parâmetro de controle da qualidade da superfície de vedação ou capacidade para restringir a permeabilidade da superfície.

Para avaliar de maneira comparativa o valor da rugosidade superficial dos elastômeros termoplásticos utilizados neste trabalho, tomou-se como referência o composto BXC 27Q, termofixo tipo EPDM de uso convencional em vedações automotivas. Tal elastômero é utilizado para esta função por ser reconhecido como excelente nesta característica da função vedação, assegurando a boa resistência à infiltração de fluidos por capilaridade.

3.2.13 – Resistência a UVA e UVB

Os ensaios de resistência a raios Ultra Violeta A e Ultra Violeta B foram realizados no equipamento modelo UUV/2009 instalado no Laboratório do SENAI CIMATEC, equipamento fabricado pela empresa Bass Equipamento Ltda. Os corpos de provas submetidos à exposição de raios emitidos pelo equipamento durante 2000 horas, conforme procedimento da norma SAE J1960.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos foram realizados seguindo as etapas: extrusão de perfis, avaliação de viabilidade e qualidade; injeção de corpos de prova, avaliação das características mecânicas e químicas.

4.1 Processo de Extrusão

A avaliação da processabilidade em regime de produção e da possível qualidade do produto final baseou-se nos resultados da extrusão do termoplástico na monorosca LGMT, e através da observação visual da continuidade da superfície do perfil extrudado (quando mais lisa a superfície menor a possibilidade de infiltração por capilaridade).

A partir do comportamento durante processamento e o produto final extrudado, verifica-se que os diferentes elastômeros termoplásticos apresentaram distintos comportamentos processuais.

Iniciou-se o processamento do elastômero FORTIPRENE do tipo TPE a partir das especificações inseridas em catálogo do fabricante (anexo 3). A partir destas condições de processo, o material atingiu rapidamente uma condição suficiente de processo, onde a uma temperatura de 140 °C na saída da matriz houve rápida estabilização, e suficiente resistência do fundido para permitir a sua passagem pelo calibrador. Estas características proporcionaram um material de alta estabilidade dimensional e com a extrusão ocorrendo de forma contínua. A Figura 1.9 apresenta uma foto do processo de extrusão do TPE.

Eles combinam propriedades físicas das borrachas com condições plenas de ser processado em equipamentos concebidos para processamento de termoplásticos. Isto lhe confere duas vantagens sobre as borrachas convencionais: o processamento é muito mais rápido e as sobras são recicláveis (Geoffrey Holden, 26

de abril de 2010, John Wiley & Sons, Inc, Encyclopedia of Polymer Science and Technology.



Figura 1.9 – Extrusão de TPE

No segundo experimento, FORTIPUR da classe dos TPUs, utilizou-se primeiramente os parâmetros orientados pelo fabricante em catálogo de especificação (anexo 2). Porém o material não se mostrou processável nestas condições, com baixa fluidez e resistência do fundido. A melhor condição de processo obtida para o TPU é apresentada na Tabela 1.8.

Condições	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Especificação	190	195	195	200
Proposta	160	170	180	190

Tabela 1.8 Temperatura de extrusão, TPO

Porém, mesmo nas condições de máxima otimização processual conseguidas para este produto, obteve-se um material de alta fluidez e com difícil passagem pelo calibrador, visualizados na Figura 2. Tal característica veio a prejudicar a estabilidade dimensional do perfil extrudado, que não apresentou estabilidade e insuficiente sustentação estrutural incapaz de impedir o seu colapso. Ao se avaliar as diferentes aplicações possíveis para este material (referências) verifica-se ser o mesmo mais adequado para fabricação de elementos como mangueira flexível com grades de PVC ou TPU. Flexibilidade é requisito para a obtenção de complacência

radial, Segundo a US Patente 4, 410, 476 de John J. Redding de 18 de outubro de 1983.

A definição das condições de processamento de TPU e a obtenção de formas geométricas é uma complicada tarefa com o Poliuretano Termoplástico. A complexidade origina-se devido à alta temperatura de fusão dos blocos cristalinos duros e as degradações térmicas e oxidativas e das ligações cruzadas que ocorrem com as temperaturas próximas relativamente à temperatura de fusão do TPU, segundo Guangyu Lu, Society of Plastics Engineers, 7 de abril 2004, Polymer Engineering & Science, Volume 43, Issues 12, page 1863-1877, December 2003.

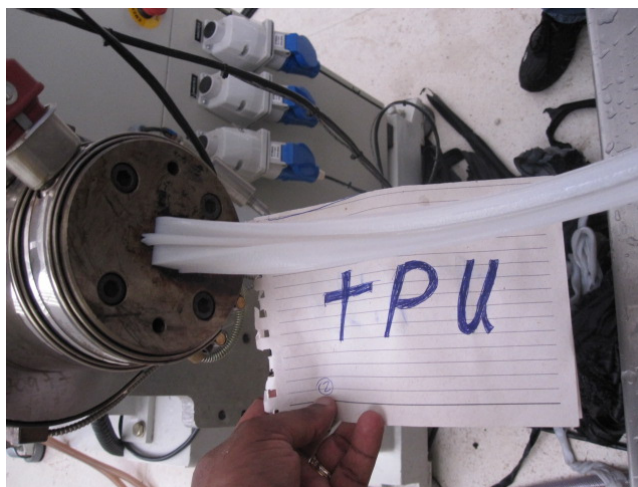


Figura 2 – Extrusão de TPU

O processo de extrusão do elastômero FORTIPRENE do tipo TPV, apresentado na Figura 2.1, foi realizado seguindo os parâmetros citados na metodologia, recomendados pela empresa fabricante FCC (anexo 1). Desde o lançamento da linha, o material se mostrou estável, não requerendo alterações dos parâmetros originais durante o ajuste da linha e após a entrada em regime de produção. A temperatura máxima atingida pelo material na saída da matriz de extrusão foi de aproximadamente 130 °C, e com o perfil sendo introduzido no calibrador sem dificuldades técnicas. O perfil se mostrou contínuo e regular: uma vez em regime o perfil extrudado não sofreu rupturas que ocasionassem a parada do processo. O perfil extrudado final apresentou ainda uma baixa distorção dimensional e sustentação estrutural suficiente para o perfil não colapsar.

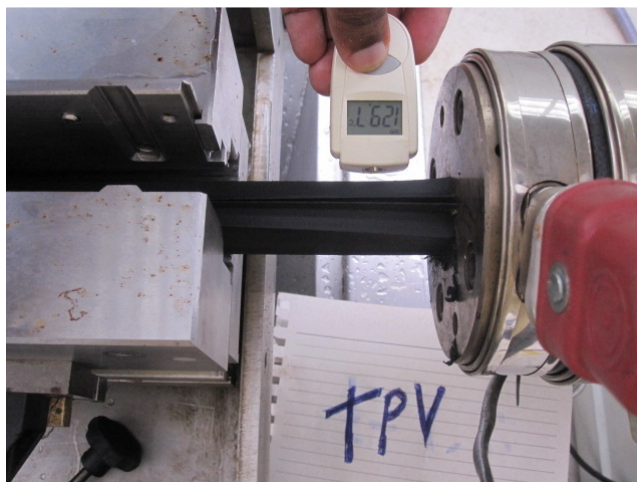


Figura 2.1: Extrusão TPV

Para o quarto experimento o elastômero utilizado, denominado FORTIFLEX e da classe dos TPO's, utilizou-se primeiramente os parâmetros orientados pelo fabricante em catálogo de especificação (anexo 4). Devido à alta fluidez do material e a baixa resistência do fundido, o material não se mostrou processável nestas condições, com baixa fluidez e resistência do fundido no perfilado, conforme a Figura 2.2. Foram testadas diversas modificações nos perfis de temperatura e velocidade de rosca visando melhorar a qualidade do material extrudado. Porém, todas as modificações testadas para este material se mostraram insuficientes para garantir a condição de continuidade do processo e uma mínima qualidade de perfil extrudado. Desta maneira, este ensaio foi abortado após esgotadas as tentativas de alteração dos parâmetros de processo de extrusão. Observando as principais aplicações para este tipo e material verifica-se (referências).



Figura 2.2 – Extrusão TPO

Desta maneira, como principais resultados, verifica-se uma boa processabilidade e uma boa qualidade de perfil extrudado para os elastômeros TPV e TPE. Para estes materiais foram produzidos cerca de 50 metros de perfil extrudado, e habilitando-os para a etapa seguinte de ensaios mecânicos, químicos e de envelhecimento. Para os elastômeros termoplásticos TPO e TPU o processamento não ocorreu de maneira contínua, bem como o perfil extrudado possuía uma geometria irregular. Devido a estas características, estes dois tipos de materiais podem ser considerados inadequados para uso nas aplicações propostas neste trabalho, não sendo avaliados nas etapas posteriores. Na Figura 2.3 pode-se verificar comparativamente os diferentes perfis extrudados dos elastômeros termoplásticos.

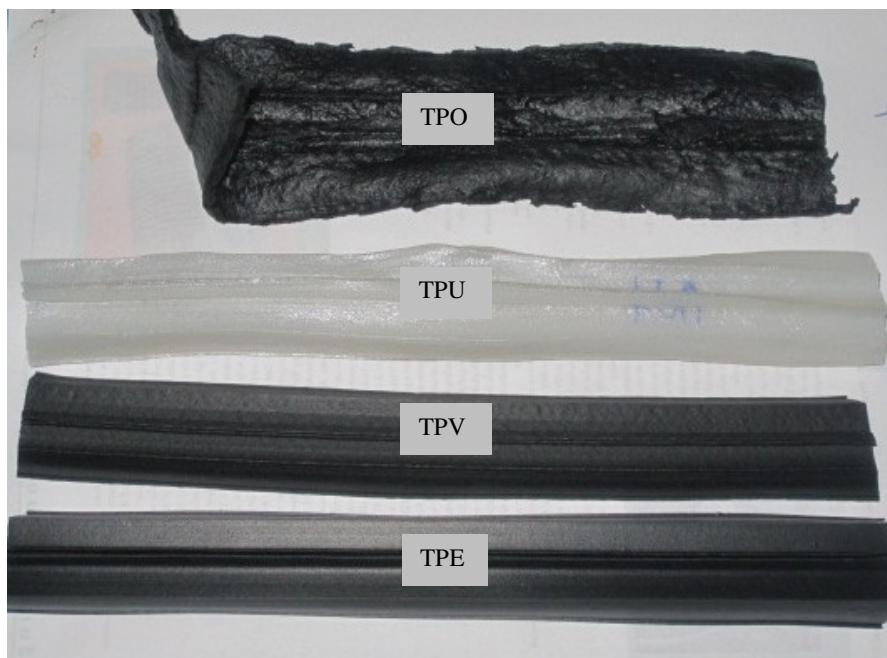


Figura 2.3 – Resultado dos ensaios de extrusão.

4.2 Injeção

O resultado foi positivo no processo de injeção, não houve falhas no preenchimento das cavidades do molde, nem tão poucas as amostras apresentaram rebarbas excessivas, conforme a Figura 2.4.



Figura 2.4 - Corpos de provas (TPE e TPV)

4.3 Ensaio de Rugosidade Superficial

A rugosidade superficial é a característica das guarnições que contribui com a eficiência da função primária das vedações, influencia na retenção do fluido, evitando a sua migração para áreas indesejadas.

Verifica-se através da rugosidade medida (Tabela 1.9) dos elastômeros, que o EPDM, nosso material de referência, registrou o valor médio do R_y em $2,28 \mu\text{m}$. O TPE apresentou um aumento aproximado de 450% maior que o valor médio do elastômero de referência, ou seja, registrou-se o valor médio de R_y em $10,17 \mu\text{m}$. O TPV apresentou um aumento aproximado de 690% maior que o valor médio do elastômero de referência, ou seja, registrou-se o valor médio do R_y em $15,72 \mu\text{m}$. Assim como o TPE, o TPV também demonstrou um incremento no valor médio da rugosidade. Este aumento no valor médio de rugosidade pode influenciar negativamente na propriedade de vedação. Porém, esta característica não necessariamente inviabiliza a utilização destes materiais nesta aplicação,

necessitando-se de ensaios mais específicos, como o de capilaridade, para validação complementar desta característica. Ainda assim, uma alta rugosidade pode ser significativamente reduzida ou eliminada através do uso de agentes antiaderentes (“smooth agents”) na formulação do elastômero termoplástico ou recobrimentos superficiais com menor rugosidade e redução do coeficiente de atrito dos perfis de vedação.

Ensaio de Rugosidade (unidades μm)								
		1	2	3	4	5	Desvio Padrão	Média
EPDM	R _y	2,36	4,49	1,42	1,18	1,94	1,32	2,28
	R _a	0,34	0,5	0,25	0,23	0,27	0,11	0,32
TPE	R _y	10,58	9,33	10,6	8,56	11,76	1,24	10,17
	R _a	1,63	1,57	1,71	1,49	1,8	0,12	1,64
TPV	R _y	17,12	13,95	16,34	15,98	15,23	1,20	15,72
	R _a	3,97	2,87	3,35	3,09	3,21	0,41	3,30

Tabela 1.9 – Rugosidade Comparativa de diferentes elastômeros

4.4 Ensaio Mecânicos

Os ensaios mecânicos caracterizam o comportamento das guarnições durante a vida útil do produto e a resposta do material às influências mecânicas externas, como esforços de inserção e extração, fechamento de portas, acionamento dos vidros, que determina a funcionalidade do sistema de vedação.

Essas características fundamentais das guarnições são diretamente influenciadas pela tensão / deformação.

O material utilizado como referência é o composto de EPDM BXC 27Q, uma vez que o mesmo é utilizado em sistemas de vedação de vidros móveis em automóveis comerciais. E comparativamente realizado os mesmos ensaios com os materiais TPE e TPV.

4.5 Ensaio de Tensão / Deformação

O ensaio de tração tem por objetivo medir a resistência a deformação de um material sob condição de uma força tênsil geralmente a uma velocidade constante, até gerar ruptura ou alcançar um valor pré-estabelecido de tensão/deformação. Para os sistemas de vedação a principal importância do ensaio de tração é a análise dos parâmetros: módulo de elasticidade e alongação na ruptura (Wang J., 2010).

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de resistência á tração da borracha EPDM (usada como referência) e os elastômeros TPE e TPV (Figura 2.6), injetados em formato de gravata, antes e após envelhecimento térmico a 70 °C. Os apêndices de B à G apresentam as curvas de “tensão x deformação” obtidas para cada ensaio.

Analisando comparativamente as propriedades mecânicas dos elastômeros termoplásticos, verifica-se que o TPE possui um alongamento na ruptura similar ao EPDM, enquanto o TPV apresenta um módulo de elasticidade similar ao elastômero termofixo. Ambos os elastômeros termoplásticos apresentaram propriedades de tensão na ruptura em torno de 50% menor ao EPDM.

Baseando-se no critério estrutural, observa-se que o módulo de elasticidade apresentou valores de rigidez suficiente para garantir sustentação no perfil extrudado em todos os materiais.

Para a função vedação, observa-se que a carga de compressão da guarnição é determinante para a qualidade da função primária do produto que é caracterizada pela tração, forma geométrica do perfil e dureza “Shore A” do material, está combinação de propriedade são determinantes para garantir a carga de compressão uniforme.

Material		Tensão na ruptura (MPa)	Módulo de Elasticidade (Mpa)	Alongamento (%)
EPDM	Sem Envelhecer	11,2 ± 1,3	3,8 ± 0,1	469 ± 83
	Envelhecido (70hs)	11,9 ± 0,3	3,7 ± 0,1	538 ± 185
	Envelhecido (500hs)	12,1 ± 0,5	3,2 ± 0,3	615 ± 190
	Névoa Salina	6,57 ± 0,2	5,4 ± 0,7	221,9 ± 9,4
	Ultravioleta *	5,95	5,54	228,51
TPE	Sem Envelhecer	4,9 ± 0,3	2,8 ± 0,1	508 ± 43
	Envelhecido (70hs)	5,2 ± 0,2	2,8 ± 0,1	854 ± 35
	Envelhecido (500hs)	5,3 ± 0,3	2,8 ± 0,2	1067 ± 63
	Névoa Salina	4,2 ± 0,7	27,6 ± 2,4	384,1 ± 78,1
	Ultravioleta *	3,36	13,4	504,24
TPV	Sem Envelhecer	4,7 ± 0,4	3,7 ± 0,9	322 ± 97
	Envelhecido (70hs)	5,0 ± 0,4	3,3 ± 0,3	714 ± 90
	Envelhecido (500hs)	4 ± 0,5	2,6 ± 0,4	721 ± 75
	Névoa Salina	3,5 ± 0,4	26,5 ± 8,5	290,3 ± 11
	Ultravioleta *	4,14	42,68	269,56

Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração/deformação dos Materiais

(* - apenas um corpo de prova)

Após o envelhecimento térmico, observam-se distintos comportamentos para o EPDM e as borrachas termoplásticas. O EPDM apresentou um pequeno enrijecimento, com aumento da tensão na ruptura e módulo de elasticidade. Este comportamento pode ser explicado devido a um possível aumento de ligações cruzadas (reticulação) ocasionados pela temperatura (Ignatz-Hoover, 2004). Para o TPV e o TPE não foi observada significativa mudança no módulo de elasticidade e na tensão na ruptura após o envelhecimento. Porém a alongação na ruptura apresentou um aumento em torno 100% para ambos os elastômeros termoplásticos, Figura 2.4. Este comportamento pode ser justificado por um provável aumento da interação entre as cadeias poliméricas da matriz e da fase borrachosa, causada pelo aumento da energia cinética das moléculas e a mais fácil difusibilidade em maiores temperaturas (Abraham T., McMahan C., 2004).

Este aumento no alongamento na ruptura é benéfico para o sistema de vedação, pois auxilia as propriedades de vedação de carroçarias automotivas, absorvendo o desgaste mecânico dos elementos rígidos e perda de ajuste dos sistemas mecânicos.

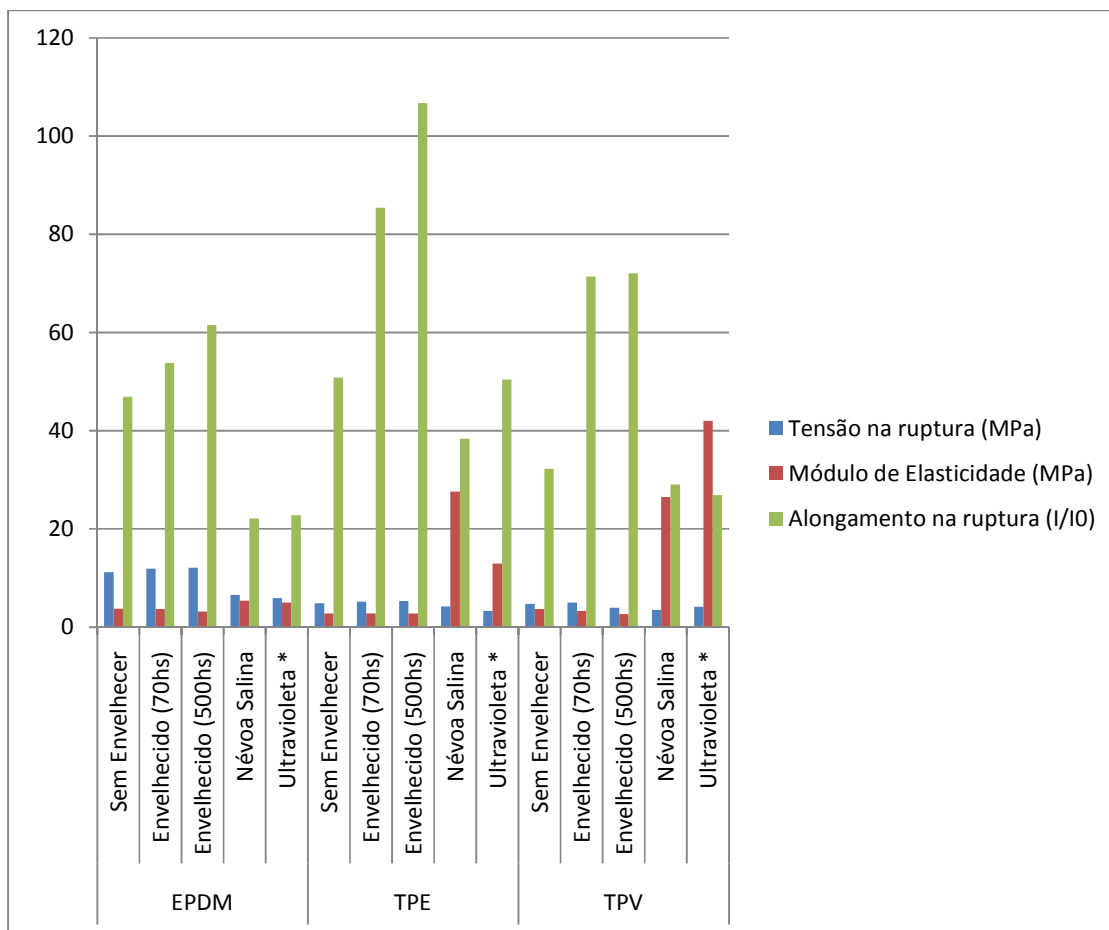


Figura 2.5: Gráfico comparativo das propriedades de tração do EPDM, TPE e TPV

Os resultados dos ensaios de tração representados sobre a forma de curva de tração encontram-se no anexo 1, 2, 3, 4, 5, e 6. Os corpos de prova dos polímeros foram injetados em formato de gravata.

4.6 Ensaio de Envelhecimento Térmico

As propriedades mecânicas encontradas para as amostras envelhecidas termicamente são apresentados no item 8.5 Visualmente, as amostras não envelhecidas e envelhecidas apresentaram o mesmo aspecto, não havendo modificações perceptíveis da superfície das amostras. A Figura 2.5 apresenta comparativamente estas amostras envelhecidas durante 500 horas a 80° C.

Todos os materiais apresentaram alterações nas características medidas na condição original, conforme a Tabela 2, onde podemos perceber um incremento no alongamento dos polímeros submetidos 70 °C durante 70 horas, EPDM = 15%, TPV = 58% e TPE = 101% respectivamente. E uma alteração de menor importância no Módulo de elasticidade a 100%, EPDM = -4%, TPE = 1% e TPV = 11%.

Os materiais submetidos a 500 horas (Figura 2.5) também tiveram um incremento no alongamento: EPDM = 31%, TPV = 110% e TPE = 123%. Da mesma forma o Módulo de elasticidade a 100% obteve menor divergência, EPDM = -16%, TPE = 0% e TPV = -23%.



Figura 2.6: Corpos de prova após 500 horas à 80° C

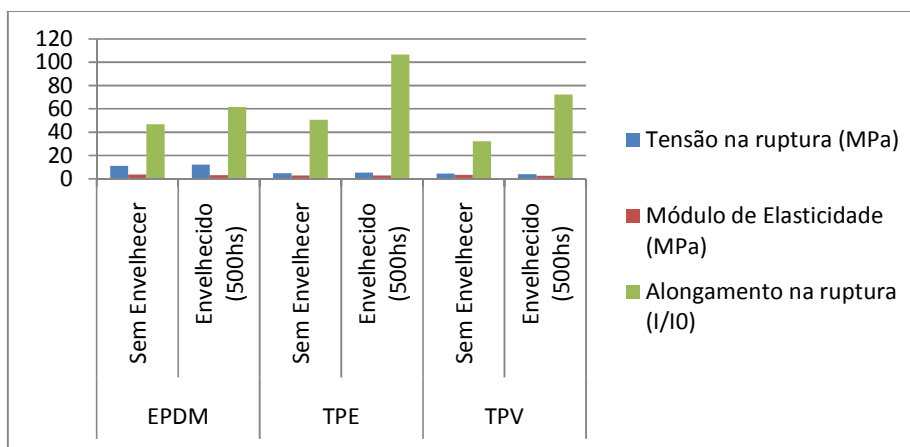


Figura 2.7: Gráfico do ensaio de envelhecimento após 500 horas à 80° C

4.7 Ensaio de Dureza

A dureza mede a resistência a penetração ou ao risco. Nos materiais poliméricos, as ligações cruzadas aumentam a dureza dos elastômeros, e os plastificantes tendem a diminuir.

A especificação automotiva para elastômeros segue norma ASTM D 2240, utiliza-se para a medida de elastômeros a escala metodologia Shore A.

Uma excessiva dureza do material poderá ser maléfica para o desempenho da vedação, impossibilitando a correta conformação e acomodamento vedante permitindo a percolação de líquido no sistema a ser vedado. Por outro lado, sistemas com uma dureza muito baixa podem ser ineficaz como barreira física, comprometendo a sua função vedação.

Os resultados médios para os ensaios de dureza Shore A são apresentados na Figura 2.8 Tomando-se como base o EPDM, verifica-se que o TPE utilizado possui 6 pontos de dureza Shore A mais resistente a penetração que o EPDM, enquanto o TPV apresenta 4 pontos de dureza Shore A menor. Os valores nominais utilizados em sistemas de vedação de vidros móveis variam de 65 Shore A a 85 Shore A. Partindo-se destes dados práticos, as resinas TPE e TPV encontram-se dentro da especificação.

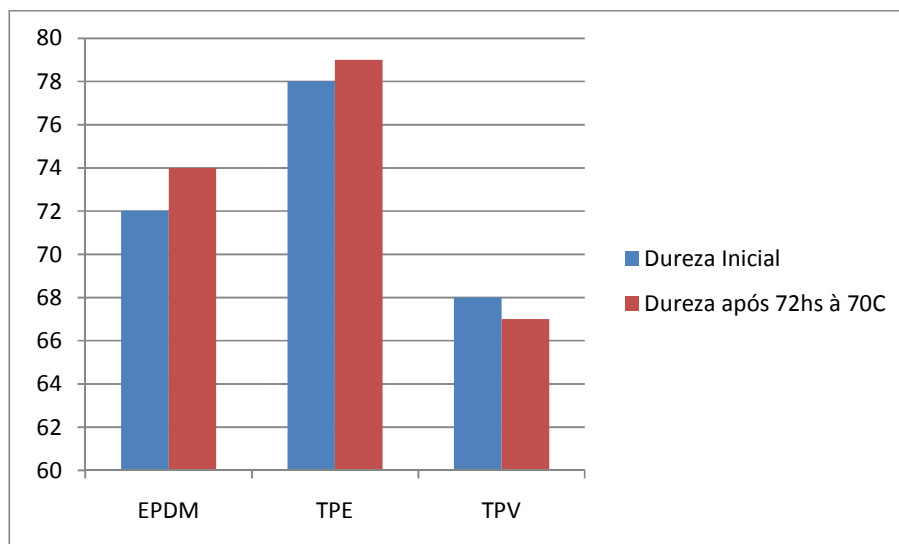


Figura 2.8: Dureza Shore A – EPDM, TPE e TPV.

Os ensaios de dureza realizados para os corpos de prova envelhecidos termicamente apresentam pequena variação de valores médios de dureza Shore A: EPDM, após o envelhecimento apresentou enrijecimento, com aumento de dois pontos na escala Shore A, é possível que este fenômeno seja devido ao aumento das ligações cruzadas.

TPE, após o envelhecimento apresentou enrijecido, com o aumento de um ponto na escala Shore A.

TPV, após o envelhecimento apresentou relaxamento, com redução de um ponto na escala Shore A.

Estas variações são aceitáveis segundo norma ASTM D 2240. Desta forma os três materiais foram considerados aprovados e aptos para está aplicação.

4.8 Dimensionamento

O dimensionamento dos corpos de prova foi realizado para fornecer os dados de largura (Figura 2.8) e espessura para o ensaio de tração e calculo do módulo de elasticidade a 10%, 50% e 100%, estas medições foram realizadas com instrumentos de medições lineares: medidor de altura, com força controlada e resolução milesimal e um paquímetro digital centesimal convencional, ambos produzidos pela empresa Mitotoyo.



Figura 2.9: Medidor de altura

4.9 Ensaio de Estabilidade a Ultravioleta

As propriedades mecânicas encontradas para as amostras após o ensaio de UV foram apresentadas no item 8.5. As amostras ensaiadas não apresentaram diferença no mesmo aspecto visual, as superfícies das amostras permaneceram com o aspecto inicial.

Estes resultados foram registrados (Figura 3), porém não existem especificações desta característica, as mesmas foram apenas para informação.

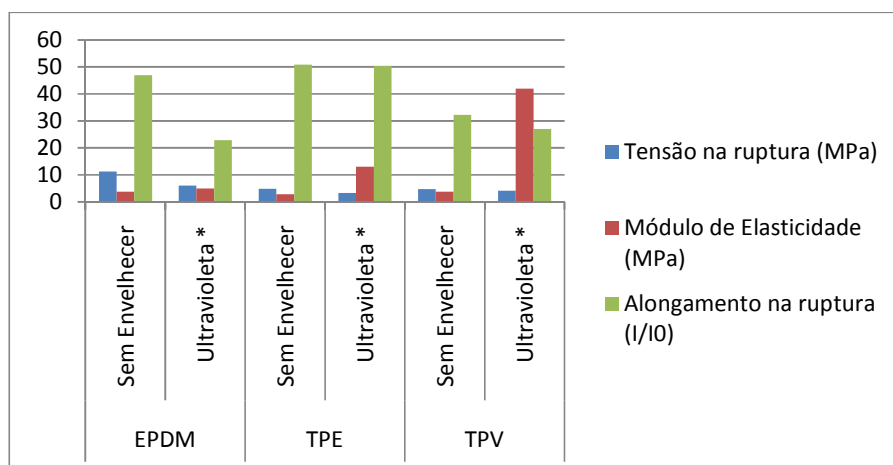


Figura 3: Gráfico ensaio UV

4.10 Ensaio de Estabilidade em Névoa Salina

As propriedades mecânicas encontradas para as amostras ensaiadas sob névoa salina são apresentadas no item 8.5. Onde foi avaliada a resistência à tração dos materiais no estado original e após os ensaios. A avaliação visual das amostras apresentou similar aparência ressecada, sem alterações significativas, como fissuras ou entalhes nas superfícies das amostras da Figura 3.1.



Figura 3.1: Corpos de prova – EPDM, TPE e TPV

Os resultados dos ensaios mecânicos foram apresentados no item 8.5, onde foi observado:

EPDM apresentou uma redução na tensão na ruptura na ordem de 41%, o módulo de elasticidade apresentou um aumento de 42% e o alongamento apresentou redução de 52%, que são os dados extraídos do material de referência.

O TPE apresentou uma redução na tensão de ruptura na ordem de 14%, o módulo de elasticidade apresentou um aumento de 921% e o alongamento apresentou redução de 24%.

O TPV apresentou uma redução na tensão de ruptura na ordem de 25%, o módulo de elasticidade apresentou um aumento de 616% e o alongamento apresentou redução de 10%.

Os comportamentos dos polímeros são similares (Figura 3), reduzem a tensão de ruptura, aumentam o módulo de elasticidades e reduzem o alongamento. Confirmando o potencial de utilização dos termoplásticos nesta função.

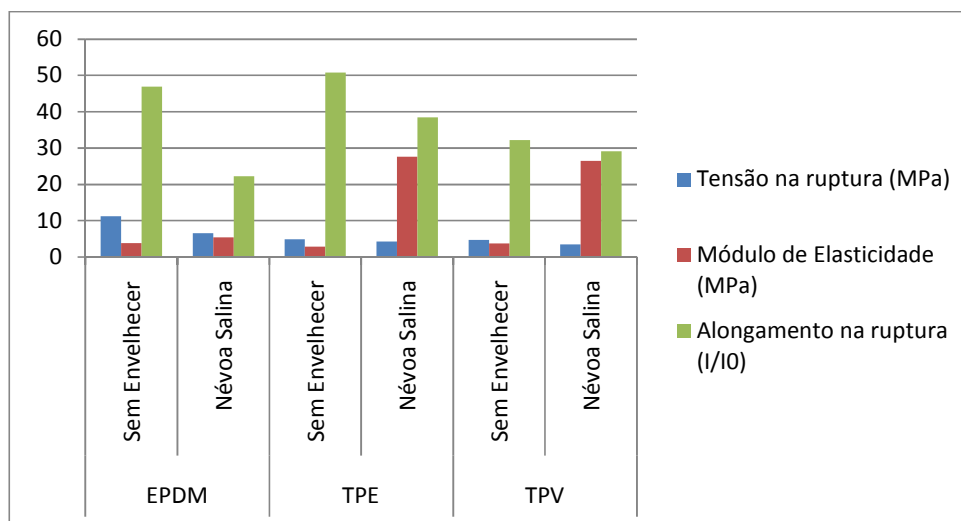


Figura 3.2: Gráfico ensaio névoa salina

4.11 Análise de Viabilidade Financeira

Com objetivo de avaliar a viabilidade econômica foi incluído neste trabalho a análise financeira realizada, que demonstrado o fluxo de caixa (Figura 3.1), baseado na formação preliminar de preços, conforme Figura 3.2, ambos compõem um estudo preliminar apresentado no edital Projeto Inovar da FIEB no ano de 2011.

Lançamentos	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
SALDO INICIAL	130.000	644.624	1.143.734	1.627.793	2.097.252	2.552.549	2.994.168
Novo Saldo	130.000	644.624	1.143.734	1.627.793	2.097.252	2.552.549	2.994.168
TOTAL DE ENTRADAS	2.327.508	2.257.682	2.189.951	2.124.253	2.060.525	1.998.769	1.938.805
(+) Receita de venda de produto	2.248.800	2.181.336	2.115.896	2.052.419	1.990.846	1.931.121	1.873.187
(+) Receita de produtividade	67.464	65.440	63.476	61.572	59.725	57.993	56.253
(+) Receita externa de P&D&I	11.244	10.906	10.579	10.262	9.954	9.655	9.365
TOTAL DE SAIDAS	1.812.884	1.758.572	1.705.892	1.654.794	1.605.228	1.557.150	1.515.164
(-) Insumos para produção	899.520	872.534	846.358	820.967	796.338	772.448	753.927
(-) Investimentos na produção	112.440	109.066	105.794	102.621	99.542	96.556	93.659
(-) Comunicação e marketing	11.244	10.906	10.579	10.262	9.954	9.655	9.365
(-) Pesquisa e desenvolvimento	44.976	43.626	42.317	41.048	39.816	38.622	37.463
(-) Custos administrativos	224.880	218.133	211.589	205.241	199.084	193.112	187.318
(-) Mão de obra	67.464	65.440	63.476	61.572	59.725	57.933	56.195
(-) Depreciação	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600	2.600
(-) Imposto de renda	449.760	436.267	423.179	410.483	398.169	386.224	374.637
SALDO FINAL	644.624	1.143.734	1.627.793	2.097.252	2.552.549	2.994.168	3.417.809

Figura 3.3: Análise do fluxo de caixa

Unidades a serem produzidas	80000	Custo Homem/Hora:	18,75
Insumos (R\$) para produzir 1 unidade	R\$ 4,71	Custo Home/Hora (1 Unidade):	1,88
Custo da mão de obra	R\$ 27000,00	(80000 Unidades):	150.000,00
Número de funcionários	9		
Salário médio	R\$ 1500,00	Custo de Produção (Insumos + HH):	526.560,00
Encargos + Benefícios	R\$ 1200,00	Custo de Marketing + P&D:	8.000,00
Participação nos lucros	R\$ 300,00	Outros custos:	R\$ 25000,00
Horas para produzir 1 unidade	0,10		
Investimento em marketing	R\$ 3000,00	Custo Total:	559.560,00
Investimento em P&D	R\$ 5000,00	Custo Total Unitário:	6,99
Outros custos	R\$ 25000,00		
Despesas administrativas	R\$ 5000,00	Receita Total:	640.000,00
Ampliação de produção	R\$ 0,00	Receita de Produção (LAIR):	80.440,00
Estoque	R\$ 20000,00	Imposto de Renda:	28.154,00
Preço de venda	R\$ 8,00	Lucro Líquido:	52.286,00

Figura 3.4: Formação de preço

4.11.1 Análise de viabilidade de mercado

Pretende-se num primeiro momento atingir o mercado automotivo da região de Salvador, onde a Cooper é principal fornecedora do sistema de vedação da fábrica da Ford em Camaçari. Na linha de EDPM para sistemas de vedação a Cooper possui como concorrentes multinacionais com as plantas instaladas no Brasil, porém as mesmas não trabalham com sistemas de vedação baseados em elastômeros termoplásticos. Este mercado regional tem uma demanda média de 20.000 unidades automotivas por mês, sendo que cada unidade utiliza 4 sistemas de vedação, um para cada porta do veículo. O mercado automobilístico vem apresentando ainda uma tendência cada vez mais forte na utilização de materiais ambientalmente corretos (p.e materiais recicláveis) e com menor peso (de impacto direto na economia de combustível do automóvel). A viabilidade do projeto possibilitaria ainda a expansão de venda do sistema de vedação baseado em elastômeros termoplásticos para toda a região Nordeste.

4.11.2 Impactos indiretos

- 1) Redução do consumo de gasolina do automóvel;
- 2) Aumento da versatilidade de produtos no segmento;
- 3) Incorporação no mercado de materiais com propriedades ainda não conseguidas pelo EPDM na linha de vedação automotiva;
- 4) Novas possibilidades em design automotivo;
- 5) Possibilidade de utilização do conceito de ambientalmente amigável para este tipo produto por parte da indústria automotiva.

4.11.3 Análise de viabilidade técnica

A viabilidade técnica do produto baseia-se principalmente em duas premissas: facilidade e operacionalidade do processo produtivo e cumprimento dos requisitos necessários para o produto final. O processo atual de produção de vedações automotivas de EPDM baseia-se na extrusão e posterior cura da borracha em fornos apropriados. Esta etapa de cura é o grande complicador do processo, demandando tempo e gasto de energia (na forma de calor) para a obtenção de propriedades adequadas. O processo produtivo baseia-se em extrusão de elastômero termoplástico em extrusora monorosca e matriz/calibrador adequados. Como o atual processo de produção de EDPM já utiliza este tipo de equipamento, espera-se uma fácil adaptação do processo produtivo, ocorrendo até mesmo a sua simplificação, com a retirada dos fornos de cura. Existe a possibilidade do não cumprimento por parte da borracha termoplástica de todos os requisitos para vedação que hoje se consegue com a borracha EPDM. Porém, diferente do EDPM elastômeros termoplásticos podem ter as suas propriedades facilmente modificadas com a incorporação de aditivos ou mesmo com a mistura de diferentes tipos de elastômeros termoplásticos. Este requisito aumenta em muito a versatilidade deste item, permitindo, por exemplo, a sua pigmentação, incorporação de agente anti-chama ou ajuste de propriedade para aplicações específicas.

4.11.4 Análise de viabilidade econômica

Supondo-se uma nova instalação prevendo a produção de sistemas de vedação automotivos baseados em elastômeros termoplásticos, estima-se que: 1) a fábrica de elastômeros termoplásticos ocuparia um espaço 3 vezes menor que uma linha de EPDM; 2) A produtividade da fábrica de elastômeros termoplásticos seria 3 vezes maior que a produtividade de uma linha de EPDM; 3) O gasto energético da fábrica de elastômeros termoplásticos seria em torno de 40% menor que a da fábrica de EPDM 4) A linha de elastômeros termoplásticos teria um perda de material de 5% menor que a linha de EPDM. Baseando-se nos fatores acima expostos, mais a experiência no setor da empresa parceira, estima-se que o preço de venda oferecerá 20% de redução em relação aos produtos oferecidos atualmente e mantendo a rentabilidade do negócio.

4.11.5 Análise da concorrência e riscos

Na linha de EPDM para sistemas de vedação as empresas instaladas no Brasil são Cooper, Huchinson (denominada B) e Saargummi (denominada A), segue análise comparativa na Figura 3.3 neste segmento uma vez que as mesmas não trabalham com sistemas de vedação baseados em elastômeros termoplásticos. Os riscos foram analisados conforme a matriz da Figura 3.4.

Fator	Minha Empresa	Concorrente A	Concorrente B	Importância para o consumidor
(A) Preço	3	3	3	5
(B) Qualidade	4	3	4	5
(C) Confiabilidade	4	3	4	4
(D) Produtividade	3	3	3	3
(E) Reputação da companhia	5	3	2	3
(F) Localização	3	5	1	4
(G) Método de venda	4	3	2	4
(H) Propaganda	4	3	2	2

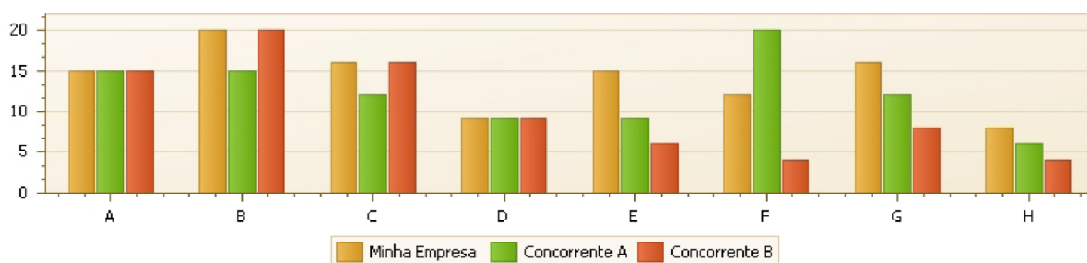


Figura 3.5: Análise da concorrência para TP's

Risco	Estratégia	Probabilid.	Impacto	Ações Corretivas	Área de impacto
Não atende o requerimento de vedação	Melhorar	50%	Alto	Tentativa de mudança da geometria, incorporação de aditivos, mudança de ferramenta .	Prazo;Qualidade;
Preço do produto maior que o esperado	Melhorar	75%	Moderado	Otimizar o processo para redução de custo.	Financeiro;
Linha de produção não atende a necessidade do novo produto	Evitar	25%	Alto	Adequação da linha, modificando matriz , extrusora ou equipamentos que possa produzir o material desejado	Prazo;Qualidade;

Figura 3.6: Análise de riscos

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que através dos testes realizados neste trabalho que existe um potencial de utilização dos materiais termoplásticos elastômeros, FORTIPRENE TPV e FORTIPRENE TPE. Na aplicação funcional de vedação de carrocerias automotivas substituindo o EPDM, devido ao bom comportamento que estes elastômeros apresentaram no processo de extrusão, além de apresentarem propriedades físico-mecânicas compatíveis para desempenhar esta função e serem recicláveis.

Observou-se ainda que os materiais termoplásticos elastômeros FORTIPUR e FORTIFLEX não apresentaram resultados adequados para a substituição do EPDM em vedações automotivas devido a baixo desempenho apresentada no processo de extrusão, além de um alto índice de fluidez e falta de robustez estrutural. Estes materiais, porém, poderão aprimorar as propriedades dos demais elastômeros termoplásticos, se utilizados na forma de aditivos.

5.1 Contribuições

A pesquisa possibilitou a compreensão do comportamento dos TP's estudados e a utilização dos mesmos em projetos futuros junto ao mercado nacional, com ganhos sociais e econômicos.

Solicitação de patente, registrando a idéia em prol das instituições que apoiaram a pesquisa.

Com intuito de avançar as pesquisas nesta visando a utilização de termoplásticos, foi aberto um projeto para o SENAI CIMATEC junto à FIEB.

5.2 Atividades Futuras de Pesquisa

Projeto INOVAR, na parceria escola – indústria, visando a implementação desta iniciativa na Bahia.

Desenvolver equipamentos para a ciclagem térmica, simulando a vida útil para produtos poliméricos no Laboratório do SENAI CIMATEC.

Estudo mais aprofundado das características que influenciam o alongamento e tração dos TP's para viabilizar o acoplamento de função, como sensores elétricos, para itens de segurança veicular.

Estudo da matriz polimérica dos materiais TPO e TPU, compreendendo a falha de processabilidade e visando a aditivação dos mesmos, aproveitando características como coeficiente de atrito do TPO, suavização a rugosidade que são de grande importância para a função vedação.

6 REFERÊNCIAS

ABIPLAST (Associação Brasileira da Indústria de Plásticos) (2000) Perfil 2000: **Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico**. São Paulo.

ABIQUIM (Associação Brasileira da Indústria Química e Derivados) (2001). **Anuário da indústria química brasileira 2001**. São Paulo.

ALC (Automotive Learning Center) (2002) **Plastic application in cars**. Disponível em www.plastics-car.com em 22/08/2009.

ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) (2002) **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira**, São Paulo.

APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe) (1999) **A material for choice for the automotive industry**, Summer 1999. Disponível em www.apme.org.

APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe)(1999) **A material for choice for the automotive industry**, Summer 1999. Disponível em www.apme.org (AUTOVINYLE,2007).

BNDES. **Panorama do Setor das Borrachas**. São Paulo. Ricardo Sá Peixoto Montenegro e Simon Shi Koo Pan, 1996. Disponível em www.sinborsul.com.br.

BOMTEMPO, J. V. - **Innovation et organisation: le cas del'industrie des polymeres**, Tese de Doutorado, L' École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris (1994).

CANEVAROLO JR. S. V., **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**, São Paulo, Atiliber Editora, 2002.

CURCHOD J., **Synthese, Proprietes et Technologie des Elastomeres**, Paris, IFOCA, 1984.

DROBNY, J. G., **Handbook of Thermoplastic Elastomers**, Norwich, NY, William Andrew Publishing, 2007

DUFTON, PETER W. **Relatório Rapra sobre Uso de Materiais Termoplásticos**. RAPRA. England, 2001.

FALL, 1983 MEETING – EDUCATIONAL COMITEE – RUBBER DIVISION – AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. **Synthetic Rubber: Polymerization, Processing and Properties**. Houston, Texas, 1983.

FIALHO, B. C., Hasenclever, L. & Hemais, C. A. – **Aspectos teóricos da mudança tecnológica: uma análise exploratória da área de polímeros**, ALTEC (Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica) 99 – Resúmenes

FIALHO, B. C.; Hasenclever, L. & Hemais, C. A. - **Innovation, competencies and technological change in the polymer industry**, The Tenth International Conference on Management of Technology – IAMOT 2001, Lausanne, Switzerland, 174BCF (2001).

HERMANSEN N., **Formulating Plastics and Elastomers by Computer**, R.D., Publications, 1991.

HANDBOOK of Molded and Extruded Rubber, **The Goodyear Tire & Rubber Co.** 1969.

Hemais, C. A. - **Polímeros e a indústria automobilística. Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 2, p. 107-114, 2003.

Hemais, C. A., Rosa, E. O. R. & Barros, H. M. - “**A não globalização tecnológica da indústria brasileira de polímeros medida através de patentes**”, Revista de Administração Contemporânea, 3 (3): 157-177 (1999).

HENSEN F., **Plastic Extrusion Technology**, New York, Hanser/Gardner Publications, 1997.

HOLDEN, G.; LEGGE, N.R.; QUIRK, R.; SCHROEDER, H.E. **Thermoplastic Elastomers. 2 ed.** Hanser. Munich, 1996.

How to Improve Rubber Compounds, J.S. Dick, Hanser Publishers, 2004.

International Standard ISO 18064 – **Nomeclature and Abreviated Terms**, First Edition 2003-09-01

LEGGE, N.R., with HOLDEN, G. and SCROEDER, H.E. **Termoplastic Elastomers – a Comprehensive Review**. Hanser Publishers. Munich, 1987.

Mano, E. B. (1991) **Polímeros como materiais de engenharia**, São Paulo: E. Blucher.

Mano, E.B. & Mendes, L.C. (1999) **Introdução a polímeros**, 2a edição, São Paulo: E. Blucher.

MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos** - Ed. Artliber; . APC (American Plastic Council) (1999)

Plastic vehicles: **making inroads in the automotive world**, April 1999. Disponível em www.americanplasticscouncil.org.

PACHEKOSKI, W. M., **Desenvolvimento de blendas biodegradáveis constituídas de poli (hidroxibutirato) – PHB e Poli (ácido láctico) – PLA para a fabricação de**

filmes, 2005, Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais, UFCAR, São Carlos, 2005.

NAGDI, K., **Rubber as an engineering material**: guideline for users, Hanser Publ., Munich, 1993.)

OERTEL, GÜNTER. **Polyurethane handbook**. Hanser Publishers. Munich, 1985. Plásticos em Revista, 40, 470, abril.

Plástico no Brasil (2002), Plásticos em Revista, 40, 470, abril. y ponencias, VIII **Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica**, Valencia, Espanha, p.275 (1999).

REICHS, M. S. **Thermoplastic Elastomers Target Rubber and Plastics markets**. Chemical and Engineering News. Washington, aug. 1996.

ROCHA, E. C., **Tecnologia da Transformação dos Elastômeros**, São Leopoldo, SENAI-RS, 2000.

SHOWMICK, ANIL K. **Thermoplastic Elastomers from Rubber-Plastic Blends**. Ellis Horwood. England, 1990.

TORMENTO A. L., **Elastômeros termoplásticos, matéria técnica, Borracha Atual**, 2010.

UEKI, M. Notas de aula. Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial, SENAI CIMATEC, 2008.

VERONESE E. J., **Avaliação da viabilidade técnica da aplicação de termoplásticos em painéis externos automotivos**, 2010, Mestrado Gestão e Tecnologia, SENAI CIMATEC, Salvador, 2010.

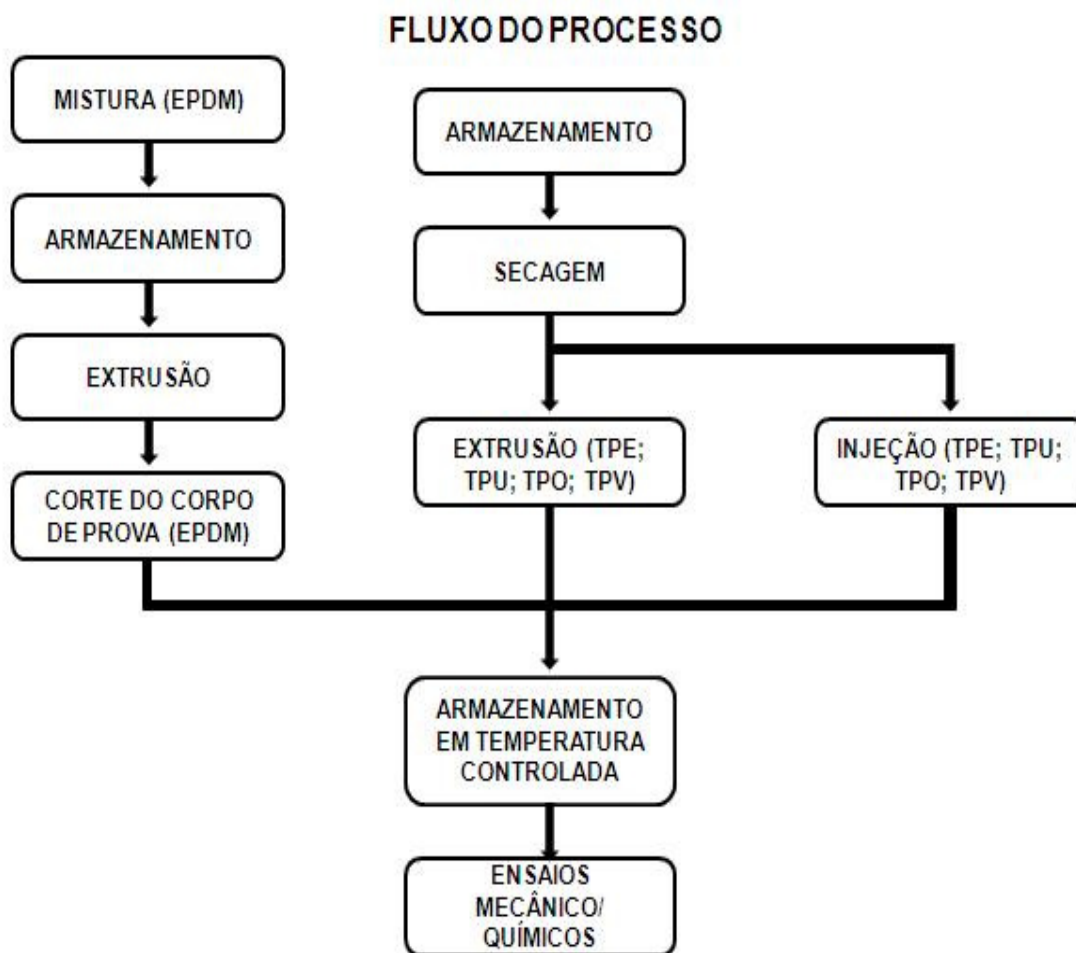
VILAR, Walter Dias. **Química e Tecnologia dos Poliuretanos**, 1993. www.poliuretanos.com.br , disponível em julho de 2011

WALKER, BENJAMIN M. and RADER, CAHRLES P. **Handbook of Termoplastic Elastomers**. Van Nostrand Reinhold. New York, 1988.

ZOETELIEF, W. and TEEUWEN, M., **Mechanical behavior of TPV in automotive sealing system**, ANTEC 2003, pp. 2496-2500, 2003

APÊNDICES

APÊNDICE A



APÊNDICE B



RELATÓRIO DE TESTES

Nome Amostra: tração_bxc-27Q_17082010.mss
Nome do Método: TRACAO.msm

Data do Teste: 8/17/2010

Memo:

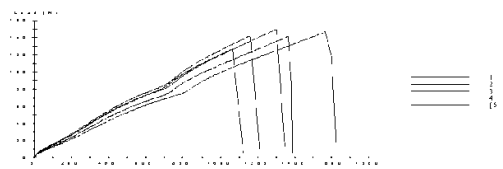
Testes realizados conforme norma ASTM D 412 – No estado original

Resultados:

Amostra	Largura mm	Espessura mm	Força MPa	Módulo 10% MPa	Módulo 50% MPa	Módulo 100% MPa	Alongamento %
1	5.80	2.060	12.2557	1.64349	2.494	3.594	589.20
2	5.85	2.220	9.7627	1.68661	2.668	3.908	379.68
3	5.90	2.370	10.1081	1.84078	2.783	3.949	405.85
4	5.80	2.020	12.0474	1.63181	2.586	3.814	503.44
5	5.75	2.270	11.4375	1.81066	2.762	3.980	469.20
Mean	5.82	2.188	11.1223	1.72267	2.658	3.849	469.48
Std. Dev.	0.06	0.146	1.1310	0.09685	0.121	0.156	83.07

Calculation Inputs:

Name	Value	Units
Break Marker Drop	50.0	%
Break Marker Elongation	0.100	in
Slack Pre-Load	1.000	lbf
Slope Segment Length	20.000	%
Yield Offset	0.200	%
Yield Segment Length	2.0	%



APÊNDICE C



RELATÓRIO DE TESTES

Nome Amostra: tração_BXC-27Q_17082010_apos 70 hs 70 graus.mss
 Nome do Metodo: TRACAO.msm

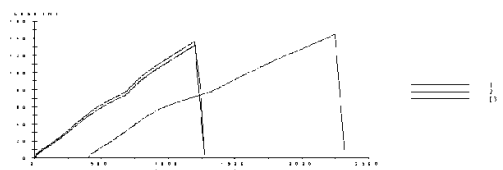
Data do Teste: 8/18/2010

Memo:

ensaio realizado em corpo de prova ASTM D 412, apos submetido a envelhecimento termico por 70 horas a 70C
 Variação de dureza + 2 shore A

Resultados:

Amostra	Largura mm	Espessura mm	Força MPa	Módulo 10% MPa	Módulo 50% MPa	Módulo 100% MPa	Alongamento %
1	5.83	2.030	12.1917	0.37735	1.241	2.313	751.86
2	6.00	1.900	11.6174	1.86552	2.937	4.300	439.98
3	6.00	1.900	11.9314	1.89853	3.003	4.433	424.21
Mean	5.94	1.943	11.9135	1.38047	2.394	3.682	535.68
Std. Dev.	0.10	0.075	0.2876	0.86888	0.999	1.187	184.79



APÊNDICE D



RELATÓRIO DE TESTES

Nome Amostra: TPE 70 SHORE A.mss
Nome do Metodo: TRACAO.msm

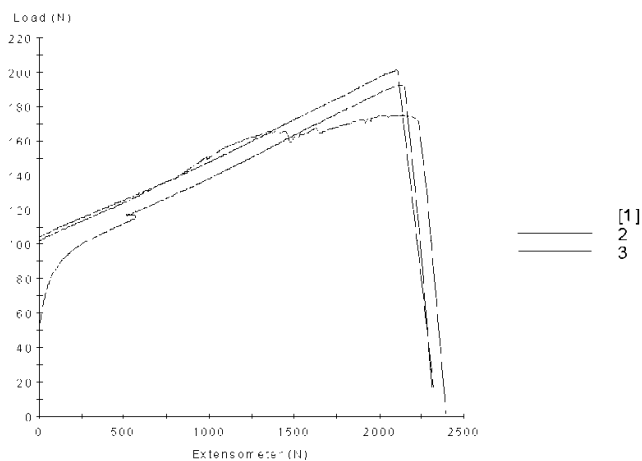
Data do Teste: 8/17/2010

Memo:

ENSAIO DE TENSÃO DE RUPTURA CONFORME DIN ISO 527-01. CORPOS DE PROVA ACLIMATIZADOS POR 24 HORAS A 23°C. COMPOSTO TPE 70 SHORE A

Resultados:

Amostra	Largura mm	Espessura mm	Força MPa	Modulo 10% MPa	Modulo 50% MPa	Modulo 100% MPa	Alongamento %
1	9.70	4.000	4.5118	1.32874	2.361	2.713	550.65
2	9.62	4.010	4.9954	1.47660	2.499	2.847	465.10
3	9.67	4.010	5.1855	1.43882	2.458	2.800	509.73
Mean	9.66	4.007	4.8976	1.41472	2.439	2.787	508.49
Std. Dev.	0.04	0.006	0.3474	0.07682	0.071	0.068	42.79



APÊNDICE E



RELATÓRIO DE TESTES

Nome Amostra: TPE 70 SHORE A.-ENVELHECIDO 70HS A 70 GRAUS.mss
 Nome do Metodo: TRACAO.msm

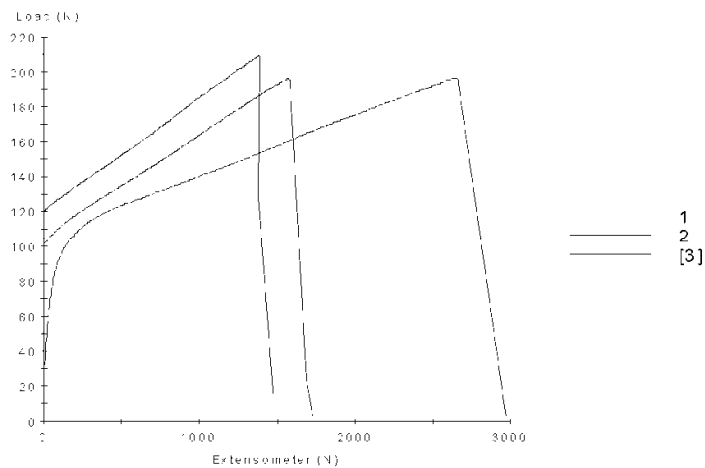
Data do Teste: 18/8/2010

Memo:

CORPO DE PROVA SUBMETIDO A ENVELHECIMENTO TERMICO POR PERÍODO DE 70 HORAS A 70 GRAUS.
 VARIAÇÃO DE DUREZA + 1 SHORE A

Resultados:

Amostra	Largura mm	Espessura mm	Força MPa	Modulo 10% MPa	Modulo 50% MPa	Modulo 100% MPa	Alongamento %
1	9,70	4,000	5,0644	1,06690	2,323	2,722	879,72
2	9,70	4,000	5,3891	1,19993	2,576	2,973	829,64
3	9,70	4,000	5,0660	1,08218	2,337	2,725	1355,07
Mean	9,70	4,000	5,1731	1,11634	2,412	2,807	1021,48
Std. Dev.	0,00	0,000	0,1870	0,07280	0,142	0,144	289,98



APÊNDICE F



RELATÓRIO DE TESTES

Nome Amostra: TPV 70 SHORE A.mss
Nome do Método: TRACAO.msm

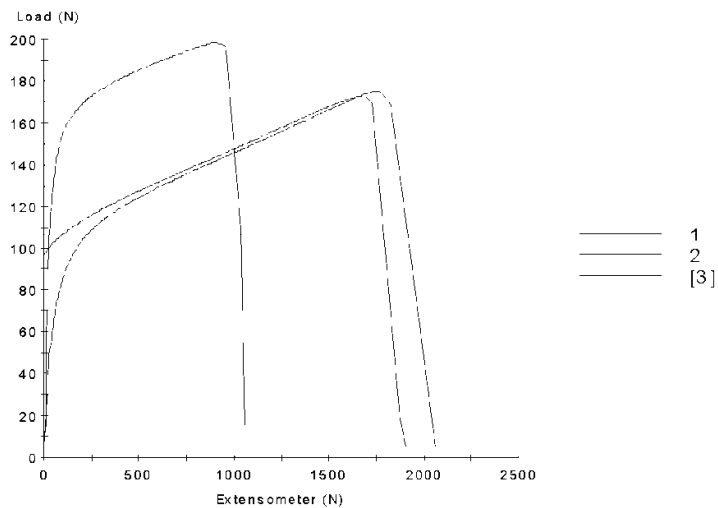
Data do Teste: 8/17/2010

Memo:

ENSAIO DE TENSÃO DE RUPTURA CONFORME DIN ISO 527-01. CORPOS DE PROVA ACLIMATIZADOS POR 24 HORAS A 23°C. COMPOSTO TPO 70 SHORE A. NÃO OCORREU ROMPIMENTO NOS CORPOS DE PROVA 02 E 03.

Resultados:

Amostra	Largura mm	Espessura mm	Força MPa	Modulo 10% MPa	Modulo 50% MPa	Modulo 100% MPa	Alongamento %
1	9.68	4.010	5.1157	3.38248	4.445	4.766	210.11
2	9.68	4.130	4.3118	1.49315	2.586	2.972	384.22
3	9.67	3.900	4.6491	1.69918	2.873	3.287	371.61
Mean	9.68	4.013	4.6922	2.19160	3.301	3.675	321.98
Std. Dev.	0.01	0.115	0.4037	1.03646	1.001	0.958	97.09



APÊNDICE G



RELATÓRIO DE TESTES

Nome Amostra: TPV 70 SHORE A-ENV-70HS A 70 GRAUS.mss
Nome do Método: TRACAO.msm

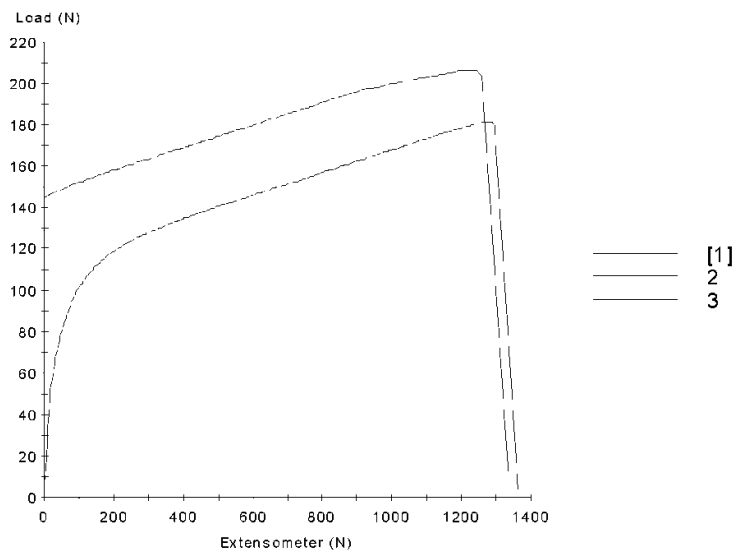
Data do Teste: 17/8/2010

Memo:

CORPO DE PROVA SUBMETIDO AO ENVELHECIMENTO TÉRMICO DURANTE PERÍODO DE 70 HORAS A 70°C.
VARIAÇÃO DE DUREZA APÓS ENVELHECIMENTO – 1 SHORE A

Resultados:

Amostra	Largura mm	Espessura mm	Força MPa	Módulo 10% MPa	Módulo 50% MPa	Módulo 100% MPa	Alongamento %
1	9,70	4,000	4,6778	1,30486	2,593	3,043	651,16
2	9,70	4,000	5,6790	3,71374	5,515	5,590	691,93
3	9,70	4,000	5,3247	1,57651	3,058	3,522	778,30
Mean	9,70	4,000	5,2241	2,19837	3,722	4,052	507,13
Std. Dev.	0,00	0,000	0,5037	1,31936	1,570	1,354	365,15



APÊNDICE H

Fotos do processo de extrusão no SENAI CIMATEC – SALVADOR



Figura 1H: Vista em perspectiva da linha de extrusão de perfilados.



Figura 2H: Parâmetros de temperatura das zonas de extrusão.

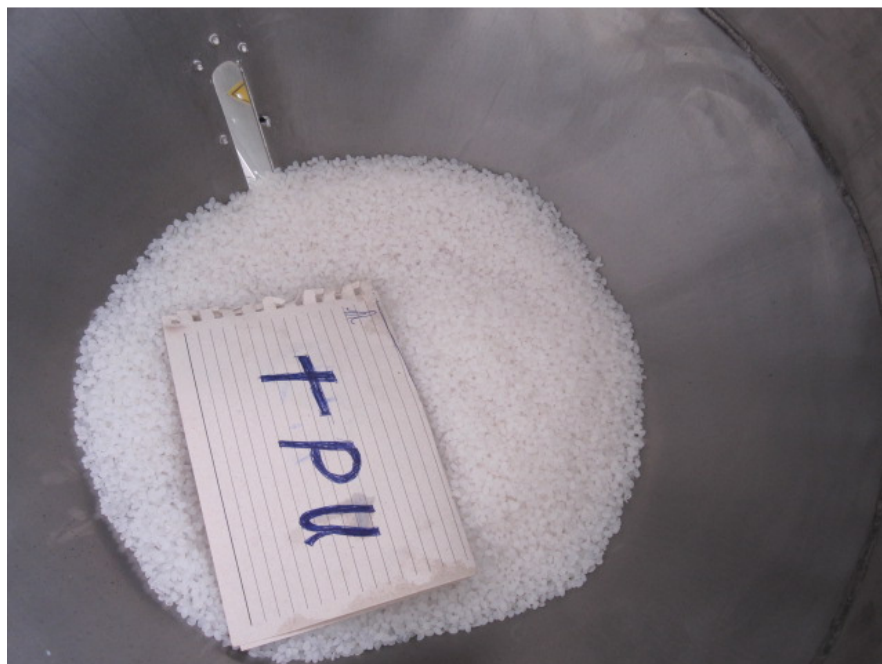


Figura 3H: Funil para alimentação de polímero, carregado com TPU.

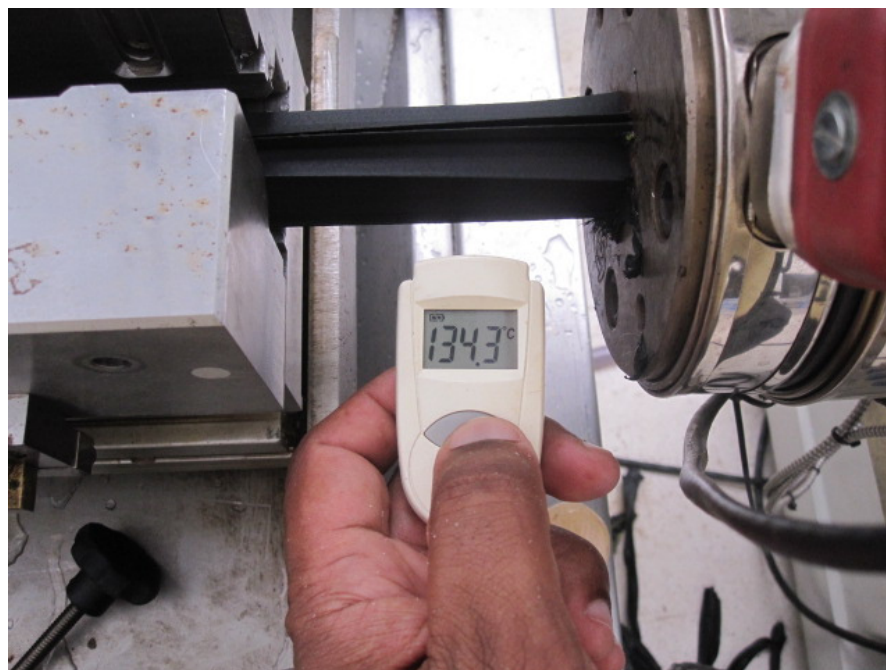


Figura 4H: Coleta de temperatura na saída do cabeçote de extrusão, TPV.



Figura 5H: Processo de resfriamento dos perfis.

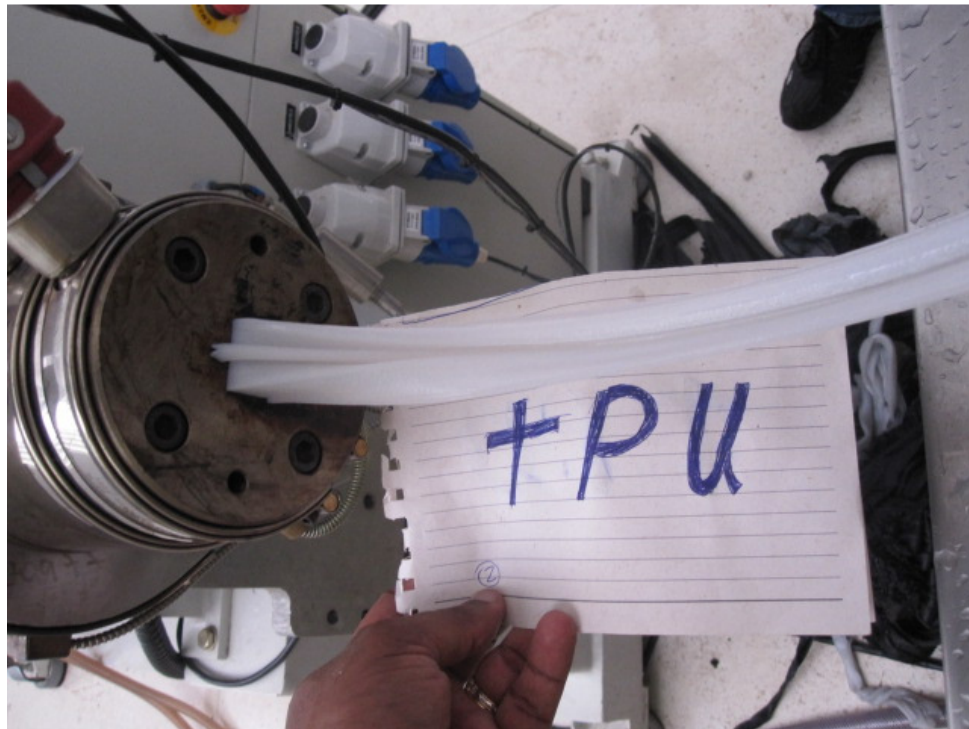


Figura 6H: Processo de extrusão TPU, instável.



Figura 7H: Resultado dos ensaios de extrusão.

APÊNDICE I

Fotos dos ensaios mecânicos na Cooper Standard – MG.



Figura 11: Preparação dos corpos de prova para envelhecimento térmico.



Figura 2l: Medição da dureza Shore A.

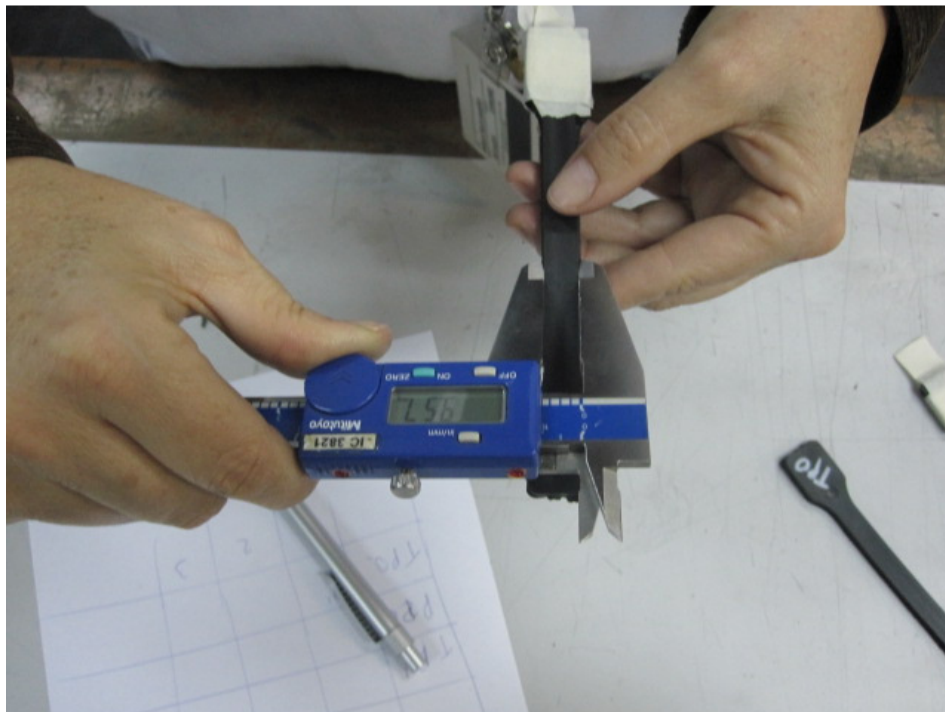


Figura 2l: Medição do corpo de prova para ensaio de tração.



Figura 3I: Equipamento utilizado para o ensaio de tração.

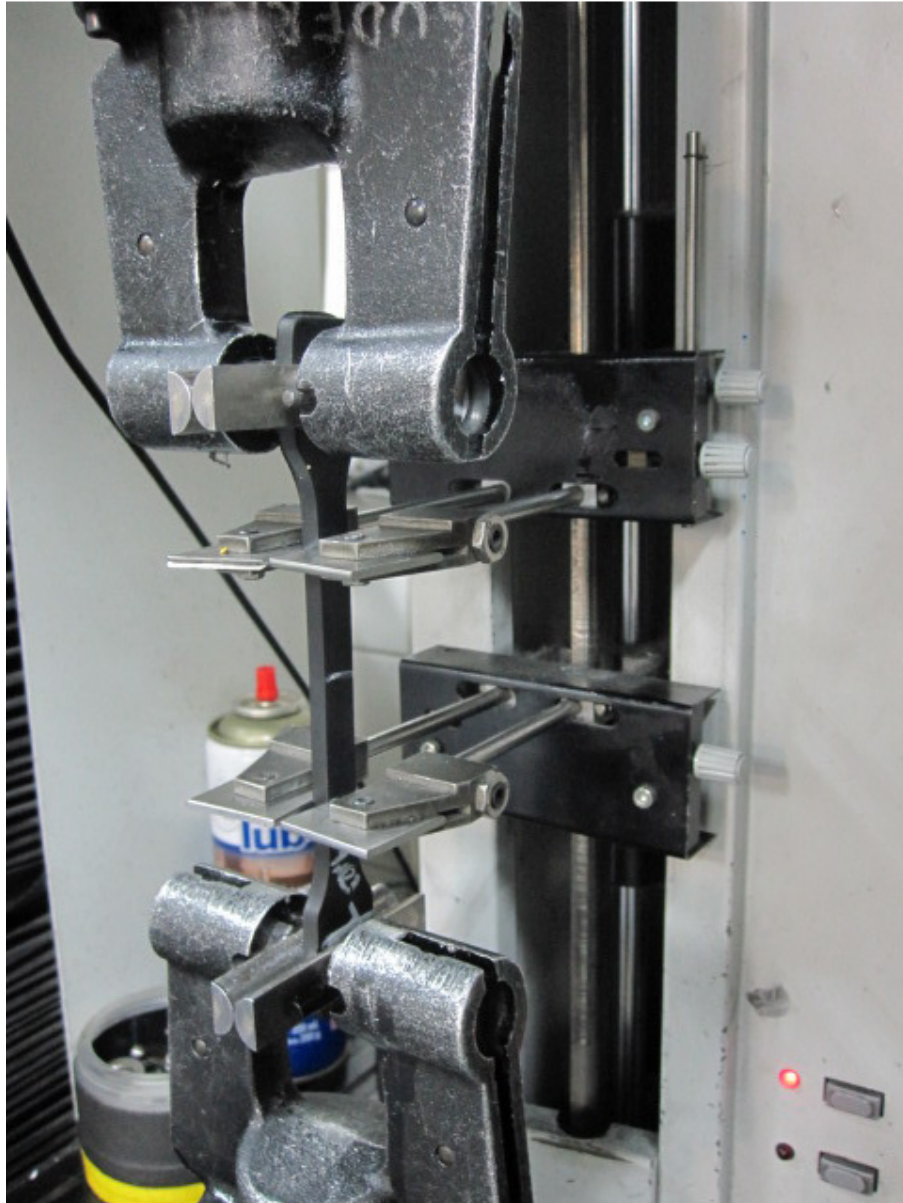


Figura 4I: Corpo de prova em processo de ensaio.

ANEXOS

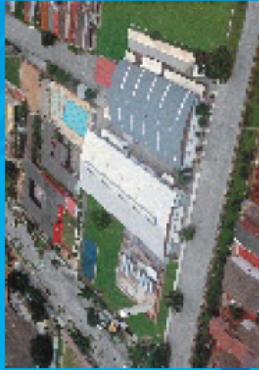
ANEXO A

Catálogos da empresa FCC

ORGANIZAÇÃO FCC



FCC CAMPO BOM
RS - BRASIL



FCC MORADA NOVA
CE - BRASIL



FCC JACUIPE
BA - BRASIL

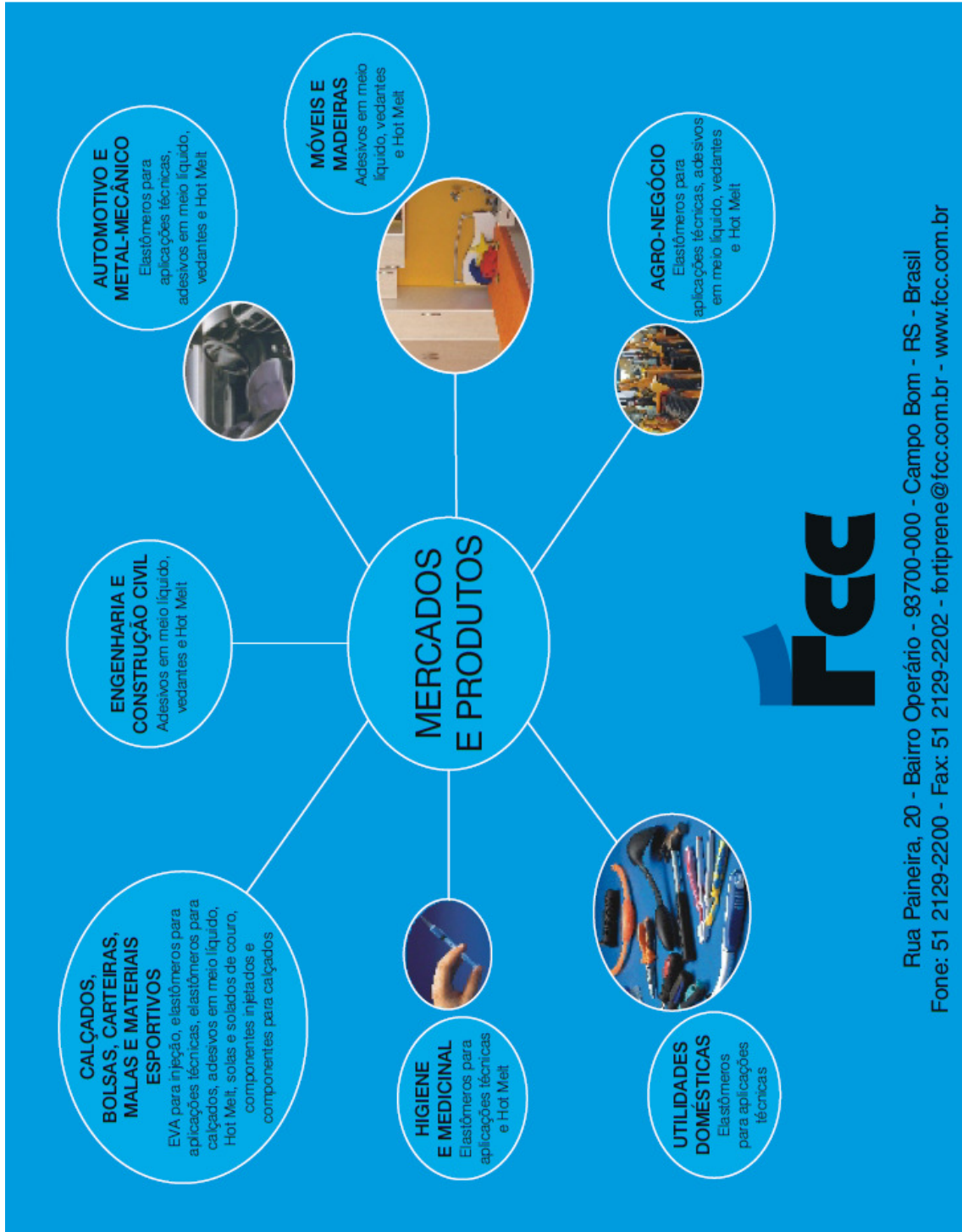


FCC BIRIGUI
SP - BRASIL



FCC CANELONES
URUGUAY





AUTOMOTIVO E METAL-MECÂNICO

Elastômeros para aplicações técnicas, adesivos em meio líquido, vedantes e Hot Melt



MÓVEIS E MADEIRAS

Adesivos em meio líquido, vedantes e Hot Melt



AGRO-NEGÓCIO

Elastômeros para aplicações técnicas, adesivos em meio líquido, vedantes e Hot Melt



ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO CIVIL

Adesivos em meio líquido, vedantes e Hot Melt

CALÇADOS, BOLSAS, CARTEIRAS, MALAS E MATERIAIS ESPORTIVOS

EVA para injeção, elastômeros para aplicações técnicas, elastômeros para calçados, adesivos em meio líquido, Hot Melt, solas e solados de couro, componentes injetados e componentes para calçados

HIGIENE E MEDICINAL

Elastômeros para aplicações técnicas e Hot Melt



UTILIDADES DOMÉSTICAS

Elastômeros para aplicações técnicas





Fortiprene® TPE

ELASTÔMERO TERMOPLÁSTICO

Elastômeros termoplásticos à base de copolímeros etilénicos em bloco, com elevadas propriedades mecânicas e químicas, desenvolvidos para aplicações de alta performance. Sua excelente processabilidade aliada à facilidade de pigmentação possibilitam a obtenção de peças complexas que necessitam de bom acabamento visual, nas mais diversas cores, sejam sopradas, extrudadas ou injetadas. Os compostos são totalmente recicláveis, e livres de halogênios, metais pesados e substâncias tóxicas.

Armonização dos produtos Fortiprene TPE é realizada de acordo com as estruturas abaixo:



Com par de aplicação dos grades de Fortiprene TPE.

Standard	7101	7105	7106	Para aplicações gerais.
Alimentício	7101	7105	7106	Contato com alimentos. Conforme bibliografias sobre FDA.
Medicinal	7101	7105	7106	Aparatos médicos - USP900V

Os produtos Fortiprene TPE são disponíveis com as seguintes cores e aplicações especiais, de acordo com as necessidades dos clientes.

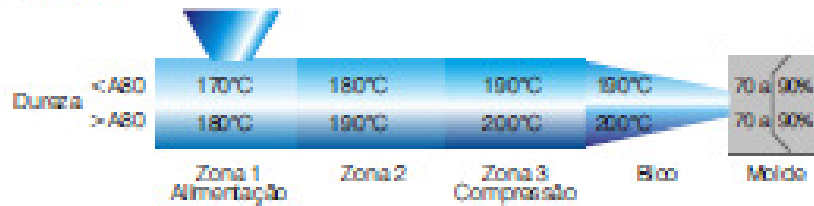
Cores	
B	Beige
C	Natural
L	Azul claro
M	Mateizado
P	Pigmentado

Adição	
C	Compatibilizante (compatibilizer)
D	Agente desulfurante (alt)
E	Distribuilo otimizado (TPE 7104, 7105 ou 7106)
K	Proteção UV
M	Fosco (matante ou cor opaco)
O	Sem adição
R	Agente desmoldeante (mold release)
S	Agente oxidante
T	Proteção térmica
V	Acabamento com toque aveludado



CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO

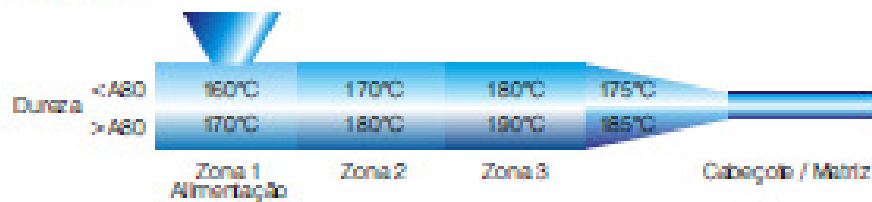
► Injeção



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA INJEÇÃO DO FORTIPRENE TPE

Rosca	Universal (Olefinicas) L/D maior 20:1, T/C 2,5 a 3,5:1
Processo	Velocidade de injeção de média a média alta e controle pela pressão de injeção mantendo-a moderada. Contra pressão baixa, rotação da rosca alta e tempo de rescalço baixo.
Refrigeração do molde	Em geral utiliza-se água industrial ou, no caso de paredes finas e injeção de longo percurso, usar termoregulador de 40 a 50°C.
Molde	Contração depende de espessura, dureza. Para maiores informações consulte boletim de contração.
Acabamento da cavidade	Após polimento de superfície e depenugosa com jateamento, textura, lixamento para facilitar desmoldo. Requer saída de ar de 0,03 a 0,04 mm ou superior se aumentar a espessura e volume de material.

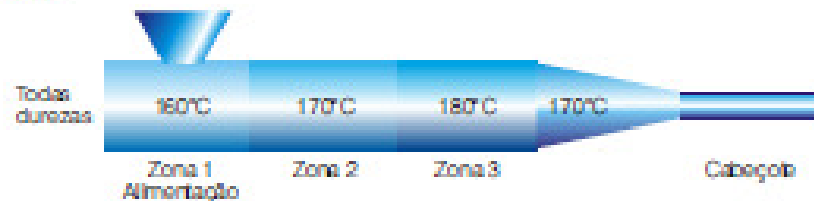
► Extrusão



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA EXTRUSÃO DO FORTIPRENE TPE

Rosca	Universal mono ou dupla (Olefinicas) L/D maior 20:1, T/C 3,0:1
Processo	Temperaturas superiores na matriz (saída) ou passagem melhoram acabamento superficial e brilho, também recomenda-se utilizar telas no conjunto porta telas.
Secagem	Para um melhor acabamento superficial, recomenda-se pré-estufar o material por 2 a 4 horas de 80 a 90°C.

► Sopro



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA SOPRO DO FORTIPRENE TPE

Conjunto Talla	Normalmente é utilizado pinos e buchas divergentes com taxa de expansão de 2 a 2,5%.
Processo	É aconselhável utilizar ar de apoio na decisão do parison, controle da pressão de sopro não muito alta, o sopro pode ser por baixo ou por cima e neste caso pode-se utilizar um pré-sopro com o auxílio da expansão.
Secagem	Para um melhor acabamento superficial, recomenda-se pré-estufar o material por 2 a 4 horas de 80 a 90°C.



Fortiprene® TPV

ELASTÔMERO TERMOPLÁSTICO
DINAMICAMENTE VULCANIZADO

O Fortiprene TPV é um elastômero termoplástico composto à base de PP com EPDM dinamicamente vulcanizado. Tal como os TPVs tradicionais, já amplamente utilizados pela indústria automóvel, este produto suporta temperatura de trabalho de até 135°C, e apresenta como vantagem a menor odores, melhor pigmentação e atende todos os processos (injeção, sopro, extrusão), com a vantagem de ser produzido no Brasil.

A nomenclatura dos produtos Fortiprene TPV é no nível de acordo com a estrutura abaixo:



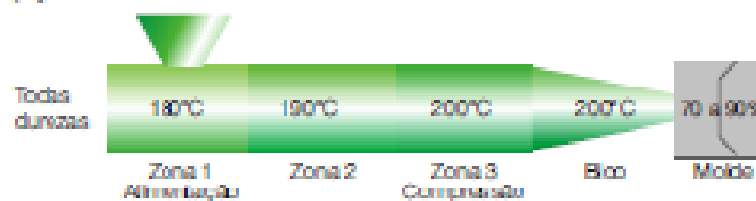
Os produtos Fortiprene TPV estão disponíveis com as seguintes cores e adições especiais, de acordo com as necessidades dos clientes.

CORES	ADIÇÃO
B Preto	D Agente desilante (Silpacert)
C Natural	E Colação otimizada (TPV 6005 ou 6006)
M Metacolors	K Proteção UV
P Pigmentado	O Sem adição
	R Agente desmoldante (Mold release)
	S Agente antistático
	T Proteção térmica
	W Fluido contido



CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO

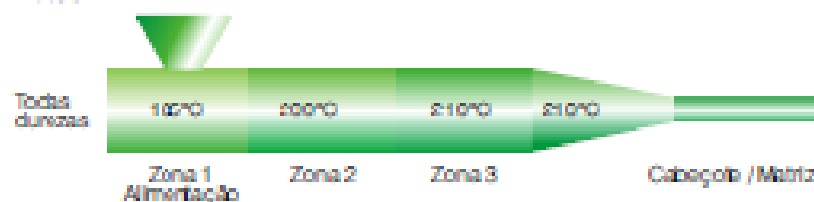
► Injeção



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA INJEÇÃO DO FORTIPRENE TPV

Resca	Universal (Olefinas) L/D maior 20:1, T/C 2,5 a 3,5:1
Processo	Velocidade de injeção de média a média alta e controle pela pressão de injeção mantendo-a moderada. Contra pressão baixa, rotação da rosca alta e tempo de resaca baixo.
Refrigeração do molde	Em geral utiliza-se água industrial ou, no caso de paredes finas e injeção de longo percurso, usar termorregulador de 40 a 50°C.
Molde	Contração depende da espessura, dureza. Para maiores informações consulte boletim de contração.
Acabamento da cavidade	Após o fim do ciclo, superfície de periferia com jateamento, textura, livramento para facilitar desmoldo. Requer salidas de ar de 0,09 a 0,34 mm ou superior se aumentar a espessura e volume do material.

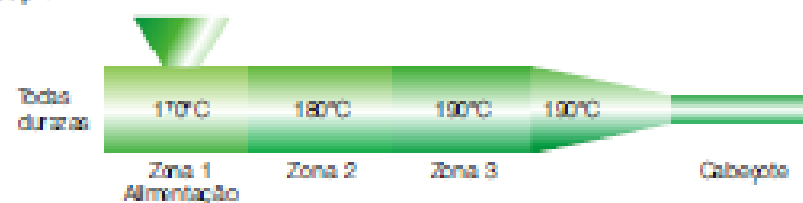
► Extrusão



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA EXTRUSÃO DO FORTIPRENE TPV

Resca	Universal mono ou dupla (Olefinas) L/D maior 20:1, T/C 3,0:1
Processo	Temperatura superior na matriz (válida) ou pressão melhoram acabamento superficial e brilho, também recomenda-se utilizar telas no conjunto porta telas.
Socagem	Para um melhor acabamento superficial, recomenda-se pré-estufar o material por 2 a 4 horas de 80 a 90°C.

► Sopro



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA SOPRO DO FORTIPRENE TPV

Conjunto Tefla	Normalmente é utilizado pinos e buchas divergentes com taxa de expansão de 2 a 2,5%.
Processo	É aconselhável utilizar ar de apoio na desida do parison, controle da pressão de sopro não muito alta, o sopro pode ser por baixo ou por cima e neste caso pode-se utilizar um pré-sopro como auxílio da expansão.
Socagem	Para um melhor acabamento superficial, recomenda-se pré-estufar o material por 2 a 4 horas de 80 a 90°C.



Fortipur® TPU

POLIURETANO TERMOPLÁSTICO

Os polímeros termoplásticos (TPU), produzidos pela FCC, são materiais muito versáteis que oferecem a elasticidade da borracha combinada com a durabilidade do metal e a facilidade de transformação dos plásticos.

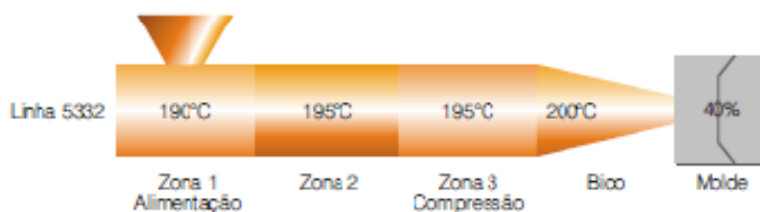
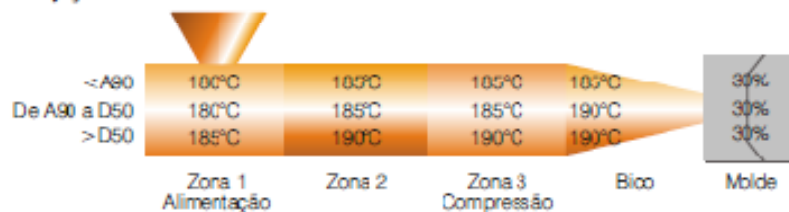
Podem ser processados por injeção, extrusão e sopro, com benefícios como redução de peso, ruído e custo de produção.

As várias versões de FORTIPUR TPU destacam-se pela excepcional resistência à abrasão, fluidos, óleo e a maioria dos aditivos não polares (alifáticos e aromáticos); além da flexibilidade a baixas temperaturas, aliada a excelente resistência à propagação de rasgo. O seu módulo de elasticidade cobre uma larga faixa, desde o módulo da borracha convencional até os plásticos de engenharia.



CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO

► Injeção



RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA INJEÇÃO DO FORTIPUR TPU

Secagem	Mantém na embalagem original até o momento da secagem. Secar em estufas com circulação forçada de ar por 4 horas a 100°C (no máximo 8 horas). Injetar o material imediatamente após a secagem.
Rosca	Ideal para TPU, L/D 17:1, T/C de 2 a 3:1 com ângulo interno de 60°.
Processo	Velocidade de injeção média e controle pela pressão de injeção mantendo-a moderada. Contra pressão baixa, rotação da rosca de 40 a 60 rpm, e tempo de recalque baixo.
Refrigeração do Molde	Em geral utiliza-se água industrial ou, no caso de paredes grossas utiliza-se água gelada.
Projeto do Molde	Contração depende de espessura e dureza. Para maiores informações solicite boletim de contração.
Acabamento da cavidade	O Fortipur TPU irá copiar o acabamento dado ao molde. Requer salidas de ar de 0,03 a 0,04 mm ou superior se aumentar a espessura e volume de material.
Pigmentação	Usar masterbatch a base de TPU ou pigmentos em pó umectados com óleo compatibilizante para TPU, antes da secagem.
Recozimento	Para durezas Shore D, recozer as peças por 12 horas a 100°C.
Reciclagem	Não usar a puga da máquina como reciclado. Armazenar o reciclado em embalagens bem fechadas. Estufar antes do uso por 3 horas a 100°C. Para peças que exijam alta resistência mecânica na aplicação final, usar apenas material virgem.

Fortiflex[®]TPO substitui o PVC flexível e agrega valor ao seu produto final.

Veja as vantagens:

- Toque amveludado ■ Pode ser processado por injeção ou extrusão
- Excelente aderência para peças co-injetadas ou co-extrudadas
- Ótima resistência química ■ Segurança no processo
- Mais leve que o PVC ■ Reciclável ■ Atóxico



Fortiflex[®]TPO é uma família de elastômeros termoplásticos de base etileno com acetato de propileno (acetato) e óxido de etileno (epoxidado) acrescentado para conferir à peça uma elevada dureza e alta resistência ao PVC flexível. Além de oferecer maior estabilidade térmica e química, além de peças de alta resistência e alta de tenacidade e aderência com topos costurados (soft touch) sendo compatíveis com PP e PE. Apresenta excelente estabilidade e longa vida útil. Também disponível nos formatos para corante em dimensões flexíveis (Fortiflex[®]PO2005 e PO2035).

PRODUTOS		TPO 8205 - 8235											TPO 8208 - 8238															
CLASSIFICAÇÃO	MÉTODO	UNIDADE	A45	A50	A55	A56	A58	A70	A80	A85	D40	D45	D50	D55	D60	D65	A60	A75	A80	A85	A90	D40	D45	D50	D55	D60	D65	
Dureza, 3s	ASTM D2240	Shore D	65	68	70	72	75	78	80	82	85	88	90	92	95	98	95	98	100	102	105	108	110	112	115	118	120	122
Dureza, 1s	ASTM D2240	Shore D	65	68	70	72	75	78	80	82	85	88	90	92	95	98	95	98	100	102	105	108	110	112	115	118	120	122
Alongamento	ASTM D413	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Alongamento na ruptura	ASTM D413	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Alongamento na ruptura	ASTM D413	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

consulte o site www.aramco.com

Injeção



RECOMENDAÇÃO GERAL PARA INJEÇÃO DO FORTIFLEX TPO	
Forma	Universal (Dado e cav.) (L1) e cav. (L1, L2, L3, L4, L5)
Processo	Usar uma temperatura de injeção adequada para o tipo de resina e espessura da parede (ver tabela de recomendações de injeção)
Temperatura da resina	Ver tabela de recomendações de temperatura de injeção para o tipo de resina
Velocidade	Controlar a taxa de injeção para evitar o resquecimento da resina e garantir a qualidade da peça. Controlar a taxa de resquecimento da resina
Acabamento da superfície	Evitar vibrações, a menos que seja necessário para garantir a qualidade da peça. Evitar o uso de produtos químicos para limpeza da superfície da peça.

Extrusão



RECOMENDAÇÃO GERAL PARA EXTRUSÃO DO FORTIFLEX TPO	
Forma	Universal (Dado e cav.) (L1) e cav. (L1, L2, L3, L4, L5)
Processo	Temperatura de extrusão adequada para o tipo de resina e espessura da parede (ver tabela de recomendações de extrusão)
Temperatura da resina	Ver tabela de recomendações de temperatura de extrusão para o tipo de resina
Acabamento da superfície	Evitar vibrações, a menos que seja necessário para garantir a qualidade da peça. Evitar o uso de produtos químicos para limpeza da superfície da peça.

As propriedades físicas e químicas dos materiais são fornecidas para fins informativos e não representam uma garantia ou recomendação. A Aramco não se responsabiliza por danos ou prejuízos decorrentes do uso dos produtos. Os dados são válidos para os processos de produção descritos e não devem ser usados para outros fins sem a aprovação prévia da Aramco. © 2015 Aramco. Todos os direitos reservados.

ANEXO B

Projeto Inovar – FIEB 2011

(SENAI) BA - Substituição da borracha termofixa EPDM por elastômeros termoplásticos em sistemas de vedação automotivos.

Linha de Atuação - Processo/Produto

Resumo Executivo

Atualmente, os sistemas de vedação automotiva no Brasil são baseados na sua esmagadora maioria em perfis extrudados de borracha termofixa EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer), de alto peso, alto custo energético e não recicláveis. Com o objetivo de reduzir ou eliminar estas deficiências, este trabalho pretende procurar materiais para substituição do EPDM em vedações automotivas, tendo como premissa a característica de serem elastômeros termoplásticos. Desta maneira, este trabalho terá como etapas a seleção de materiais que possam a cumprir tais requisitos, a análise da viabilidade processual destes materiais, a determinação se suas propriedades físico-mecânicas cumprem os requisitos necessários para a vedação automotiva, e a produção de lote piloto do produto selecionado. O trabalho além de sua grande importância e ambiental possui um forte caráter inovador, sendo prevista a possibilidade de proteção através de patente do produto / processo. Uma vez aprovado, o produto terá impacto direto na produção de empresa parceira, com a criação de uma nova linha de produção para atender esta nova demanda.

Executores**Departamento Regional**

Estado	Pessoa de Contato	Cargo
BA	Leone Peter Correia Andrade	Diretor Regional
Telefone	Fax	Email
71 3343 1351	71 3462 9594	leone.andrade@fieb.org.br

Unidade Operacional

Nome	Gestor do Projeto	Cargo
Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia - CIMATEC	Prof. Dr. Wagner Maurício Pachekoski	Pesquisador
Endereço	Cidade	Estado
Av Orlando Gomes , 1845 - Platã	Salvador	BA
Telefone	Fax	Email
71- 3462 8443	71 3462 9594	wagner.pachekoski@climatec.fieb.org.br

Empresa Parceira

Razão Social	CNPJ	Setor Industrial
Cooper Standard Automotive Sealing Brasil	00362831/0007-07	Automotiva
Endereço	Cidade	Estado
Av.: Henry Ford, 2000	Carnaçari	BA
Pessoa de Contato	Cargo	
Renato dos Santos	Gerente da Planta	
Telefone	Fax	Email
71 36492735	71 36493713	santos@cooperstandard.com
Porte	Nº Empregados	Site da Empresa
Média	99	www.cooperstandard.com
Missão da empresa		
Visão da empresa		

Descrição do Projeto**Objetivo**

Atualmente, os sistemas de vedação automotiva no Brasil são baseados na sua esmagadora maioria em perfis extrudados de borracha termofixa EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer). Estes produtos, possuem algumas restrições como peso e coeficiente de atrito elevados, além do alto gasto energético associado ao processo e a impossibilidade de reaproveitamento e reciclagem. Visando aprimorar estas propriedades e reduzir o impacto ambiental, este trabalho pretende procurar materiais para substituição do EPDM em vedações automotivas, com características mais amigáveis ao meio ambiente e melhorando ou mantendo o desempenho do sistema de vedação e que atenda a legislação vigente no País .

Escopo

Escolha de Elastômeros termoplásticos: Serão selecionados elastômeros que possam vir a substituir o EPDM. Tal seleção ocorrerá com o auxílio de fornecedores de elastômeros termoplásticos, plataformas de pesquisa de polímeros comerciais (p.e., <http://www.ides.com>) e literatura disponível. Desenvolvimento de matriz para perfil de vedação veicular: Será projetada pela empresa Cooper, parceira no projeto, uma matriz para perfil de vedação veicular adequada para atender aos requisitos de produtos produzidos pela empresa e atualmente disponíveis no mercado. Análise do processamento dos elastômeros selecionados: serão realizados testes de extrusão na matriz confeccionada utilizando os elastômeros selecionados, tendo como objetivo avaliar as vantagens e desvantagens do processamento de cada produto. Produtos com processamento considerado insatisfatório para a substituição do EPDM serão descartados já nesta etapa. Estes serão realizados em extrusora monorosca marca LGMT com rosca de $V_d = 40$. Caracterização dos elastômeros: os perfis considerados viáveis passarão por uma bateria de ensaios de caracterização físico-químicas, visando observar o seu comportamento em situações específicas que um veículo possa vir a sofrer. Tais ensaios de caracterização são normatizados e considerados premissas para a aprovação de um produto para uso veicular. Estes testes serão realizados tanto nos laboratórios do SENAI-CIMATEC quanto da empresa parceira COOPER. Montagem de ensaio e análise de estanqueidade: será montado em parceria com a empresa COOPER ensaio para avaliar a capacidade de vedação sob coluna de água das borrachas selecionadas. Prevê-se para tal a visita a matriz da empresa COOPER situada na França para discussão dos critérios de montagem baseada em experiência da empresa. Produção em escala piloto de perfis: os materiais que atendam aos requisitos necessários, segundo a análise de suas propriedades físico-químicas, serão extrudados em escala de quantidade piloto (em torno de 1000 Kg) para realização de testes de uso veicular. Nesta etapa poderão ser utilizados aditivos para a melhoria de performance dos elastômeros analisados. Realização de testes de viabilidade de uso veicular: os perfis de vedação selecionados serão montados em um sistema veicular completo substituindo a peça de EPDM. Sua performance será avaliada prevendo requisitos de montagem e uso, tais como a durabilidade da peça, facilidade de montagem e facilidade de inserção no conjunto. Avaliação dos impactos finais do produto proposto para implementação de linha de produção: baseando-se nos resultados obtidos, realizar-se-á uma análise final dos impactos técnicos, econômicos e ambientais da implementação de uma nova linha de produção em substituição da linha atual. Proteção da propriedade intelectual: prevendo-se a criação de produto inovador para uso no setor automotivo, prevê-se a proteção da propriedade intelectual envolvida através de confecção de patente.

Equipe Técnica

Exec.	Nome	Cargo	Titulação	Função	Financ.	Valor Hora	Horas	Valor Total
DR	Leone Peter Correia Andrade	Diretor Regional	Mestre	Administrativo	DR SENAI	R\$ 240,00	0	0,00
JO	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski	Pesquisador	Doutor	Administrativo	DN SENAI	R\$ 120,00	426	51.120,00
EP	Renato dos Santos	Gerente da Planta	Mestrando	Especialista	EP	R\$ 240,00	421	101.040,00
JO	Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa	Gerente	Doutora	Apoio Técnico	DN SENAI	R\$ 120,00	307	36.840,00
JO	Msc Luciano Pisanu	Pesquisador	Mestre	Apoio Técnico	DN SENAI	R\$ 100,00	60	6.000,00
JO	Vander Cássio	Bolsista	Graduando	Bolsista DTI-C	CNPQ	R\$ 6,88	65	446,88
JO	Msc Rômulo Freitas Farias	Pesquisador	Mestre	Especialista	DR SENAI	R\$ 100,00	100	10.000,00
JO	Msc Joyce Batista Azevedo	Pesquisador	Mestre	Apoio Técnico	DR SENAI	R\$ 100,00	75	7.500,00

Cronograma

Descrição da Tarefa	Duração	Início	Término	Alocação
Resumo	435 d	03/10/2011	31/05/2013	
Revisão Bibliográfica	30 d	03/10/2011	11/11/2011	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[20]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[20]; Renato dos Santos[20];
Máquinas e Equipamento	1 d	03/10/2011	03/10/2011	
Escolha de Materiais (1- 2 mês)	60 d	03/10/2011	23/12/2011	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[6]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[6]; Renato dos Santos[6];
Compra de equipamentos (1-4 mês)	120 d	03/10/2011	16/03/2012	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[6]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[6]; Renato dos Santos[6];
Projeto de matriz de extrusão (4-5 mês)	30 d	16/03/2012	26/04/2012	Renato dos Santos[19];
Produção de matriz de extrusão (5 - 6 mês)	30 d	26/04/2012	06/06/2012	Renato dos Santos[20];
Testes de Processamento de elastômeros em extrusora (6-8 mês)	60 d	06/06/2012	28/08/2012	Msc Luciano Pisanu[40]; Msc Rômulo Freitas Farias[40]; Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[8]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[4]; Renato dos Santos[4];
Produção de Relatório parcial (6 mês)	20 d	06/06/2012	03/07/2012	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[10];
Ensaio Físico- Químicos de Elastômeros	1 d	03/10/2011	03/10/2011	
Ensaio físico-químicos dos elastômeros propostos (6 -10 mês)	120 d	06/06/2012	20/11/2012	
Ensaio de resistência a compressão	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Vander Cássio[5];

Ensaio de resistência a tração	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[5];
Ensaio de dureza	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Vander Cássio[5];
Ensaio de resistência térmica	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Vander Cássio[5];
Ensaio de resistência a umidade / névoa salina	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Renato dos Santos[5];
Ensaio de resistência a luz UV	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Vander Cássio[5];
Ensaio de inflamabilidade	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Vander Cássio[5];
Ensaio de dureza	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Vander Cássio[5];
Viagem Cooper da França (1 - 3 mês)	3 d	10/02/2012	14/02/2012	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[96]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[96]; Renato dos Santos[96];
Montagem de teste de estanqueidade (3-6 mês)	90 d	01/03/2012	04/07/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[10]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[10]; Renato dos Santos[10]; Vander Cássio[5];
Montagem Câmara de Envelhecimento Acelerado (6 - 9 mês)	90 d	06/06/2012	09/10/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Msc Luciano Pisanu[10]; Msc Rômulo Freitas Farias[10]; Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[10]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[10];
Produção de relatório parcial (12 mês)	30 d	03/09/2012	12/10/2012	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[10];
Ensaio de Envelhecimento Acelerado (10 - 15 mês)	90 d	03/09/2012	04/01/2013	Msc Joyce Batista Azevedo[20]; Msc Rômulo Freitas Farias[5]; Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[10]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[10]; Vander Cássio[20];
Ensaio de estanqueidade (6-12 mês)	120 d	06/06/2012	20/11/2012	Msc Joyce Batista Azevedo[5]; Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[20]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[10]; Renato dos Santos[5]; Vander Cássio[10];
Escolha do(s) elastômero(s) com melhores características (14 - 16 mês)	60 d	03/12/2012	22/02/2013	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[20]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[20]; Renato dos Santos[20];
Produção de lote piloto (16 mês)	30 d	22/02/2013	04/04/2013	Msc Luciano Pisanu[10]; Msc Rômulo Freitas Farias[10]; Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[40]; Renato dos Santos[40];
Testes veiculares com lote piloto (16 - 18 mês)	60 d	04/02/2013	26/04/2013	Renato dos Santos[40];
Análise de impactos econômicos, técnicos e ambientais finais (16 - 18)	60 d	04/02/2013	26/04/2013	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[20]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[5]; Renato dos Santos[20];
Produção de Relatório Final (20 mês)	30 d	22/04/2013	31/05/2013	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[20]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[5]; Renato dos Santos[10];
Produção de material científico (6 - 20 mês)	200 d	04/06/2012	08/03/2013	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[40]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[20]; Renato dos Santos[20];
Produção de material de produção intelectual (se pertinente) (6 - 20 mês)	200 d	04/06/2012	08/03/2013	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski[80]; Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa[80]; Renato dos Santos[80];

Resumo do Orçamento

Origem	Contratação de terceiros	Despesas de viagens	Máquinas e equipamentos	Material de Consumo e Matéria-prima	Hora máquina/ Software	Hora técnica	Total (R\$)	Total (%)
DN	5.000,00	40.000,00	145.000,00	5.000,00	0,00	93.960,00	288.960,00	64,28 %

DR	0,00	0,00	0,00	0,00	27.000,00	17.500,00	44.500,00	9,90 %
EP	0,00	0,00	0,00	15.000,00	0,00	101.040,00	116.040,00	25,82 %
OP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 %
Total do projeto: R\$ 449.500,00					Total bolsistas (CNPQ): R\$ 446,88		Total geral: R\$ 449.946,88	

Produto/Processo/Serviço

Grau de inovação do projeto: Inovador no Brasil

Características inovadoras do produto/processo/serviço

Inexistem no mercado automotivo nacional soluções de substituição do EPDM mais amigáveis ao meio ambiente para produtos ou sistemas de vedação automotivos e os potenciais ganhos obtidos com a utilização de materiais termoplásticos entre elas destacam-se: • A necessidade de redução de peso dos sistemas de vedação fabricados em EPDM e, conseqüentemente, dos veículos automotivos dotados destes sistemas; • a necessidade da eliminação da estrutura metálica necessária para garantir a rigidez estrutural do perfil de EPDM, justificada pelo aumento da corrosão que as mesmas ocasionam; • a restrição durante o processamento do EPDM, que não permite acoplamento de funções devido à temperatura elevada necessária para a vulcanização dos perfis; • a dificuldade de obter cores diferentes do preto, devido a formulação do EPDM, que utiliza o negro de fumo como carga; • o tempo de elevado de processamento para a vulcanização do EPDM; • a necessidade de elevado espaço físico para a vulcanização do EPDM em linhas de fornos/túneis (aproximadamente 50 metros); • o elevado consumo de energia para o processamento (vulcanização) do EPDM; • a impossibilidade de reutilização do refugo do EPDM no mesmo processo produtivo; • a alta emissão de gases (VOC) para atmosfera, durante o processamento do EPDM; Financeiramente a contribuição deste trabalho é justificada, pois estima-se que o custo dos processos reduzirá, obtendo produtos com desempenhos similares para as mesmas funções, pela melhoria de processo, aumento da produtividade e reutilização de material. Os ganhos ambientais baseiam-se na possibilidade de reciclagem do termoplástico, redução dos resíduos sólidos e emissão de gases poluentes durante o processamento, comparados à solução atual em EPDM, visando o desenvolvimento sustentável.

Especificação do produto/processo/serviço

O elastômero EPDM (etileno-propileno-dieno), pertence ao grupo genérico das borrachas etileno-propileno, grupo o qual engloba duas outras variedades: terpolímeros e os copolímeros. O rápido crescimento do consumo de borracha de EPDM tem como principal causa as suas excelentes propriedades, tais como: resistência ao ozônio e à intempérie, muito boa resistência ao calor e à oxidação, boa resistência a alguns agentes químicos boa flexibilidade a baixas temperaturas (dependendo do teor em etileno), muito boas propriedades de isolamento elétrico, fácil processamento (mistura, extrusão ou injeção), possibilidade de ser formulada com grandes quantidades de cargas (negro de fumo ou cargas brancas) e de óleo. O EPDM é usado na indústria automotiva (tubos, calagens, mangueiras para radiadores, perfis para vedação de vidros e de portas), na indústria de calçaria e em muitas outras utilizações onde o fundamental seja uma boa resistência ao ozônio e à intempérie. Outras aplicações típicas onde o EPDM são: membranas de borracha para telhados, distribuição de água potável (quente e/ou fria), paredes laterais de pneus, vedantes diversos, cabos, correias transportadoras, coberturas de rolos e isoladores. Os elastômeros termoplásticos constituem uma família de materiais de engenharia que estabelecem uma ponte entre as famílias dos materiais plásticos e dos materiais elastoméricos. Um elastômero termoplástico é uma mistura de polímeros ou composto que, acima da sua temperatura de fusão, exibe um caráter termoplástico, o que lhe permite ser moldado e transformado em produtos finais os quais, dentro de uma definida gama de temperaturas e, sem que tenha ocorrido qualquer processo de reticulação durante a fabricação, possuem um comportamento elastomérico. Este processo é reversível e os produtos podem ser reprocessados e de novo moldados, sendo esta a maior diferença se comparado ao elastômero vulcanizado que ao formar ligações cruzadas impede o reproprocessamento deste material. Os elastômeros termoplásticos possuem como vantagem sobre os tipos termofixos convencionais (vulcanizados) o processamento de maneira fácil e rápida. Além disto, a reciclabilidade dos rejeitos, menor custo de energia para o processamento, a disponibilidade de padrões e tipos uniformes (não disponíveis nos termofixos) são também aspectos vantajosos a serem considerados.

Análise de Viabilidade

Análise de mercado

Pretende-se num primeiro momento atingir o mercado automotivo da região de Salvador, onde a Cooper é principal fornecedora do sistema de vedação da fábrica da Ford em Camaçari. Na linha de EPDM para sistemas de vedação a Cooper concorre com a empresa Saargummi, porém a mesma não trabalha com sistemas de vedação baseados em elastômeros termoplásticos. Este mercado regional tem uma demanda média de 20.000 unidades automotivas por mês, sendo que cada unidade utiliza 4 sistemas de vedação, um para cada porta do veículo. O mercado automobilístico vem apresentando ainda uma tendência cada vez mais forte na utilização de materiais ambientalmente corretos (p.e materiais recicláveis) e com menor peso (de impacto direto na economia de combustível do automóvel). A viabilidade do projeto possibilitaria ainda a expansão de venda do sistema de vedação baseado em elastômeros termoplásticos para toda a região Nordeste.

Impactos Indiretos

1) Redução do consumo de gasolina do automóvel; 2) Aumento da versatilidade de produtos no segmento; 3) Incorporação no mercado de materiais com propriedades ainda não conseguidas pelo EPDM na linha de vedação automotiva; 4) Novas possibilidades em design automotivo; 5) Possibilidade de utilização do conceito de ambientalmente amigável para este tipo produto por parte da indústria automotiva.

Análise de viabilidade técnica

(-) Imposto de renda	449.760	435.267	423.179	410.483	398.169	386.224	374.637
SALDO FINAL	644.624	1.143.734	1.627.793	2.097.252	2.552.549	2.994.168	3.417.809

Análise de Riscos

Risco	Estratégia	Probabilid.	Impacto	Ações Corretivas	Área de Impacto
Não atende o requerimento de vedação	Melhorar	50%	Alto	Tentativa de mudança da geometria, incorporação de aditivos, mudança de ferramenta.	Prazo; Qualidade;
Preço do produto maior que o esperado	Melhorar	75%	Moderado	Otimizar o processo para redução de custo.	Financeiro;
Linha de produção não atende a necessidade do novo produto	Evitar	25%	Alto	Adequação da linha, modificando matriz, extrusora ou equipamentos que possa produzir o material desejado	Prazo; Qualidade;

Formação de preços

Unidades a serem produzidas	80000	Custo Homem/Hora:	18,75
Insumos (R\$) para produzir 1 unidade	R\$ 4,71	Custo Home/Hora (1 Unidade):	1,88
Custo da mão de obra	R\$ 27000,00	(80000 Unidades):	150.000,00
Número de funcionários	9		
Salário médio	R\$ 1500,00	Custo de Produção (Insumos + HH):	526.560,00
Encargos + Benefícios	R\$ 1200,00	Custo de Marketing + P&D:	8.000,00
Participação nos lucros	R\$ 300,00	Outros custos:	R\$ 25000,00
Horas para produzir 1 unidade	0,10		
Investimento em marketing	R\$ 3000,00	Custo Total:	559.560,00
Investimento em P&D	R\$ 5000,00	Custo Total Unitário:	6,99
Outros custos	R\$ 25000,00		
Despesas administrativas	R\$ 5000,00	Receita Total:	640.000,00
Ampliação de produção	R\$ 0,00	Receita de Produção (LAIR):	80.440,00
Estoque	R\$ 20000,00	Imposto de Renda:	28.154,00
Preço de venda	R\$ 8,00	Lucro Líquido:	52.286,00

Anexos do Projeto

Tipo de anexo	Nome do arquivo	Comentário

Detalhes Equipe Técnica

Nome:	Leone Peter Correia Andrade	
E-mail:	leone.andrade@fieb.org.br	Telefone: 71 3343 1351
Unid. Operacional:	SENAI - DR	
Área/Departamento:		
Titulação:	Mestre	
Instituição/País/Ano:	Universidade Federal de Santa Catarina / Brasil/	
Área de especialização:	Engenharia Mecânica	

Nome:	Prof. Dr. Wagner Mauricio Pachekoski	
E-mail:	wagner.pachekoski@cimatec.fieb.org.br	Telefone: 71- 3462 8443
Unid. Operacional:	SENAI - CIMATEC	
Área/Departamento:	Polímeros	
Titulação:	Doutor	
Instituição/País/Ano:	Universidade Federal de São Carlos	
Área de especialização:	Ciência e Engenharia de Materiais	

Nome:	Renato dos Santos	
E-mail:	santos@cooperstandard.com	Telefone: 71 36492735
Unid. Operacional:		

Área/Departamento:	
Titulação:	Mestrando
Instituição/Pais/Ano:	Faculdade de Tecnologia SENAI - CIMATEC / Brasil / 2011
Área de especialização:	Programa de Pós Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

Nome:	Prof. Dra Josiane Dantas Viana Barbosa	
E-mail:	josiane.dantas@fieb.org.br	Telefone: 71 - 3462 - 8441
Unid. Operacional:	SENAI - CIMATEC	
Área/Departamento:	MATERIAIS / POLIMEROS	
Titulação:	Doutora	
Instituição/Pais/Ano:	Universidade Federal de Campina Grande/ Brasil/ 2011	
Área de especialização:	Ciência e Engenharia de Materiais	

Nome:	Msc Luciano Pisanu	
E-mail:	pisanu@fieb.org.br	Telefone: 71 - 3462 8443
Unid. Operacional:	SENAI - CIMATEC	
Área/Departamento:	Materiais / Polímeros	
Titulação:	Mestre	
Instituição/Pais/Ano:	Universidade Federal de Campina Grande / Brasil / 2008	
Área de especialização:	Engenharia de Materiais	

Nome:	Vander Cássio	
E-mail:		Telefone:
Unid. Operacional:	SENAI / CIMATEC	
Área/Departamento:	MATERIAIS / POLIMEROS	
Titulação:	Graduando	
Instituição/Pais/Ano:	FACULDADE SENAI CIMATEC / Brasil / 2011	
Área de especialização:	Tecnologia em Polímeros	

Nome:	Msc Rômulo Freitas Farias	
E-mail:		Telefone:
Unid. Operacional:	SENAI - CIMATEC	
Área/Departamento:	Materiais / Polímeros	
Titulação:	Mestre	
Instituição/Pais/Ano:	Universidade Federal de Campina Grande / Brasil /	
Área de especialização:	Engenharia de Materiais	

Nome:	Msc Joyce Batista Azevedo	
E-mail:		Telefone:
Unid. Operacional:	SENAI - CIMATEC	
Área/Departamento:	MATERIAIS / POLIMEROS	
Titulação:	Mestre	
Instituição/Pais/Ano:	Universidade Federal de Campina Grande / Brasil /	
Área de especialização:	Engenharia de Materiais	

