

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

**NOVAS APLICAÇÕES DE PEÇAS PLÁSTICAS EM SUBSTITUIÇÃO ÀS PEÇAS
METÁLICAS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

São Caetano do Sul

2014

BRUNO EDUARDO PEREIRA SCHUTT

**NOVAS APLICAÇÕES DE PEÇAS PLÁSTICAS EM SUBSTITUIÇÃO ÀS PEÇAS
METÁLICAS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Automotiva, da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Leonardo Macarrão

São Caetano do Sul

2014

S422

Schutt , Bruno Eduardo Pereira

Novas aplicações de peças plásticas em substituição às peças metálicas na indústria automotiva / Bruno Eduardo Pereira Schutt. — São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2014.
49 f.

Monografia — Especialização em Engenharia Automotiva. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul, SP, 2014.

Orientador: Prof. Leonardo Macarrão

1. Plástico 2. Automotivo 3. Tecnologia 4. Peças plásticas 5. Peças automotivas I. Instituto Mauá de tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia Mauá. II. Título.

CDU 678.5

RESUMO

O mercado automotivo está cada vez mais competitivo e a indústria necessita de novas tecnologias para se manter no mercado. Paralelamente a esta necessidade temos uma grande evolução na indústria de materiais poliméricos de alto desempenho para aplicações em peças automotivas com propriedades e desempenho similares às peças metálicas utilizadas convencionalmente no mercado, inclusive em peças estruturais. A utilização de peças plásticas surge como uma opção para redução de custo tendo um produto mais competitivo e/ou em termos de redução de massa, tendo um veículo mais leve o que acarreta também em uma redução no consumo de combustível. Além destas vantagens o material plástico também permite uma maior flexibilidade de design propiciando um produto mais moderno. Neste trabalho buscamos apresentar as novas tecnologias e aplicações de peças plásticas no mercado automotivo apresentando as vantagens e desvantagem destas aplicações.

Palavras-chave: Plástico. Automotivo. Tecnologia. Peças plásticas. Peças automotivas.

ABSTRACT

The automotive market is increasingly competitive and industry needs new technology to stay in the market, along with this need have a great evolution in the industry of high performance polymeric materials for applications in automotive parts with properties and performance similar to metal parts used conventionally in the market including structural parts. The use of plastic pieces appears as an option for cost reduction with a more competitive product and / or in terms of mass reduction, having a lighter vehicle which also causes a reduction in fuel consumption, in addition to the advantages of these materials plastic also allows greater design flexibility providing a modern products. This work presents the technologies and applications of plastic parts for the automotive market by presenting the advantages and disadvantages of these applications.

Keywords: Plastic. Automotive. Tecnology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Crescimento do uso de polímeros na indústria automotiva.....	12
Figura 2 – Tipos de polímeros na indústria automotiva.....	16
Figura 3– Seção típica de uma máquina de injeção.	22
Figura 4 – Painel de instrumentos.	23
Figura 5 – Esquema típico de uma máquina de extrusão tubular.....	24
Figura 6 – Mangueira de freio.	24
Figura 7 – Extrusão contínua para processo de sopro com transferência de parizon.....	25
Figura 8 – Tanque de combustível.	25
Figura 9 – Molde de termoformagem	26
Figura 10 – Paralama traseiro plástico.....	27
Figura 11 – Absorvedor de energia em EPP... ..	28
Figura 12 – Barra de impacto metálica.	29
Figura 13 – Absorvedor em proposto em PBT.....	29
Figura 14 – Absorvedor Injetado.	29
Figura 15 – Carburador Injetado.....	30
Figura 16 – Tampa do porta malas injetado.....	31
Figura 17 – Capô em plástico reforçado com fibra de carbono.	31
Figura 18 – Capô em plástico do Viper 2008.	32
Figura 19 – Travessa da porta.	32
Figura 20 – Módulo frontal.	33
Figura 21 – Conjunto módulo frontal.	34
Figura 22 – Radiador de plástico.	34
Figura 23 – Estrutura do banco traseiro.	35
Figura 24 – Travessa em PP com fibra.	36
Figura 25 – Estrutura do painel de instrumento em plástico.	36
Figura 26 – Módulo de porta traseira do Fiesta.....	37

Figura 27 – Paralamas injetados.....	37
Figura 28 – Processo de produção de paralamas metálicos.....	38
Figura 29 – Processo de produção de paralamas plásticos.....	38
Figura 30 – Vidro auxiliar frontal.....	39
Figura 31 – Vidro auxiliar traseiro.....	39
Figura 32 – Teto panorâmico.....	39
Figura 33 – Roda Daimler Smart Forvision.....	40
Figura 34 – Conceito de roda BASF.....	40
Figura 35 – Volante totalmente em plástico.....	41
Figura 36 – Exemplificação de uma micro esfera de vidro oca.....	42
Figura 37 – Aplicações possíveis para micro esferas de vidro.....	43
Figura 38 – Estudo de caso aplicação micro esferas de vidro.....	43
Figura 39 – Assento e compartimento do ocupante.....	44
Figura 40 – Conceito BMW Z22.....	45
Figura 41 – Lateral em polímero reforçado com fibra de carbono.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Copoli(estirenobutadienoacrilonitrila)
EPDM	Borracha de Etileno-Propileno-Dieno
EPP	Espuma de Polipropileno Expandido
HDPE	Polietileno de alta densidade
LCP	Polímeros de Liquidocristalinos
Noryl	Poli(óxido de metileno)
PA	Poliamida ou Nylon
PBT	Poli(tereftalato de butileno)
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PET	Poli(tereftalato de etileno)
PMMA	Poli(metacrilato de metila)
POM	Poli(óxido de metileno) ou Poliacetal
PP	Polipropileno
PPS	Poli(sulfeto de fenileno)
PS	Poliestireno
PTFE	Politetrafluoroetileno
PU ou PUR	Poliuretano
PVC	Poli(cloreto de vinila)
SAN	Copoli(estireno acrilonitrila)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MATÉRIAS PRIMAS.....	11
2.1 Definição de Polímero.....	12
2.2 CARGAS	12
2.2.2 Fibra de Vidro.....	14
2.2.3 Aditivos.....	14
2.3 BLENDS OU COPOLÍMEROS	15
3 MATERIAIS E SUAS APLICAÇÕES COMUNS NO MERCADO AUTOMOTIVO	16
4 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO COMUNS E TECNOLOGIAS.....	22
4.1 INJEÇÃO	22
4.2 EXTRUSÃO	23
4.3 SOPRO.....	24
4.4 TERMOFORMAGEM	26
5 NOVAS APLICAÇÕES	28
5.1 ABSORVEDOR DE ENERGIA.....	28
5.2 CARBURADOR	30
5.3 TAMPA DO PORTA MALAS	30
5.4 CAPO	31
5.5 TRAVESSA DA PORTA.....	32
5.6 MÓDULO FRONTAL	33
5.7 RADIADOR DO MOTOR	34
5.8 ESTRUTURA DO BANCO	35
5.9 TRAVESSA DO PAINEL DE INSTRUMENTO	35
5.10 MÓDULO DE PORTA.....	36
5.11 PARALAMA	37
5.12 VIDRO FIXO	38
5.13 RODA	39
5.14 ESTRUTURA DO VOLANTE	40
6 NOVAS TECNOLOGIAS.....	42
6.1 MICRO ESFERAS DE VIDRO	42
6.1 PLÁSTICOS REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO	44
7 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

O mercado automotivo está cada vez mais competitivo e a indústria necessita de novas tecnologias para se manter no mercado. Paralelamente a esta necessidade temos uma grande evolução na indústria de materiais poliméricos de alto desempenho para aplicações em peças automotivas com propriedades e desempenho similares às peças metálicas utilizadas convencionalmente no mercado. A utilização de peças plásticas surge como uma opção para redução de custo tendo um produto mais competitivo e/ou em termos de redução de massa, tendo um veículo mais leve o que acarreta também em uma redução no consumo de combustível.

Segundo Candido, Santolia Junior e Melo (2006), materiais plásticos têm expandido sua aplicação na indústria automobilística desde a década de 80, quando as montadoras estavam desenvolvendo uma maneira de tornar os carros mais leves e reduzir o consumo de combustível, sem perda de qualidade do produto final. Hoje em dia já não é apenas por razões econômicas. Além da redução de massa, custo e tempo de produção, estes materiais permitem o desenvolvimento com uma maior flexibilidade de design propiciando um produto mais moderno.

Há também outras boas razões para o uso de plásticos, segundo Sebastian (2011), eles podem ser moldados com um alto nível de flexibilidade de design, abrindo todo um novo leque de opções para os designers de veículos. Somado a isto, eles também podem melhorar a segurança do carro, passageiros e pedestres. Como resultado da maior flexibilidade do material plástico, as peças de plástico podem reduzir o risco de ferimento, por exemplo, em termos de impacto de cabeça.

Os polímeros possuem grandes vantagens em termos de características de performance dependendo do tipo de formulação ou reforço utilizado conforme explica Sehanobish (2009). Por exemplo, plásticos são duráveis, possuem boa resistência mecânica, leves, podem ser transparentes, translúcidos ou opacos. Podem ser flexíveis ou rígidos e podem ser conformados em vários formatos, tamanhos e cores. Dependendo de sua formulação os polímeros podem prover resistência à altas e/ou baixas temperaturas e resistência química, necessário em embalagens para armazenagem de produtos químicos. Além disso polímeros

são também excelente isolantes térmicos e elétricos. Em muitos casos os polímeros possuem um bom custo benefício para promover segurança, estilo e conforto aos veículos.

A Tabela 1 apresentada por Hemais (2003) apresenta uma relação das principais vantagens e desvantagens identificadas no que se refere ao uso do plástico como parte integrante do automóvel.

Tabela 1.Vantagens e desvantagens do uso de plásticos nos automóveis, em substituição a outros materiais.

Vantagens	Desvantagens
redução de peso redução da emissão de CO2 redução de custos redução do tempo de produção menores investimentos em manufatura aumento da resistência à corrosão possibilidade de designs mais modernos formatos mais complexos excelente processabilidade veículos mais silenciosos melhor uso de espaço aumento de segurança	deterioração por ação térmica e ambiental Inflamabilidade baixa resistência ao impacto deformação permanente elevada dificuldade de adesão de película de tinta facilidade de manchas permanentes baixa estabilidade dimensional

FONTE: Hemais (2003, p.110)

Neste trabalho iremos citar somente os materiais mais utilizados assim como os principais processos de fabricação e transformação de peças plásticas.

2 MATÉRIAS PRIMAS

Os plásticos oferecem várias vantagens em termos de características de desempenho quando utilizados individualmente ou misturas denominadas blendas poliméricas¹ ou compósitos.

Os plásticos podem ser divididos em 2 categorias principais conforme explica Canevarolo Jr. (2006, p. 24):

- i) Termoplásticos – plástico com a capacidade de amolecer e fluir quando sujeito a um aumento de temperatura e pressão. Quando é retirado desse processo se solidifica em um produto com forma definida. Novas aplicações de temperatura e pressão produzem o mesmo efeito de amolecimento e fluxo. Essa alteração é uma transformação física, reversível. Quando o polímero é semicristalino, o amolecimento se dá com a fusão da fase cristalina. São fusíveis, solúveis e recicláveis. Ex: polietileno (PE), poliestireno (PS) poliamida (NYLON), etc.
- ii) Termofixo (ou termorrígido) – plástico que com o aquecimento amolece uma vez, sofre o processo de cura (transformação química irreversível), tornando-se rígido. Posteriores aquecimentos não alteram mais seu estado físico (não amolece mais). Após a cura, ele é infusível e insolúvel. Ex: baquelite, resina epóxi.

Na indústria automotiva temos aplicação de termofixo basicamente com a utilização de Poliuretano (PUR), para confecção de bancos. Neste trabalho abordaremos basicamente as aplicações em termoplásticos que abrange uma maior gama de aplicações e tipos de materiais.

O material termoplásticos tem a vantagem da reciclabilidade devido a sua capacidade de amolecer e solidificar novamente podendo ser reutilizado para confecção de novos produtos.

Materiais termofixos não podem amolecer e serem reutilizados na mesma aplicação, porém podem ser reaproveitados em novas aplicações podendo ser moído e utilizado como uma carga de enchimento em outros produtos. Ex: espuma de banco moída e aglomerada com cola, gerando um composto que pode ser utilizado como anti-ruído ou enchimento em uma parte interna de um novo produto.

A figura 1 representa crescimento do uso de todas as formas de polímeros na indústria automotiva ao longo dos últimos anos.

¹ Blendas Poliméricas: São misturas físicas de dois ou mais polímeros.

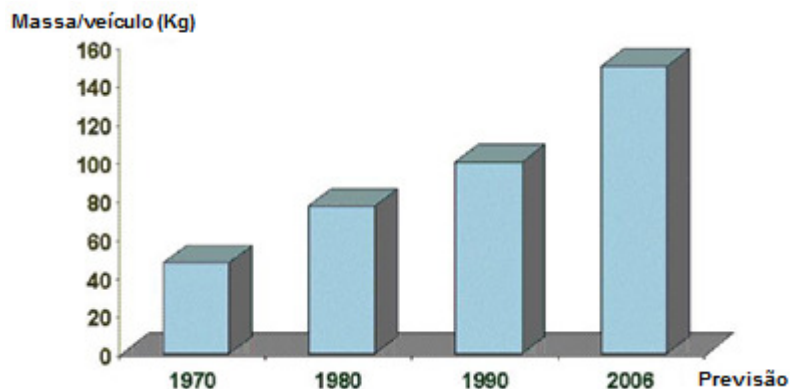


Figura 1 – Crescimento do uso de polímeros na indústria automotiva. Fonte: Adaptado de Szeteiová, 2010.

2.1 Definição de Polímero

Polímero é a denominação técnica para o que comumente conhecemos por plásticos. Os polímeros produzidos em maior escala são chamados de “commodities”, sendo o polipropileno (PP) um dos “commodities” mais comuns.

Segundo Michaeli et al. (1995) e Albuquerque (2001) o PP é utilizado principalmente pelo baixo custo e baixa densidade por ser um dos mais baratos e que apresenta boas propriedades químicas e mecânicas, que deve seu crescimento principalmente pela necessidade da indústria automobilística, representando a maior parte da produção total de plásticos do mundo.

Canevarolo Jr. (2006, p. 21), explica de maneira didática a definição de polímero:

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente. 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 do monômero (estrutura química), do número médio de meros por cadeia e do tipo de ligação covalente, poderemos dividir os polímeros em três grandes classes: Plásticos, Borrachas e Fibras.

2.2 CARGAS

Dependendo da necessidade, estas resinas podem receber cargas para enchimento (redução de custo) ou para reforços estruturais, por exemplo, fibra de vidro e carbono, talco, caulim,

carbonato de cálcio, negro-de-fumo, cargas cerâmicas, serragem e outros polímeros reciclados. Estas cargas possuem a finalidade de melhorar a estabilidade dimensional, resistência mecânica, melhorias no módulo de elasticidade (tração e flexão) e dureza ao produto final (Rabello, 2000) e (Canevarolo Jr., 2006).

Uma das cargas mais comuns é o talco, que oferece maior rigidez no produto e melhor estabilidade dimensional em contrapartida aumenta a densidade do material. Outra carga muito utilizada é a fibra de vidro que também possui a função de aumentar a rigidez do produto, porém numa ordem de grandeza maior que o talco.

2.2.1 Talco

O talco é a principal carga utilizada. É uma “rocha natural” (hidroxissilicato de magnésio), facilmente encontrada em diversas áreas no Brasil, aplicada principalmente a fim de reduzir os custos destas composições, onde geralmente são aplicadas para uma redução em até 40% do volume de resina utilizada (Rabello, 2000).

O talco também é muito utilizado em peças grandes, pois quanto maiores as peças, maiores contrações apresentam, o que pode ser um grande empecilho no caso de algum produto que exija montagem. O talco, além de utilizado como carga de enchimento devido ao baixo custo, acarreta melhor estabilidade dimensional no produto final (Mano, 2003 e Rabello, 2000).

No polipropileno estas cargas são utilizadas principalmente na área automotiva, onde conferem dureza, resistência a flexão, resistência a deformação interna (*creep*) a altas temperaturas e baixa contração, pois atribuem boa estabilidade térmica e dimensional, por reduzir o coeficiente de expansão térmica e a contração do molde, evitando o empenamento durante a moldagem, com um pequeno empecilho do pequeno aumento de peso no produto (Mano, 2003).

Esta estabilidade térmica e dimensional é muito importante na indústria automotiva pois os veículos podem chegar a -40°C em pontos extremos do planeta assim como a 85°C em seu interior quando parado ao sol em regiões muito quentes, e esta propriedade impede o encolhimento e dilatação do produto, o que poderia afetar sua funcionabilidade ou aparência.

2.2.2 Fibra de Vidro

Fibras de vidro são um tipo de carga muito comum e são utilizadas como reforços estruturais. Segundo Wiebeck e Harada (2005) é o tipo de reforço mais utilizado devido ao baixo custo em relação a outros reforços, onde este possui também baixo coeficiente de dilatação térmica, boa resistência ao impacto, alta resistência a tração e notável flexibilidade de conformação.

Comumente é utilizado a uma quantidade não superior a 40% devido a dificuldade de processamento, onde esta fibra tende a aflorar a extremidade da peça comprometendo o a aparência do produto e também devido ao cisalhamento destes nos moldes e componentes da máquina gerando um maior custo de manutenção.

Outro ponto negativo da fibra de vidro em excesso é a possibilidade de estilhaçar e criar pontas num eventual acidente ou teste de impacto, restringindo o seu uso à peças que não ofereçam contato com o usuário.

2.2.3 Aditivos

Segundo Canevarolo (2006), aditivos são todo e qualquer material adicionado a um polímero visando a uma aplicação específica. Esta adição não são somente para melhorar suas propriedades físico-químicas, mas também para seu apelo visual, permitindo uma vasta gama de aplicações, tanto novas quanto substituindo materiais tradicionais.

De um a forma geral estes aditivos acrescentam custo ao material, porém faz-se necessário em algumas aplicações devido aos requisitos de desempenho requeridos. Podemos citar alguns como Resistência a UV para peças de exterior, resistência ao risco para peças de aparência ou onde o usuário possua contato direto, resistência química em peças que possuem contato com combustível entre outros.

2.3 BLENDA OU COPOLÍMEROS

Blendas poliméricas são misturas de dois ou mais polímeros a fim de produzir um composto com melhores propriedades (Mano, 2003).

No PP por exemplo, além da utilização de cargas, pelo fato de não ter boa resistência a impacto. É muito comum à utilização de blendas poliméricas como a adição de Borracha de Etileno-Propileno-Dieno (EPDM) no PP ou outro tipo de elastômero. Conhecidas como blendas PP/EPDM e também PP/PE, por exemplo, estas blendas são utilizadas a fim de acrescentar esta resistência ao produto final, por serem uns dos mais eficientes agentes modificadores de impacto (Mano, 2003).

A incorporação de PE ou elastômero no PP tem um efeito positivo nas propriedades da blenda, onde há melhorias na resistência à tração, resistência ao impacto e dureza (Mano, 2003).

Já a percentagem ou o tipo de elastômero acrescentado no material já é não divulgado pelos fabricantes e variam entre eles de acordo com formulação própria, sendo divulgado somente o resultado final da mistura como módulo de elasticidade e resistência ao impacto.

Apesar de não ser requerido por lei, comumente os produtores costumam gravar na face de trás do produto a identificação do material utilizado para fins de reciclagem.

3 MATERIAIS E SUAS APLICAÇÕES COMUNS NO MERCADO AUTOMOTIVO

Segundo Sehanobish (2009) nos últimos 30 anos vem crescendo muito o uso de materiais poliméricos no mercado automotivo e atualmente os polímeros podem ser responsáveis por até 50% da constituição de alguns veículos.

A figura 2 representa o volume de aplicação de polímeros na indústria automotiva americana.

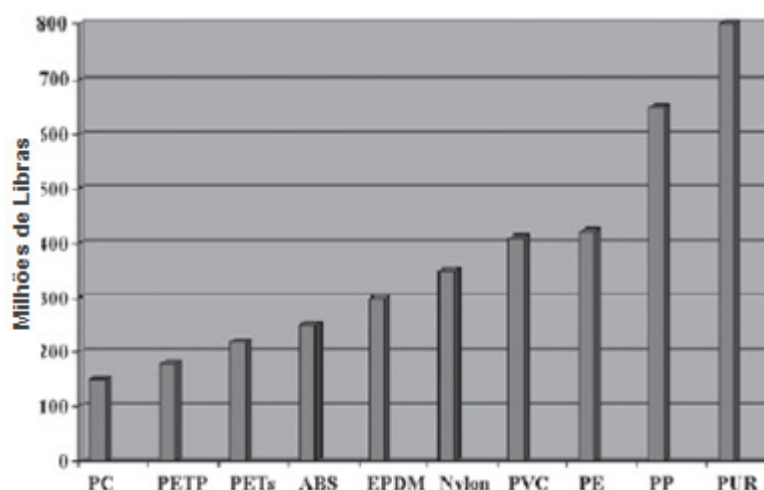


Figura 2 – Tipos de polímeros na indústria automotiva. Fonte: Adaptado de Sehanobish, 2009

A tabela 2 apresentada por Hemais (2003) exemplifica de maneira didática os materiais suas características e suas aplicações mais comuns no mercado automotivo.

Tabela 2. Principais polímeros utilizados na indústria automobilística.

<i>Polímeros</i>	<i>Propriedades</i>	<i>Peças Produzidas</i>
Polietileno de alta densidade (HDPE) (Fabricante no Brasil: Braskem;	Resistência a calor Resistência a solventes Baixa permeabilidade Boa processabilidade	Bombona de reserva; Caixa do triângulo de emergência; Proteção anti cascalho; Reservatório de água do parabrisa; Sistema de distribuição de combustível;

Ipiranga; Politenó; Solvay)	Baixo custo	Tanque de combustível;
Polipropileno (PP) e suas composições (Fabricante no Brasil: Borealis/Braskem; Branco/Dow; Braskem; Ipiranga; Polibrasil)	Alta resistência química e a solventes Boa estabilidade dimensional Flexibilidade Durabilidade Baixos custos Excelente balanço impacto/rigidez Boa resistência às intempéries Boa resistência a riscos	Bandeja traseira (sobre o porta-malas); Caixa da bateria; Caixa de calefação; Caixa de ferramentas; Caixa de primeiros socorros; Caixa do cinto de segurança; Caixa do retrovisor interno; Caixa elétrica central; Calotas; Carpetes; Cobertura da bateria (proteção da parte superior, prevenção contra curto- circuito); Cobertura do volante; Cobertura dos amortecedores; Conduto de aspiração de ar; Condutos de ar; Conjunto de regulação dos bancos; Console; Corpo do filtro de ar; Depósito de expansão da água de refrigeração do motor; Depósito do fluido de freio; Empunhadura do freio de mão; Estribo de acesso das portas; Frisos laterais; Grades de circulação de ar; Inserto (alma) do encosto de cabeça; Inserto (alma) do quebra-sol; Inserto do descansa braço; Painéis das portas; Painel de instrumentos; Parachoques; Porta-cassetes; Porta-luvas; Proteção da borda dos paralamas; Proteção da correia dentada; Proteção do ventilador do radiador; Revestimento da coluna de direção; Revestimento das colunas; Revestimento do marco da porta; Revestimento do porta-malas; Revestimento do teto (interno); Revestimento dos bancos; Revestimento interior dos paralamas; Revestimento interior traseiro; Revestimento lateral do teto (interno); <i>Spoiler</i> traseiro (porta- malas); <i>Spoiler</i> traseiro (teto); Tampas da bateria; Ventilador
Poli(óxido de metileno) (POM) e seus copolímeros (Não fabricado no Brasil)	Excelente estabilidade dimensional; Baixa absorção de água Resistência à fricção; Alta resistência à fadiga	Movimentação dos vidros das portas; Manivela de movimentação dos vidros das portas; Guia dos vidros das portas; Engrenagens do moto redutor do sistema de movimentação dos vidros das portas; Limpadores de parabrisa; Engrenagens do moto redutor do sistema de acionamento do limpador; Cintos de segurança; Ancoragem do cinto de segurança na coluna do veículo; Dispositivo de retração; Espelhos retrovisores; Coxim e elementos

deslizantes; Carcaça e engrenagens do moto redutor do sistema de movimentação do espelho; Suporte do espelho retrovisor; Fechaduras; Carcaça do mecanismo de fechamento; Corpo de fechamento da tampa do porta malas; Engrenagens do sistema de fechamento centralizado; Circuito de combustível; Bóia do carburador; Carcaça do filtro de combustível; Componentes da bomba de combustível; Gargalo de alimentação do combustível; Tampa do gargalo de alimentação de combustível; Válvula antiretorno de combustível

Exterior

Alavanca da abertura das portas; Grampos para instalação dos frisos laterais; Guias de movimentação do teto solar; Parte dos parachoques

Interior

Alavanca de rebatimento do encosto dos bancos dianteiros (veículos de 2 portas); Alavanca de abertura da tampa do porta-malas; Alavancas de comando dos limpadores de parabrisa e das setas; Guia de deslocamento dos bancos; Manivela de regulagem de posição do encosto dos bancos; Suporte do quebra-sol Suporte do encosto de cabeça; Tampa dos alto-falantes; Sistemas de frenagem, transmissão, amortecimento e direção; Elemento de regulagem dos faróis; Elementos deslizantes da coluna de direção; Engrenagens do sistema de embreagem; Suporte da alavanca das marchas; Terminais do chicote de cabos; Válvula do servo freio; Sistema de calefação; Alavancas de regulagem; Engrenagens dos comandos do sistema de calefação

Outros

Manivela de movimentação do teto solar; Partes do macaco para elevação do veículo; Pistão do sistema de transmissão hidráulica; Rotor da bomba d'água; Terminal do cabo de embreagem

Politetrafluoroetileno (PTFE) e suas composições (Fabricante no Brasil: Du Pont (*))	Resistência a óleo Resistência a agentes químicos	Elemento deslizante do amortecedor; Elemento deslizante do freio; Guia do pistão do amortecedor; Indicador de desgaste de freio
Poli(teleftalato de butileno) (PBT) Poli(teleftalato de butileno) de alto impacto (PBT-HI) (Fabricante no Brasil: GE (*)) Rhodia)	Boa resistência mecânica Boa resistência térmica Boa estabilidade dimensional Baixa absorção de água Isolamento elétrico	Ancoragem dos retrovisores laterais; Caixa de conectores do sistema elétrico; Calota; Carcaça da bomba do circuito de água para o parabrisa; Carcaça do moto redutor do sistema de movimentação dos vidros; Carcaça do moto redutor dos limpadores de pára-brisa; Carcaça do sistema de ignição (distribuidor); Carcaça dos faróis; Cinzeiros; Comando do sistema de movimentação dos vidros; Conectores; Elementos de regulação dos faróis; Estojo de fusível; Grades; Palhetas dos limpadores de parabrisa; Paralama; Pistão do servo freio; Porta-escovas de motores elétricos; Relés; Suporte do regulador dos retrovisores laterais; Tampa do <i>air-bag</i>
Polímeros de líquidocristalinos (LCP) (Não Fabricado no Brasil)	Resistência ao calor Auto-retardante de chama Baixa absorção de água Alta resistência mecânica Excelente resistência química Fácil processabilidade	Conectores; Porta-escovas de motores elétricos; Suporte da bobina
Poli(sulfeto de fenileno) (PPS) (Não Fabricado no Brasil)	Elevada rigidez Excelentes propriedades mecânicas Transparência a microondas Excelentes propriedades elétricas Fácil processabilidade Auto-retardamento de chama	Carcaça dos faróis; Paletas da bomba de vácuo; Suporte da bobina; Suporte do porta-escovas do motor de refrigeração; Válvulas do filtro de ar
Policarbonato (PC) (Fabricante no Brasil: GE (*)) e Policarbonato)	Semelhança a vidro Alta resistência ao impacto Boa estabilidade dimensional Boas propriedades elétricas Boa resistência às intempéries Resistência à chama	Faróis; Lanternas; Painel de instrumento

	Capacidade de refletir a luz Estabilidade a radiações de ultravioleta	
Poliuretano (PU) (Fabricante no Brasil: Basf, Bayer, Resana)	Excepcional resistência a abrasão Absorvedor de energia Isolamento acústico Fácil processabilidade	Paracheque; Estofos dos bancos; Coxins; Tapetes; Suporte do motor; Enchimento do paracheque;
Poliamida (PA) (Fabricante no Brasil: Mazzaferro, Rhodia)	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 <i>air bag</i>
Poli(metacrilato de metila) (PMMA) (Fabricante no Brasil: Metacryl)	Semelhança ao vidro Boa resistência química Alta resistência às intempéries Transparência	Fibras ótica; Lanternas; Protetor de chuva nas janelas
Copoli(estireno-butadieno-acrilonitrila) (ABS) (Fabricante no Brasil: GE (*), Bayer)	Resistência à corrosão Alta resistência química Ótima processabilidade Resistência ao impacto Resistência a baixas temperaturas Grande estabilidade dimensional	Grades; Calotas; Painel de instrumentos; Carcaça de lanterna
Copoli(estireno-acrilonitrila) (SAN) (Fabricante no Brasil: Bayer)	Resistência à intempéries Ótima processabilidade Resistência ao impacto Resistência a baixas temperaturas	Grades de ventilação
Poli(cloreto de vinila) (PVC) (Fabricante no Brasil: Braskem, Solvay)	Alta resistência à chama Semelhança a couro Flexibilidade de processamento	Filtros de ar e de óleo; Revestimento de bancos; Painéis e interiores; Revestimento de fios e cabos elétricos
Poli(óxido de metileno)/ poliamida (Noryl GTX) (Fabricante no Brasil: GE (*))	Boa resistência a impacto Alta resistência a solventes Boa resistência a alta temperatura Baixa absorção de umidade Fácil colagem e pintura Ótima processabilidade	Paralama

Excepcional brilho		
Poli(tereftalato de butileno)/ Policarbonato (Xenoy) (Fabricante no Brasil: GE (*))	Excelente resistência mecânica	Painel de instrumento
	Excelente resistência química	Parachoque
	Alta resistência às intempéries	Painel lateral externo
	Resistência a altas temperaturas	Ponteira de pára-choque
	Retenção de cor	<i>Spoiler</i>
Resistência a ultravioleta		
Poli(tereftalato de etileno) (PET) (Fabricante no Brasil: Braskem, Fibra Nordeste, Rhodia)	Alta resistência mecânica	Carcaça de bombas; Carburador;
	Alta resistência térmica	Limpador de parabrisa; Componentes
	Alta resistência química	elétricos
	Transparência	
	Alta impermeabilidade	
Fácil processabilidade		
(*) Fornecedores dos polímeros e composições, a partir de matéria-prima importada		
FONTE: Adaptado de Hemais (2000, p.110-113)		

4 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO COMUNS E TECNOLOGIAS

Para transformação de materiais poliméricos temos inúmeros tipos de processos, dependendo do tipo de produto desejado, materiais a serem utilizados e escala de produção desejada. Neste trabalho colocamos foco nos principais processos utilizados para produção de peças usuais no mercado automotivo, onde geralmente possui alta escala de produção.

4.1 INJEÇÃO

Moldagem por injeção é o método mais importante de moldagem de termoplásticos, conforme explica Chanda e Roy (2012). Este processo baseia-se na capacidade do material em amolecer quando aquecido e endurecer quando arrefecido. O processo consiste em amolecimento do material dentro de um cilindro aquecido e injetá-lo sob pressão para dentro da cavidade do molde, onde endurece por arrefecimento. O material granulado desce a partir do funil para o cilindro, onde através de uma rosca é empurrado para zona de aquecimento deste cilindro onde é amolecido e posteriormente já derretido é empurrado por um embolo por um canal até a cavidade do molde onde toma a forma perfeita do molde, onde então este material é arrefecido tomando a forma desejada para posterior abertura do molde e retirada do produto.

Um diagrama de uma máquina de injeção típica é mostrado na figura abaixo:

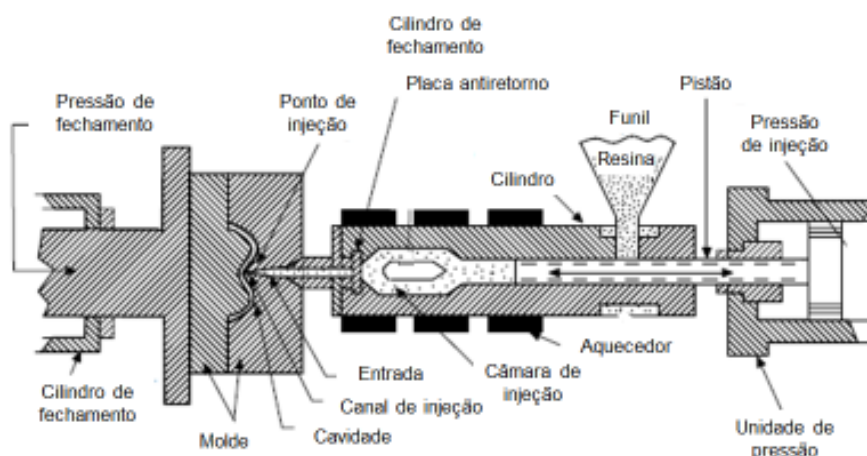


Figura 3– Seção típica de uma máquina de injeção. Fonte: Adaptado de After Lukov, L. J. 1963.

Chanda e Roy (2012)

Ainda segundo Chanda e Roy (2012), os principais componentes de uma máquina de moldagem por injeção são: (1) a unidade de injeção, a qual funde o material de moldagem e força-o para dentro da cavidade do molde, (2) a unidade de fixação, que abre e fecha o molde sob pressão, (3) o molde utilizado, que dá a forma ao produto e (4) os controles da máquina, que permite o controle dos parâmetros de processo.

Abaixo temos um painel de instrumentos como exemplo de peça fabricada pelo processo de injeção.



Figura 4 – Painel de instrumentos. Borealis (2014)

4.2 EXTRUSÃO

O processo de extrusão é utilizado para fabricação de perfis, que é basicamente converter continuamente o material amolecido em uma determinada forma. Segundo explica Chanda e Roy (2012), uma máquina de extrusão é basicamente um cilindro aquecido com uma rosca interna. Esta rosca transporta o material (granulado ou em pó) até o estado fundido, posteriormente sob pressão através de uma matriz que determina a forma do produto com um perfil contínuo, onde este perfil deve ser arrefecido imerso em água, sob pulverização de água ou simplesmente por arrefecimento a ar.

Abaixo temos uma representação de uma máquina de extrusão comum.

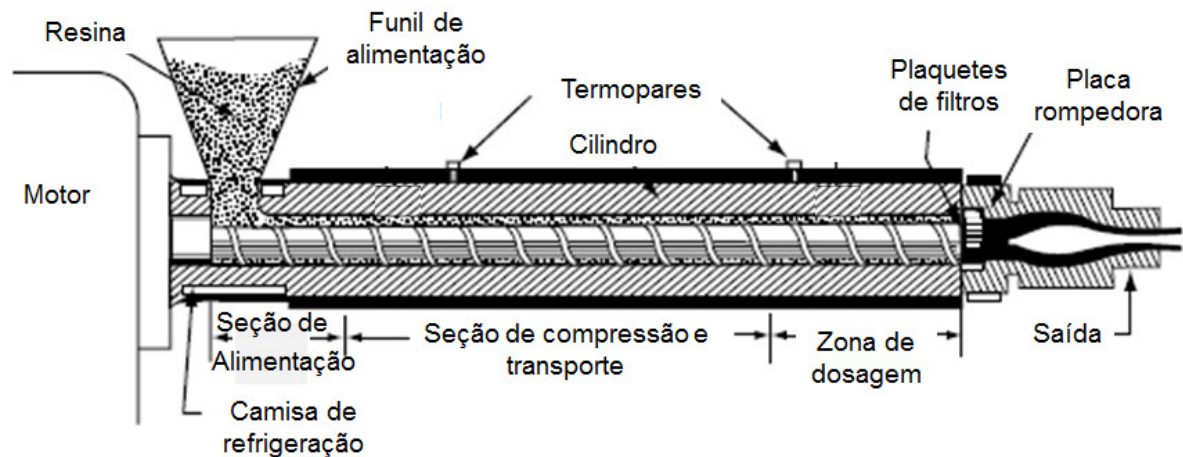


Figura 5 – Esquema típico de uma máquina de extrusão tubular. Fonte: Adaptado de Chanda e Roy (2012)

Pelo processo de extrusão são produzidos tanto as resinas a serem utilizadas nos demais processos como injeção e sopro e perfis gerais como tubos e mangueiras.

Abaixo temos uma mangueira de freio produzida pela Dayco pelo processo de extrusão.

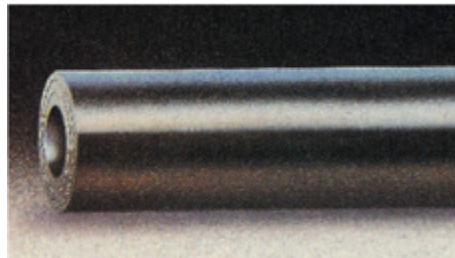


Figura 6 – Mangueira de freio. Fonte: Dayco (2013)

4.3 SOPRO

O moldagem por sopro é utilizado principalmente para fabricação de garrafas ou recipientes. Conforme explica Chanda e Roy (2012), o processo segue a linha do processo de extrusão, onde o material é aquecido e extrudado para formação do parizon (forma tubular). Este parizon é envolvido por um molde onde são seladas as extremidades e é então inflado para

assumir a forma do molde ao qual foi inserido onde após a operação é arrefecido e ejetado do molde.

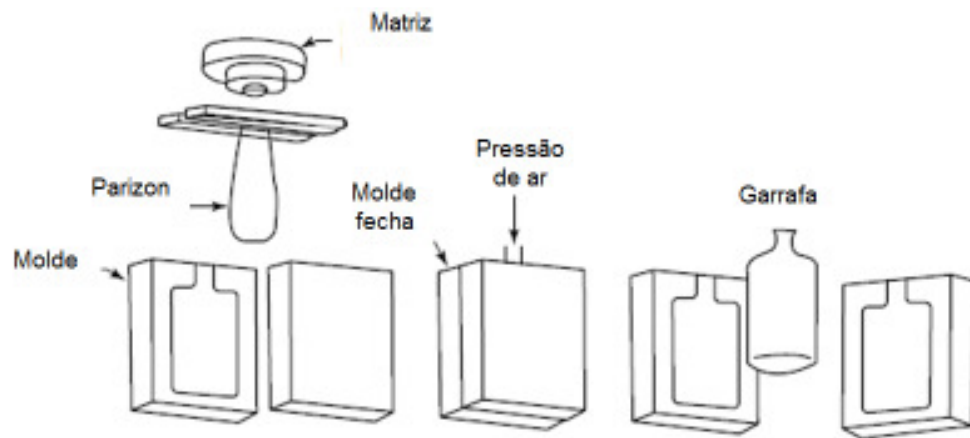


Figura 7 – Extrusão contínua para processo de sopro com transferência de parizon. Fonte: Adaptado de Chanda e Roy (2012)

Por este processo são produzidos os tanques e reservatórios de água de veículos. Abaixo temos um tanque de combustível produzido pelo processo de sopro.



Figura 8 – Tanque de combustível. Fonte: Bepo (2010)

4.4 TERMOFORMAGEM

Segundo explica Chanda e Roy (2012), quando aquecido o termoplástico em formato de folha torna-se uma forma tão maleável que pode então esticar-se e tomar qualquer forma, o processo resume-se em 3 etapas: (a) formação a vácuo, (b) pressão de formação e (c) conformação mecânica num molde para obtenção da forma desejada

Este processo pode ser aplicado de 2 formas conforme exemplificado abaixo.

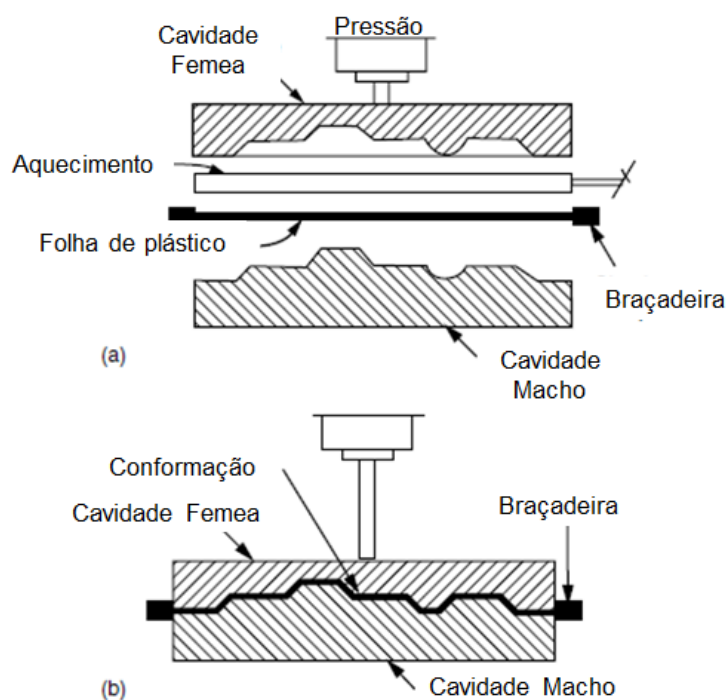


Figura 9 – Molde de termoformagem: (a) aquecimento, (b) formação). Fonte: Chanda e Roy (2012)

Este processo é muito utilizado para fabricação de peças com baixo nível de acabamento, principalmente em paralamas ou parabarros. Abaixo temos um paralama produzido pelo processo de termoformagem.



Figura 10 – Paralama traseiro plástico. Fonte: Bepo (2010)

5 NOVAS APLICAÇÕES

A proposta de redução de custo e massa tem guiado os engenheiros para o uso de termoplásticos, especialmente para aplicações estruturais como a barra e absorvedores de impacto. Muitas substituições tem sido realizadas neste sentido em aplicações comumente em metais.

Ao longo dos anos tem se desenvolvido vários materiais e desenvolvimento de processos em aplicações sob o capô dos veículos, incluído componentes sob altas temperaturas, ventilação e ar condicionado, componentes de radiadores, coletores de admissão de ar, tampas do motor, entre outros.

5.1 ABSORVEDOR DE ENERGIA

Absorvedor de energia é aplicado entre o parachoque e a carroceria substituindo ou adicional a barra de impacto, com a finalidade de melhorar a performance da absorção de impacto a baixas velocidades no caso de uma colisão e com isso a redução dos custos de reparo.

A alguns anos já tem se utilizado Espuma de Polipropileno Expandido (EPP), para essa aplicação já com esta proposta de redução de custo e massa em relação a barras metálicas utilizadas no passado, porém os últimos estudos mostram uma vantagem de peças plásticas injetadas com um melhor custo x benefício nesta aplicação.



Figura 11 – Absorvedor de energia em EPP. Fonte: O autor. (2014).

Segundo citado por Mana et al. (2011), temos alguns exemplos de absorvedor em PC/PBT que garante desempenho similares aos encontrados em barras metálicas.

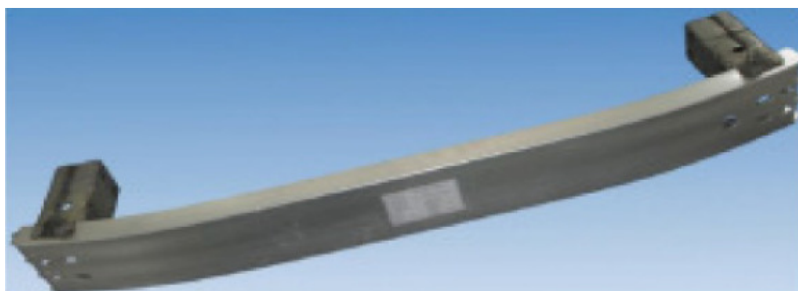


Figura 12 – Barra de impacto metálica. Fonte: Mana et al. (2011).

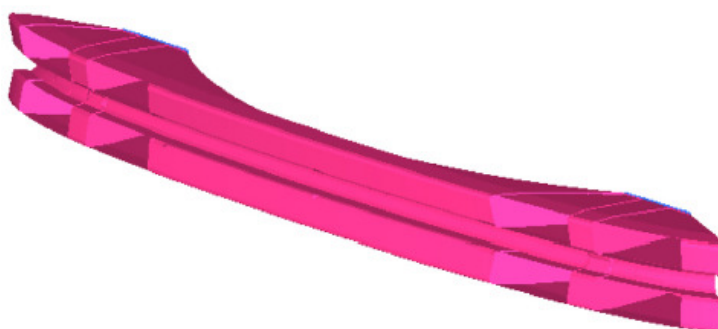


Figura 13 – Absorvedor em proposto em PBT. Fonte: Mana et al. (2011).

Segundo exemplificado por Evans e Morgan (1999), um absorvedor moldado pelo projeto de injeção em PP tem um potencial de redução na faixa de \$3,30 dólares por peça em relação a uma peça de EPP.

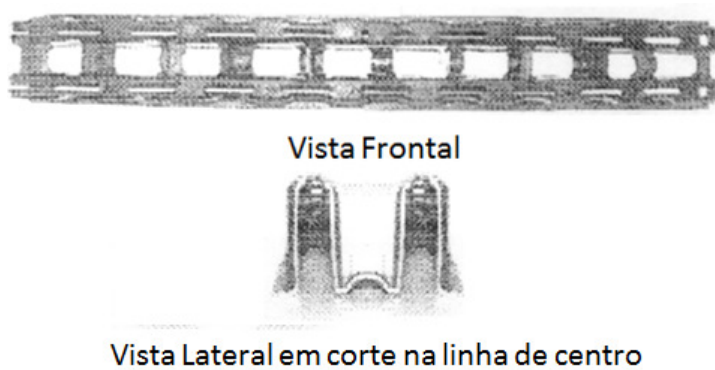


Figura 14 – Absorvedor Injetado. Fonte: Evans e Morgan (1999).

5.2 CARBURADOR

O carburador é o componente responsável pela alimentação do motor e criação da mistura ar/combustível, onde o mesmo devido a sua localização junto ao motor está sujeito a altas temperaturas.

Segundo Daly e Vanderveen (2000), com a utilização de Nylon reforçado com fibra de vidro para produção do carburador podemos conseguir ganhos com redução de custos, redução de massa, complexidade devido a redução do numero de peças, redução do tamanho final do conjunto.

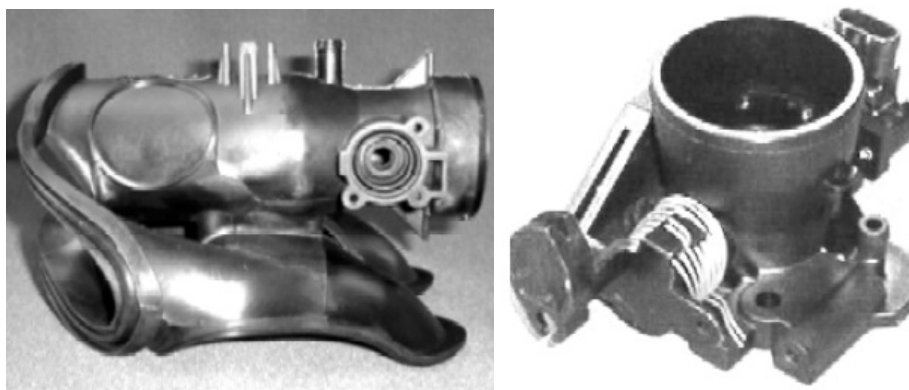


Figura 15 – Carburador Injetado. Fonte: Daly e Vanderveen (2000).

5.3 TAMPA DO PORTA MALAS

Há alguns anos temos estudos quanto a utilização termoplásticos em tampa de porta malas porém mantendo reforços metálicos, os chamados híbridos, por serem uma combinação metal e plástico.

Segundo Ader, Moulin e Madignier (2000), este conjuntos híbridos apresentam inúmeras vantagens em relação ao conjunto tradicional como ergonomia durante a montagem, maior flexibilidade de design, qualidade do produto final, uma redução de 25% da massa do sistema porém conforme este estudo, este conceito só se torna economicamente viável para grandes volumes de produção.

Recentemente foi publicado na Plastics Today (2012), o primeiro conjunto totalmente plástico atendendo aos requisitos de desempenho. Este todo construído a base de PP, sendo a região interna produzida em PP com talco, a estrutura central em PP reforçado com fibra de vidro e a

região externa em um copolímero de PP já moldado na cor do veículo com um resultado 10% mais leve em relação a peça tradicional.



Figura 16 – Tampa do porta malas injetado. Fonte: Plastics Today (2012)

5.4 CAPO

Até mesmo em aplicações que há a necessidade de resistência a grandes temperaturas temos aplicações em plástico, como o exemplo do capô, conforme citado no Green Car Congress (2014), onde foi utilizado um composto de plástico reforçado com fibra de carbono, com um ciclo de produção similar e uma redução de massa de 50%.



Figura 17 – Capô em plástico reforçado com fibra de carbono. Fonte: Green Car Congress (2014)

Esta utilização não está exclusiva a redução de massa. Nesta aplicação temos um ganho também devido a maior flexibilidade de design, viabilizando formas até então impossibilitadas em peças metálicas, como foi uma solução aplicada em carros de alto desempenho, conforme citado por Miel (2014). Com esta aplicação foi possível gerar um melhor fluxo aerodinâmico e com isso um melhor desempenho do motor.



Figura 18 – Capô em plástico do Viper 2008. Fonte: Miel (2014).

5.5 TRAVESSA DA PORTA

Devido as evoluções no desenvolvimento de materiais mais resistentes, já possuem desenvolvimentos de peças estruturais como travessa da porta, que também é conhecida como barra de impacto e tem função de estruturar o conjunto e colaborar com a resistência ao impacto lateral.

Cunningham (2014) cita em seu estudo a uma redução de 40% de massa com a utilização de PA reforçado com fibra de vidro e que com as propriedades do material somado ao design estruturado com nervuras, consegue-se absorver mais energia do que uma travessa comum.



Figura 19 – Travessa da porta. Fonte: Cunningham (2014)

5.6 MÓDULO FRONTAL

Também utilizando um conceito híbrido como já visto anteriormente, para o módulo frontal também é muito comum este conceito, ou seja, parte do conjunto plástico com um reforço ainda de metal.

Segundo Naughton, Röttger e Bowser (2002), em uma aplicação com a utilização de PP reforçado com 30% de fibra de vidro, temos um aumento na rigidez na grandeza de 30% à 100%, uma redução de massa de 20%, além da maior liberdade de design, permitindo um conjunto menos complexo e maior facilidade de montagem, permitindo também um ganho em ergonomia.

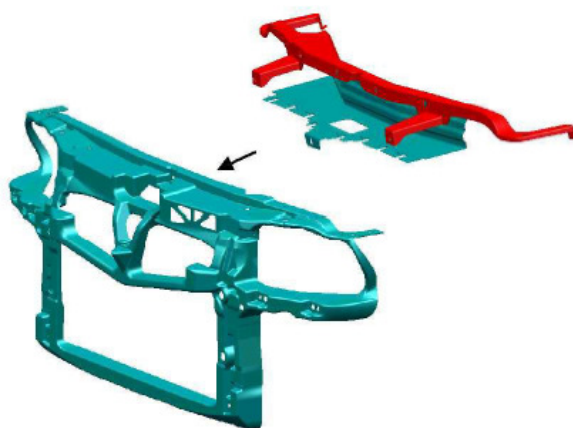


Figura 20 – Módulo frontal. Fonte: Naughton, Röttger e Bowser (2002)

Outra proposta gerada nesta linha do módulo frontal plástico segundo Aquino e Fourcade (2003), seria a possibilidade de um subsistema poder ser montado anteriormente em um subfornecedor ou fora da linha de montagem, onde todo o módulo juntamente aos faróis, radiador e até parachoque e paralama poderiam chegar a linha de montagem do veículo já prontos para fixação a carroceria em um único conjunto gerando uma redução de tempo de processo para montagem dentro da montadora.

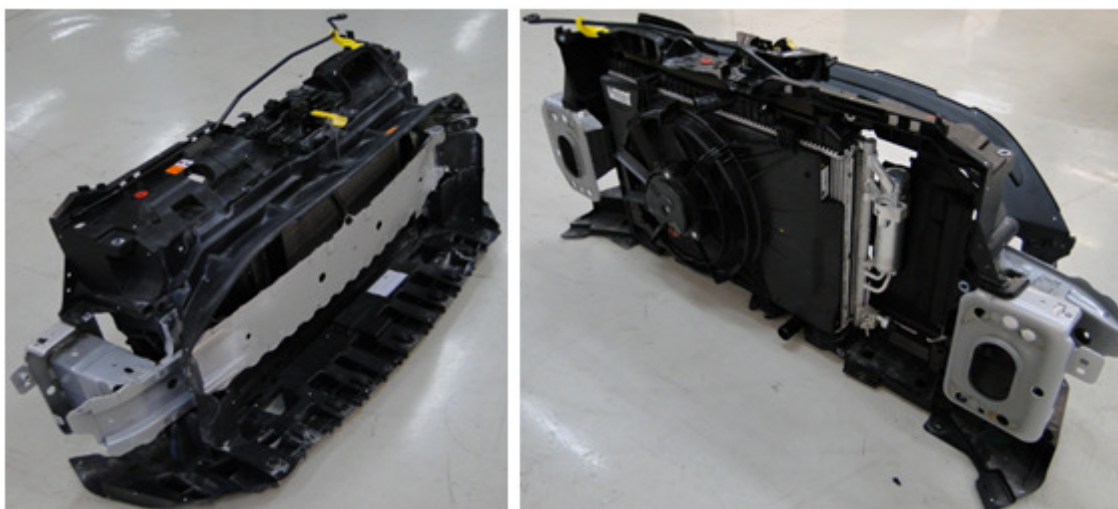


Figura 21 – Conjunto modulo frontal. Fonte: O autor (2014).

5.7 RADIADOR DO MOTOR

Daly e Baylis (2007) exemplificam o radiador em basicamente em 2 tanques, um para entrada do fluido de arrefecimento quente e outro para saída do fluido arrefecido e que ligados entre si por tubos fazem o arrefecimento do fluido.



Figura 22 – Radiador de plástico. Fonte: Daly e Baylis (2007)

Segundo estudo de Atsumi e Urushihara (2013), este sistema tem todo um agravante, pois o material utilizado necessita ter também resistência química devido aos aditivos utilizados no líquidos de arrefecimento e resistência a altas temperaturas e pressão ao qual tem que resistir. Neste estudo foi utilizado PA reforçado com fibra de vidro, onde conseguiu-se um aumento na resistência à fadiga e uma redução de massa de 40% em relação aos radiadores comuns.

5.8 ESTRUTURA DO BANCO

Normalmente produzidas a partir de aço com solda a ponto, nesta aplicação também já existem pesquisas e algumas aplicações para estrutura de bancos, segundo pesquisa efetuada por Kim et al. (2007). Kim utilizou diversas combinações de materiais e conseguiu melhores resultados com a utilização de PP reforçado com fibra de vidro, onde proporcionou uma redução de 45% na massa e 10% no custo em ferramental para construção do produto, demonstrando ser uma boa alternativa a ser aplicada neste tipo de produto.

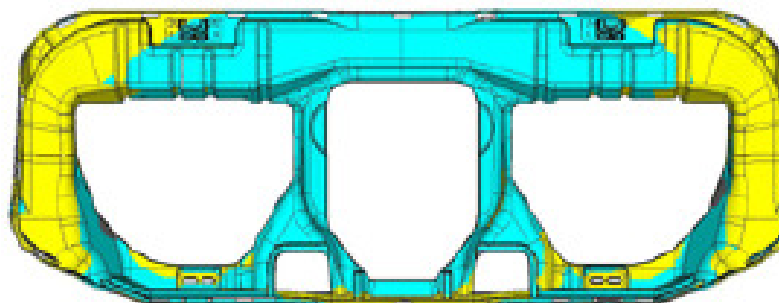


Figura 23 – Estrutura do banco traseiro. Fonte: Kim et al. (2007)

5.9 TRAVESSA DO PAINEL DE INSTRUMENTO

A travessa do painel de instrumentos (“*cross car beam*”), é utilizada principalmente para controle torcional, sustentar o sistema de refrigeração, *air bag*, coluna de direção e etc, ou seja, uma peça estrutural fundamental no veículo.

Segundo estudo proposto por Chaturvedi, Schijve e Marks (2009), desenvolvido para veículos de baixo custo de mercados emergentes, as simulações se demonstraram satisfatórias para a aplicação permitindo uma boa interação estrutural substituindo a travessa de aço. Com esta proposta foi alcançado uma redução 1,3 kg no sistema.



Figura 24 – Travessa em PP com fibra. Fonte: Chaturvedi, Schijve e Marks (2009)

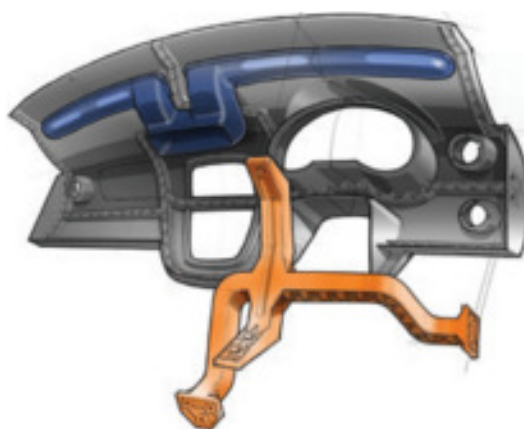


Figura 25 – Estrutura do painel de instrumento em plástico. Fonte: Sabic (2014)

5.10 MÓDULO DE PORTA

Estudo realizado ainda por Chaturvedi, Schijve e Marks (2009) explicam que o módulo de porta vem cada vez mais agregando funcionalidades, como controle do painel, travas, ajuste de retrovisores, motores levantadores de vidro, antifurto, absorvedores de energia, maçaneta, alto falantes e etc.

Segundo Chaturvedi, Schijve e Marks (2009), o primeiro módulo de porta em PP com 30% de fibra de vidro já encontra-se em produção e propiciou uma redução de 50% em relação ao módulo de porta tradicionalmente em aço, rendendo cerca de 4 Kg por carro, além da resistência à corrosão, liberdade de design e boas características em termos de absorção de energia.

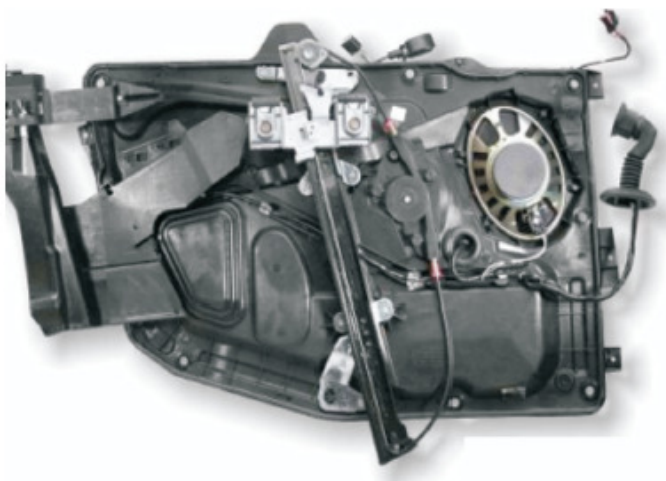


Figura 26 – Módulo de porta traseira do Fiesta. Fonte: Chaturvedi, Schijve e Marks (2009)

5.11 PARALAMA

Atualmente já conhecida porém pouco difundida no mercado automotivo estando restrita a poucas aplicações, este é o assunto da pesquisa de Park et al. (2013), com o intuito da redução de CO₂ e consumo de combustível proveniente da redução de massa com a utilização de um paralama de plástico. Park realizou um estudo profundo com a otimização de processo, conseguindo espessuras menores do que 3 mm e tendo como resultado final uma peça 41% mais leve

Outro grande ganho nesta aplicação é a eliminação de alguns elementos de fixação que até então seriam montados no paralama, que devido a maior liberdade de design podem ser moldadas no próprio para lama injetado, reduzindo assim o número de componentes a serem montados na linha de produção do veículo.

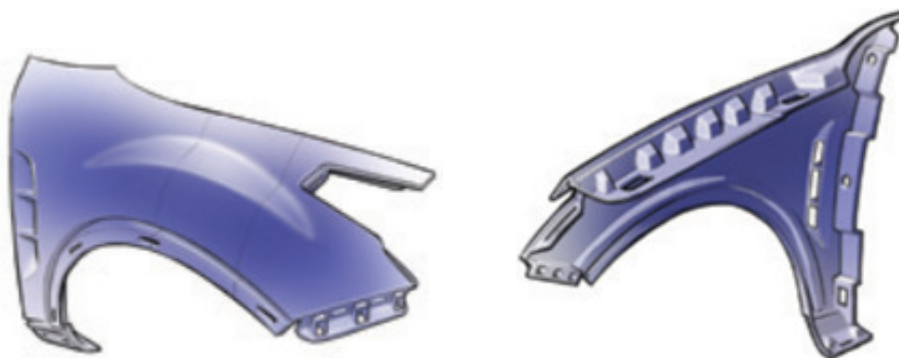


Figura 27 – Paralama injetado. Fonte: Sabic. (2014)

Neste cenário, Park demonstrou outras vantagens como a simplificação do processo, onde na estampagem temos 4 processos enquanto na injeção somente 1, conseguindo uma redução de ciclo de produção da peça plástica em relação à metálica.

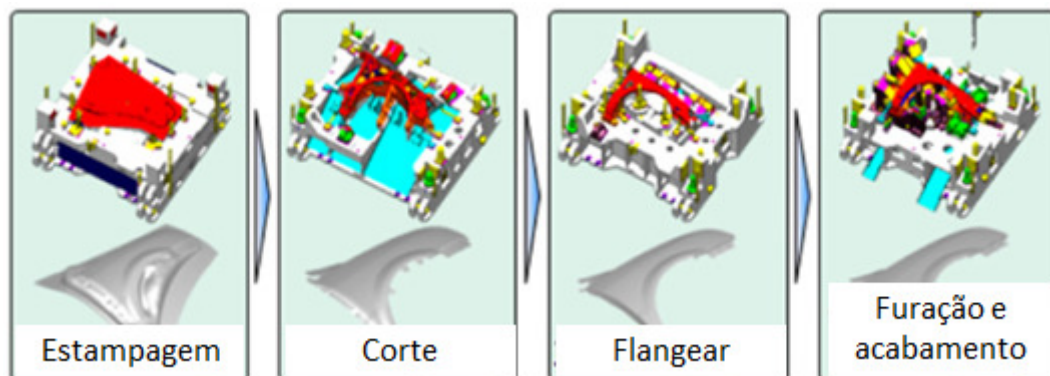


Figura 28 – Processo de produção paralamas metálicos. Fonte: Park et al. (2013)

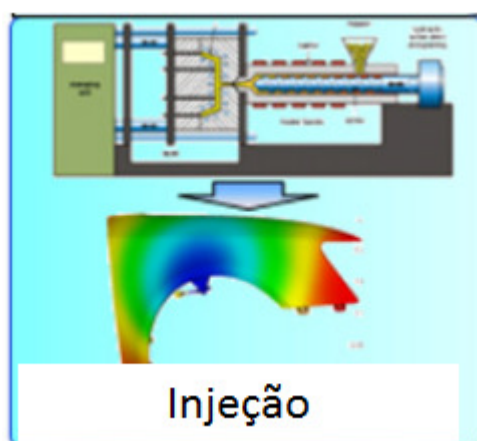


Figura 29 – Processo de produção paralamas plásticos. Fonte: Park et al. (2013)

5.12 VIDRO FIXO

Novas aplicações além da substituição de metais como temos visto anteriormente, aplica-se também a substituição de vidros por plásticos transparentes, assim como já ocorreu no passado com os faróis, hoje quase que todos os modelos já utilizam plásticos. Agora novos estudos trabalham com a ideia de substituição dos vidros fixos das janelas, tetos e etc.

Rosato (2014), mostra em seu estudo uma aplicação também com a intenção de redução de massa para ganho em economia de combustível, onde conseguiu reduzir a massa em 40% com a utilização de PC, além de outros benefícios como: maior liberdade de design e baixar o

centro de gravidade do veículo devido a redução de massa na parte superior do veículo, onde um baixo centro de gravidade melhora a estabilidade do veículo, melhorando assim também sua dirigibilidade e segurança.



Figura 30 – Vidro auxiliar frontal. Fonte: Sabic (2014)



Figura 31 – Vidro auxiliar traseiro. Fonte: Sabic (2014)



Figura 32 – Teto panorâmico. Fonte: Sabic (2014)

5.13 RODA

Ainda seguindo estudo realizado por Rosato (2014), novos estudos um pouco mais desafiadores são sobre a utilização de plástico para confecção das rodas, sendo este sistema sujeito a grandes forças e impactos. Esta aplicação não só reduz a massa e o consumo de combustível, mais também gera uma melhora no desempenho e eficiência da condução. Além disso, menos massa na roda permite redução de massa também em componentes como freios, direção e suspensão.

Produzido com plástico reforçado com fibra de vidro capazes de suportar cargas elevadas reduzindo o peso em 30% totalizando uma redução de 12 Kg no veículo.



Figura 33 – Roda Daimle Smart Forvision. Fonte: Rosato (2014)



Figura 34 – Conceito de roda BASF. Fonte: Rosato (2014)

5.14 ESTRUTURA DO VOLANTE

Atualmente temos muitos casos de utilização de plásticos somente na porção externa do volante, como acabamento, porém mantendo o interior (estrutura) ainda em magnésio ou aço convencionais.

Segundo proposta efetuada pela Sabic (2014), há materiais capazes de substituir totalmente esta estrutura interna do volante em plástico, que devido a maior liberdade de design ainda há

um ganho no que diz respeito a espaço, podendo agregar mais funções ao volante, aumentando a interface com o condutor, coisa que está cada vez mais comum no mercado.



Figura 35 – Volante totalmente em plástico. Fonte: Sabic (2014)

6 NOVAS TECNOLOGIAS

Não somente novas aplicações estão sendo desenvolvidas para o uso de plástico em veículos, mas também há algumas pesquisas para melhorar o desempenho nas aplicações já existentes. Isto se aplica tanto a reduções de espessuras nos produtos com a utilização de materiais mais nobres, quanto com a redução de densidade dos materiais já conhecidos através de algum tipo de carga.

6.1 MICRO ESFERAS DE VIDRO

A 3M (2014) tem uma proposta interessante neste sentido, que é a utilização de micro esferas de vidro ocas utilizada de forma a ocupar um determinado volume no material, reduzindo assim a densidade do composto.

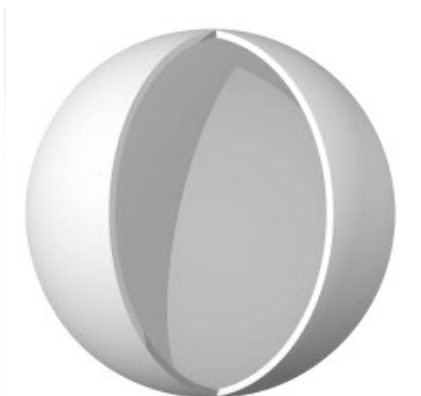


Figura 36 – Exemplificação de uma micro esfera de vidro oca. Fonte: 3M (2014)

Segundo a 3M (2014), diferentemente de outras cargas irregulares, as microesferas ajudam no fluxo do material devido a sua superfície lisa e uniforme, reduzindo a viscosidade e melhorando o processamento do material num processo de injeção, não sendo restrito a somente este, sua aplicação pode ser estendida a adesivos, pinturas, espumas e borrachas.

Esta nova proposta pode ser aplicada em diversas partes do veículo como exemplificado na figura a seguir:

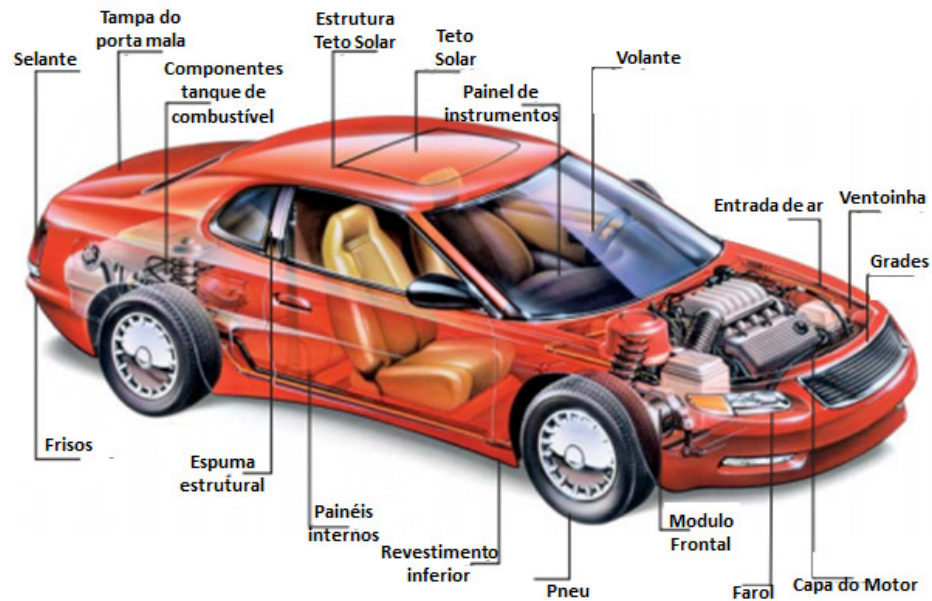


Figura 37 – Aplicações possíveis para micro esferas de vidro. Fonte: Adaptado de 3M (2014)

Abaixo temos um exemplo também da 3M (2014), mostrando um estudo de caso com a aplicação das micro esferas de vidro, considerando uma peça já produzida em plástico. Neste caso não houve um ganho no valor final do produto, porém obteve um ganho considerável em redução de massa, justificando assim a utilização desta nova tecnologia neste tipo de aplicação.

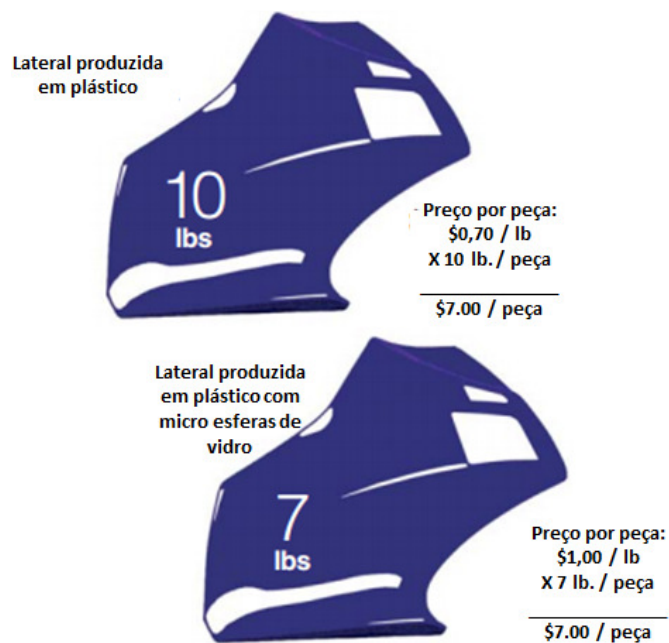


Figura 38 – Estudo de caso aplicação micro esferas de vidro. Fonte: Adaptado de 3M (2014)

6.1 PLÁSTICOS REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO

A utilização de fibra de carbono criada pela indústria aeroespacial começou a ser aplicada em veículos devido a grande redução de massa e excelentes propriedades estruturais propiciadas por este material, porém ainda restrito ao mercado de veículos de alto desempenho e competições devido aos altos custos envolvidos.

Segundo Kelly (2004) este material possui propriedades similares ou até superiores ao aço e alumínio, e em aplicações automotivas tem se conseguido boas reduções de massa em aplicações estruturais, como carroceria e célula de sobrevivência em veículos de alto desempenho. Geralmente limitam-se a 500 unidades por ano devido a complexidade de produção deste tipo de componente, como o caso do Porsche Carrera GT exemplificado a seguir.

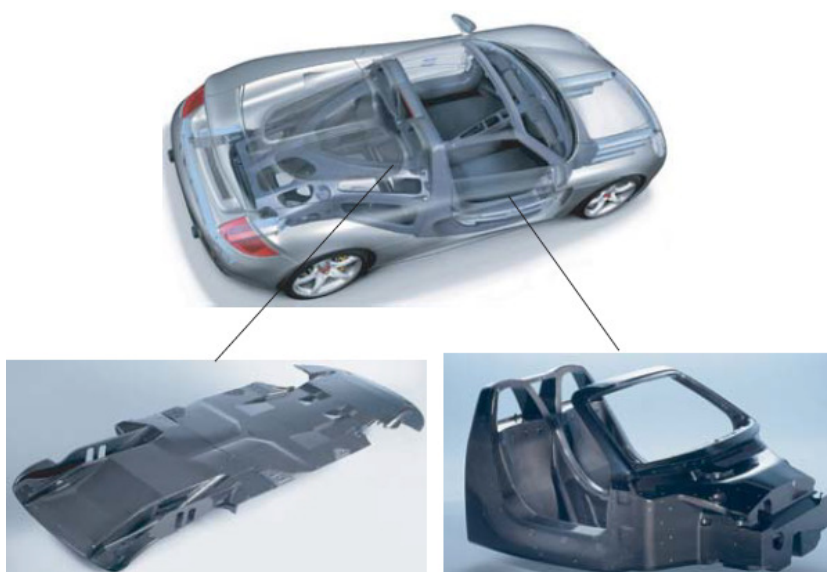


Figura 39 – Assoalho e compartimento do ocupante, Porsche Carrera GT. Fonte: Kelly (2004)

Kelly (2004) também exemplifica que existem novos desenvolvimentos para esta aplicação já para veículos de alto volume como o conceito da BMW Z22. Neste conceito são utilizados 22 componentes em polímero com fibra de carbono totalizando uma redução de 50% na carroceria em relação a o conceito tradicional em aço.



Figura 40 – Conceito BMW Z22. Fonte: Kelly (2004)



Figura 41 – Lateral em polímero reforçado com fibra de carbono. Fonte: Kelly (2004)

Kelly (2004) cita que muitas montadoras como Volkswagen, Renault e Volvo também têm realizado estudos neste sentido, conseguindo resultados na faixa de 30% a 50% de redução de massa e com tecnologias para produção de 50 veículos por dia.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentou-se os grandes avanços nos estudos com polímeros na indústria automotiva, e a importância e ganhos de diversas utilizações de polímeros em aplicações tradicionalmente em metais.

A aplicação de polímeros mostrou-se como sendo uma boa solução na busca por redução de custo e massa no veículos, e também como solução quando na necessidade de melhor design devido sua liberdade de forma permitida pelo processo de fabricação de peças plásticas.

Evidenciou-se as possibilidades de aplicações de polímeros também em peças estruturais ou de performance como barras de impactos, rodas e estruturas, com grandes vantagens à peças metálicas.

Como consequência da redução de massa do veículo gerada pela aplicação de polímeros, evidenciou-se outros ganhos, como melhor consumo de combustível devido ao veículo mais leve, melhor dirigibilidade devido a possibilidade de baixar o centro de gravidade do veículo e os ganhos estéticos e aerodinâmicos devido a maior liberdade de design.

A aplicação de polímeros mostrou-se como sendo uma excelente alternativa em várias aplicações com vantagens em diversos requisitos além da redução de massa e redução de custo proposta pelo trabalho inicialmente.

REFERÊNCIAS

- 3M. **Glass Microspheres For the Automotive Market**. Disponível em: <http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTsZxtUNxmUOY_vevUqevTSevTSevTSeSSSSSS--&fn=GlassMicrospheresAuto.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2014.
- ADER, S.; MOULIN, J. P.; MADIGNIER, R.. **Plastic Tailgate: What Material for What Purpose**. Detroit: Sae, 2000.
- ALBUQUERQUE, Jorge Artur Cavalcanti, **Planeta Plástico: Tudo o que você precisa saber sobre plásticos**, Ed. Sagra Luzzatto, 2001.
- AQUINO, João Ricardo de; FOURCADE, François. **Technology of Front End Module to Automotive Vehicles**. São Paulo: Sae, 2003.
- ATSUMI, Masakazu; URUSHIHARA, Masaru. **Development of Intercooler Plastic Tank Material Instead of Aluminum Die-Cast**. United States Of America: Sae, 2013.
- BEPO. **Catálogo Caminhões 2010**. Disponível em: <http://www.bepo.com.br/assets/pdf/userfiles_catalogos_catalogo-caminhoes-2010-BEPO.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2013.
- BOREALIS. **Painel de instrumentos**. Disponível em: <<http://www.borealisgroup.com/brasil/automotiva/interior>>. Acesso em 29 jan. 2013.
- CANDIDO, Guido Muzio; SANTOLIA JUNIOR, Filippo; MELO, Marcos R. F. de. **Methodology of plastic parts development in the automotive industry**. São Paulo: SAE, 2006.
- CANEVAROLO JR., Sebastião V. **Ciência dos Polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**, 2ª Edição, Artliber. São Paulo, 2006.
- CHANDA, Manas; ROY, Salil K. **Plastics Tecnology Handbook**, 4ª Edição, CRC Press, 2012
- CHATURVEDI, Manish; SCHIJVE, Warden; MARKS, Matthew. **Advanced Thermoplastic Composites for Automotive Semi-Structural Applications**. Pune, India: Sae, 2009.
- CUNNINGHAM, Justin. **Thermoplastic composites closer to mass production**. Disponível em: <<http://www.materialsforengineering.co.uk/engineering-materials-news/thermoplastic-composites-close-to-mass-production/52139/>>. Acesso em: 17 mar. 2014.
- DALY, Paul; BAYLIS, Bobbye. **An All-Polyamide Intercooler for Turbo-Charged Engines**. Detroit: Sae, 2007.
- DALY, Paul; VANDERVEEN, Jim. **Development of a Plastic Throttle Body**. Detroit: Sae, 2000.

DAYCO. **Hose Catalogue**. Disponível em:

<<http://m.dayco.com.au/databank/documents/HoseCatalogue-May-2010.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2013.

EVANS, Darin; MORGAN, Terry. **Engineering Thermoplastic Energy Absorbers for Bumpers**. Detroit: Sae, 1999.

GREEN CAR CONGRESS. **Ford displays prototype Carbon Fiber Reinforced Plastic hood**. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2012/10/ford-displays-prototype-carbon-fiber-reinforced-plastic-hood.html>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

HEMAIS, Carlos A. **Polímeros e a Indústria Automotiva, Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, nº 2, p. 107-114, 2003.

KELLY, Gordon. **Joining of Carbon Fibre Reinforced Plastic for Automotive Applications**. 2004. 36 f. Tese - Department Of Aeronautical And Vehicle Engineering, Royal Institute Of Technology, Stockholm, 2004.

KIM, Jonghyun et al. **Development of Plastic Rear Seat Cushion Frame Using PP-LFT**. Detroit: Sae, 2007.

MANA, Dinesh et al. **Thermoplastic Rear Bumper Beams for Automobile Low-Speed Rear Impact**. India: Sae, 2011.

MANO, Eloisa Biasotto, **Polímeros como Materiais de Engenharia**, Ed. Edgard Blücher Ltda, 2003.

MICHAELI, Walter et al. **Tecnologia dos Plásticos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1995.

MIEL, Rhoda. **Plastic hood helps make Viper more aerodynamic**. Disponível em: <<http://www.autonews.com/article/20070212/SUB/70207043/plastic-hood-helps-make-viper-more-aerodynamic>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

NAUGHTON, Pádraig; RÖTTGER, Jan; BOWSER, Bill. **A New Approach to Hybrid Front-End Systems**. Detroit: Sae, 2002.

PARK, H.s. et al. **Development of plastic front side panels for green cars**. *Cirp Journal Of Manufacturing Science And Technology*, Aachen, v. 1, n. 6, p.44-52, 2013.

PLASTICS TODAY. **Renault deploys lightweight all-PP lift-gate solution**. 2012. Disponível em: <<http://www.plasticstoday.com/articles/renault-deploys-lightweight-all-pp-lift-gate-solution-polypropylene-20121003a>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

RABELLO, Marcelo, **Aditivação de Polímeros**, Ed. Artliber, 2000.

ROSATO, Don. **Automotive lightweighting applications: The road ahead**. Disponível em: <http://www.multibriefs.com/briefs/exclusive/automotive_lightweighting_trend_4.html>. Acesso em: 18 mar. 2014.

SABIC. **Automotive Design Possibilities Brochure**. Disponível em: <http://www.pod-sabic-ip.com/KBAM/Reflection/Assets/Thumbnail/20264_21.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2014.

SEBASTIAN, Joerg. **Plastics in Automotive Engineering: Developing and Designing Plastic Components**. Germany: IAV, 2011.

SEHANOBISH, Kalyan. **Engineering Plastics and Plastic Composites in Automotive Applications**. United States of America: SAE, 2009.

SZETEIOVÁ, Katarína. **Automotive Materials Plastics in Automotive Markets Today**. Trnava, Slovak Republic: Institute Of Production Technologies, Machine Technologies And Materials, Faculty Of Material Science And Technology In Trnava, Slovak University Of Technology Bratislava, 2010.

WIEBEEK, Hélio; HARADA, Júlio, **Plásticos de Engenharia: Tecnologia e Aplicações**, Ed. Artliber, 2005.