

A Identificação de um Kaizen no Processo de Evolução dos Para-Choques de Plásticos em Automóveis: Um Estudo Prático-Teórico

Title: The Identification of a Kaizen in the Process of Evolution of the Shocks to Plastics in Automobiles: A Practical-Theoretical Study

Ernandes Cardoso de Albuquerque

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
ernandes23@gmail.com

Ana de Fátima Braga Barbosa

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afbb.direito@yahoo.com.br

Resumo *Este artigo tem como objetivo principal, provar através de um estudo prático teórico a identificação de um Kaizen intencional através da evolução dos para-choques de plásticos automotivos. O estudo baseia-se em análises desenvolvidas em laboratório de engenharia automotiva. Um comparativo de resultados de análises do primeiro para-choque de plástico que foi um plástico injetado sem adição de carga e os para-choques de plásticos usados atualmente com vinte por cento de carga de talco mineral. Será visto através dessas análises a diferença da resistência mecânica de uma peça para outra e, sobretudo um processo de melhoria continua caracterizando assim, um Kaizen intencional. Observaremos também que a substituição dos para-choques de metal por para-choques de plástico não ocorreu apenas pela redução de custo no processo de fabricação por parte das montadoras e sim por razões de segurança dos ocupantes do automóvel, conscientização dos problemas de escassez de combustível por fontes de energia não renováveis como o petróleo e o uso indiscriminado destes, uma vez que os automóveis ficaram mais leves, diminuindo o consumo de combustível.*

Palavras-Chave: *kaizen, para-choques, plásticos, carga mineral, resistência, segurança*

Abstract *This article aims to prove through a theoretical study to practical identification an intentional Kaizen through the evolution of bumpers for automotive plastics. The study is based on analyzes developed in automotive engineering laboratory. A comparative analysis of results of the first fender plastic which was a plastic injected without addition of load and the plastic bumpers currently used twenty percent of mineral talc load. We will see through these analyzes the difference in strength from one piece to another and above all a continuous improvement process featuring thus an intentional Kaizen. Observe also that the replacement of metal bumpers for bumpers of plastic not only was the cost reduction in the manufacturing process by the manufacturers but for safety reasons the car's occupants, awareness of fuel shortages By non-renewable energy sources such as oil and the widespread use thereof, since the cars became lighter, reducing fuel consumption.*

Keywords: *Kaizen , bumpers , plastics, mineral filler, resistance, safety*

1 Introdução

A evolução dos automóveis passa diretamente por uma peça fundamental em relação à segurança dos motoristas; neste caso, o para-choques. Do metal ao plástico; mudança radical que muitos pensaram ser apenas por questões de redução de custo de fabricação por parte das montadoras.

Hoje em dia é bastante comum ouvir algumas pessoas falarem que os carros atuais são totalmente frágeis, que se desmontam por mais simples que seja a colisão. Acontece que os automóveis de hoje não são mais frágeis do que os de antigamente e sim mais seguros. Sobretudo, porque os para-choques confeccionados com plástico PP (polipropileno) com carga de vinte por cento de talco mineral consegue dissipar grande parte da energia gerada na colisão na parte frontal do automóvel, antes que a mesma possa chegar aos ocupantes do veículo [1].

O primeiro para-choques de plástico que era confeccionado totalmente com polipropileno e foi usado em um modelo bastante popular na época, não surtiu o efeito em relação à resistência mecânica que é visto nos para-choques de hoje em dia, ou seja, nos para-choques homologados atualmente. Isto porque o primeiro para-choque não tinha em sua constituição um material que revolucionou a resistência mecânica do mesmo. A carga mineral, constituída geralmente por talco mineral.

O primeiro para-choques de plástico que foi fabricado apenas com polipropileno, sem adição de carga mineral, não tinha as propriedades mecânicas que hoje são observadas nos para-choques de plásticos homologados atualmente. Foi a partir de melhorias no processo de fabricação que foi originado um Kaizen intencional, como o próprio título do artigo sugere. A identificação de um Kaizen no processo evolutivo dos para-choques de plásticos em automóveis.

Esta filosofia é descrita da seguinte forma: “A essência do Kaizen é simples e direta: Kaizen significa melhoramento”. Mais ainda, Kaiser significa melhoramento contínuo, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários. [2]

E o processo dessa evolução nos para-choques de plástico com a adição de cargas minerais vai ser mostrado passo a passo em comparativo com o para-choques de plástico sem o reforço de carga mineral. Tudo isto através de análises laboratoriais que foram equilibradas em informações práticas e teóricas realizadas em laboratório específico. Todas as análises realizadas com corpos de prova padrão norma ISO 527 e norma ISO 178; amostras de plástico polipropileno sem carga (primeiro para-choque de plástico) e amostras de plástico de polipropileno com carga de vinte por cento de talco (para-choques

homologados atualmente) foram submetidas a análises que simulam situações reais da peça para-choque em sua condição normal de uso do automóvel. Simulando através de máquinas de laboratório automotivo, o comportamento da peça para-choques.

Sem carga e a peça para-choques com carga de vinte por cento de talco mineral em uma colisão. O para-choques constituído apenas de polipropileno tinha em sua principal característica negativa, um alto coeficiente de dilatação térmica, sendo assim o para-choques tinha uma alta contração quando exposto a altas temperaturas climáticas, e isto era comum acontecer com o sol em pleno meio dia em boa parte das regiões do nordeste.

Aplicar a metodologia Kaizen significa verificar no processo uma oportunidade de melhoria e buscar soluções para ela e implantar os resultados. A metodologia Kaizen pode ser aplicada em qualquer processo produto no qual exista um padrão nas atividades. Pode ser aplicada em vários setores empresariais como, por exemplo: automobilístico, produção de alimentos e bebidas, vestuário entre outros [3].

2 Delimitação do Problema

De um modo geral é cada vez maior a quantidade de plástico usado nos automóveis, e este material é encontrado em diversos tipos; como o próprio polipropileno, poliamida, ABS (Acrlonitrila butadieno estireno) e outros. Também vale informar que temos tipos de cargas diferentes nestes mesmos plásticos, como talco mineral, sílica e a fibra de vidro; cada tipo de material com o seu tipo de carga empregado em certa parte do automóvel, sendo na área externa ou interna; envolvendo desde brilho até a textura da peça.

E em se tratando de sustentabilidade, podemos falar que também avança a passos largos a aplicação de fibras naturais em diversas partes do automóvel.

E através dos mesmos testes realizados com o material do para-choques, foram verificadas o ganho de resistência mecânicas em outras peças que compõem o automóvel, desta vez com o reforço de fibras naturais no lugar do reforço mineral.

São fibras do caule da bananeira, fibras da planta juta e fibras de coco fazendo parte futuramente da redução do custo de fabricação, manutenção do meio ambiente e em muitas experiências, ganho de resistência mecânica nas peças. É o Kaizen sendo aplicado intuitivamente de forma espetacular, e exigindo cada vez mais um controle de qualidade eficaz, pois a variação das propriedades e características mecânicas das peças já homologadas é um gargalo a ser constantemente controlado por diversos testes em laboratório.

3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste artigo é mostrar de maneira prática e teórica a aplicação intencional do Kaizen na evolução dos para-choques de plásticos em automóveis.

Corpos de prova conforme as normas ISO submetidos a testes de laboratório aonde foi simulado uma situação real do polímero polipropileno com carga de 20% e outro polipropileno ausente de carga.

4 Objetivos Específicos

Como objetivo específico mostrar através de um estudo prático teórico com análises realizadas em laboratório de engenharia automotiva, a evolução do para-choques de plástico evidenciando a aplicabilidade intencional de um Kaizen.

Características mecânicas serão comparadas através de resultados analíticos entre o polímero com carga e o polímero sem carga. Análises como a densidade e o percentual de material calcinado, mostrarão com certeza que os corpos de prova tratam-se realmente de um polímero sem carga e outro polímero com carga de 20% de talco mineral.

Outras análises que irão evidenciar o ganho de resistência mecânica do polímero com carga de 20% de talco mineral em relação ao polímero sem carga, tais como:

- Resistência mecânica a tração e o módulo flexão: ambos realizados em máquina de tração Instron.
- Resistência ao Impacto em ambas às amostras, realizado em máquina Izod.
- De forma dissertativa as diferenças entre as amostras em relação a:
 - Contração.
 - Coeficiente de dilatação Linear (CLTE).

5 Justificativa

De um modo geral o processo de melhoria contínua está bem longe de se estabilizar e o Kaizen intencional continuará acontecendo em uma busca de um automóvel sobre tudo cada vez mais seguro, mais confortável, econômico e extremamente envolvido com a sustentabilidade. Além de provar a existência de um Kaizen intencional na evolução das grades de para-choques de plástico, vai desmistificar com provas baseadas em análises específicas do material polipropileno com carga, a premissa que as montadoras de automóveis só visaram lucro, ao trocar o metal dos para-choques dos automóveis por plástico, uma vez que o custo do plástico sai bem menor para as montado-

ras em relação ao custo do metal.

6 Fundamentação Teórica

O trabalho está baseado em análises práticas em laboratório de engenharia de desenvolvimento automobilístico e neste caso seguindo normas ISO 527 (determinação de propriedades de tensão em plásticos) e ISO 178 (determinação de propriedades de flexão em plásticos); normas estas que descrevem como fazer análises em plásticos e os valores esperados após estas análises. E, sobretudo, em provar através de análises comparativas entre os materiais poliméricos com carga e sem carga, a evidência do uso de um Kaizen aplicado intencionalmente na evolução das grades de para-choques e de um modo geral e de forma dissertativa em todas as partes do automóvel.

A influência do talco mineral como carga junto ao polipropileno e as principais aplicações do polipropileno com talco na indústria automobilística principalmente o talco mineral em para-choques [4]. Os diversos tipos de cargas minerais usados com plásticos além do talco; como: calcita, quartzo, dolomita, caulim na forma de pó fino além de aumentar a dureza superficial tornando a peça resistente ao risco também são usados para reduzir custos, normalmente não ultrapassam os 30% [5]. A fibra de vidro usada como carga em alguns plásticos de algumas peças dentro do veículo que tem elevada razão entre seu comprimento e as dimensões laterais e são compostas de macromoléculas lineares orientadas longitudinalmente [6], e por isto não podem ser usadas como reforço na injeção dos para-choques pois, conferem ao material Anisotropia, que é a característica que uma substância possui em que uma certa propriedade física que é variar a direção durante a injeção.

A pigmentação nos polímeros automotivos que podem ser orgânico ou inorgânico e aceitam um vasta gama de cores, sendo bastante utilizados pelos projetistas para aumentar o apelo visual e a comercialização de um produto em dispersão em uma matriz polimérica, conhecidas por masterbatchs. [7].

7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Vários fornecedores fazem parte do processo de montagem do automóvel e muitos são auto qualificáveis, porém fazem ajustes em seu processo muitas vezes sem comunicar a montadora e nestes muitos ajustes que fazem, seja para reduzir custos do processo ou melhorar um parâmetro de resistência mecânica visando a segurança do condutor, ou simplesmente um aspecto visual; deixam qualidade do produto em segundo plano. Entre os vários aparelhos instalados no centro de engenharia de uma

montadora está o MEV (microscópio eletrônico de varredura); equipamento este que chega aumentar a amostra em até 350 vezes a sua área de visualização e com isto, tem condições de mostrar ao analista, o tipo de falha em determinada área da peça e correlacionar ao tipo de fratura, e com isto diagnosticar se o tipo de problema ocorreu no processo de injeção da peça ou na operação de montagem por parte do operador. Além dessa função importantíssima, poderemos verificar a composição química do material e a quantidade de cada produto químico dentro da peça em percentual, como também se o polímero tem carga ou não, e o tipo de carga que está presente no mesmo.

A Figura 1 trata-se de uma maçaneta da porta lateral com fibra de vidro. Usada como exemplo para ilustrar a importância do Microscópio no controle de qualidade de uma montadora.

Vale ressaltar que a imagem do talco mineral dentro da peça para-choques de polipropileno não é tal definida como a imagem da maçaneta que contém a fibra de vidro como carga de reforço. A peça foi usada apenas para ilustrar o poder de visualização do microscópio MEV.



Figura 1: Análise de Polímero com carga de fibra de vidro MEV.

8 Análise de Resíduo Após Calcinação (Análise de Carga)

A análise de laboratório em plásticos com carga, prática, que envolve o presente trabalho começa a partir da análise de resíduo calcinado, ou simplesmente análise de carga. Apesar de ser uma análise bastante simples, ela mostra qual a quantidade em percentual de carga que cada amostra contém ou se contém carga, e visualmente qual o tipo de carga que tem na amostra. Esta carga pode ser tanto talco mineral, sílica ou fibra de vidro.

Importantíssimo para dar sequência aos demais testes; talvez até um tipo de contraprova inicial para a sequência do restante do trabalho, uma vez que se trata de um estudo comparativo entre as amostras. A análise consta em pesar entre 3 a 5 gramas do material em uma balança de

precisão com quatro casas decimais. Então há uma sequência a ser seguida, que consiste em pegar três cadinhos para cada amostra, totalmente secos e sem presença de umidade. Após estarem limpos e secos, os cadinhos são colocados em um dessecador para esfriar e depois ser colocado na balança e registrado o peso do mesmo, depois tara-se a balança e logo após é inserido a amostra cortada, com a quantidade já citada. Anota-se o peso de cada cadinho e cada amostra. Sempre três amostras de cada PP (Polipropileno). Feito o registro, todas as amostras são colocadas em um mufla a uma temperatura de 750 °C por meia hora. Lembrando que cada cadinho tem uma identificação própria. Seguindo a sequência, após resfriado novamente em um dessecador, todas as amostras são pesadas novamente, agora desta vez apenas o resíduo calcinado, ou seja, a carga que foi inserida no polipropileno durante o processo de injeção. Se apresentar resíduo, este será a carga que deverá ser transformada em percentual através de uma simples regra de três ou se não apresentar resíduo, apenas o cadinho vazio conforme Figura 2 e Figura 3.



Figura 2 - Cadinho com cinzas



Figura 3 - Cadinho vazio

Resíduo após Calcinação - Material Sem Carga

Amostra	Cadinho vazio (g)	Massa amostra (g)	Calcinado (g)	Resíduo (%)
1	28,7678	3,3606	28,7675	0,0
2	31,1124	3,3273	31,1127	0,0
3	30,8583	3,3962	30,8589	0,0
Média				0,0
Desvio padrão				0,0

Tabela 1 - Análise de Calcinação do PP sem carga. Fonte: Emandes C. de Albuquerque

Resíduo após Calcinação - Material com carga

Amostra	Cadinho vazio (g)	Massa amostra (g)	Calcinado (g)	Resíduo (%)
1	31,4613	3,1898	32,1606	21,9
2	32,0583	3,2214	32,7807	22,4
3	30,889	3,4456	31,6614	22,4
Média				22,3
Desvio padrão				0,2

Tabela 2 - Análise de Calcinação do PP com carga. Fonte: Emandes C. Albuquerque

A Tabela 1 e Tabela 2 mostram através de cálculos, um polipropileno com zero de carga e outro com 22,3% de carga, um valor aproximado do polipropileno com 20% de carga. Quando se fala em um polímero com 20% de carga, estimasse que ele tenha entre 20 a 22%.

9 Análise de Densidade

Seguindo o mesmo princípio da análise de carga, o através da análise de densidade de cada material irá verificar se o material se trata do material requisitado junto ao fornecedor, ou seja, dos para-choques com ou sem carga; ou com as mesmas características.

Uma espécie de contra prova em relação à análise de carga seguindo a norma ISO 50430/09 (Densidade em Plásticos) método A, se pega três amostras de cada PP (Polipropileno sem carga e polipropileno com carga) e realiza-se a análise conforme o método. O método trata-se do princípio de Arquimedes, onde relata que o valor do empuxo que atua em um corpo mergulhado em um líquido, é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.

O principal líquido usado na análise seria a água, onde a mesma tem uma densidade próxima a 0,9970479, isto a 25°C. Porém a amostra de PP (poli-propileno) sem carga flutuou ao ser colocado no Becker, sendo assim impossível dar sequência a análise. Subs-tituiremos a água por acetona, com a densidade de 0,791 g/ml. Com o líquido em uma densidade menor, as duas amostras afundaram no fundo do recipiente; ou seja, agora é dar sequência na análise conforme Figura 4 e Figura 5.



Figura 4: Imersão em Água.



Figura 5: Imersão em Acetona.

Retiradas três amostras de cada peça de aproximadamente 1g de cada polipropileno e pesado em balança de precisão, o valor é devidamente registrado. Em cada amostra foi realizado um pequeno furo para que o arame encaixe na amostra em cada uma delas. Pesado em uma balança especial, o arame já tarado é fixado na haste da balança. Colocada cada amostra no arame e os dois dentro do Becker com acetona e o mesmo sobre um suporte; verificou-se o peso da massa imersa no líquido.

Na Figura 6 o processo de pesagem da análise de densidade e logo depois de realizado a análise de densidade conforme a ISO 50430/09 método A, foi observado as médias dos valores achados nos ensaios com o padrão para amostras de Polipropileno sem carga e Polipropileno com 20% de carga. Conforme o padrão achamos 0,886 para o PP sem carga, em quanto o parâmetro confere a faixa de 0,89 ~0,92. Portanto dentro do especificado.

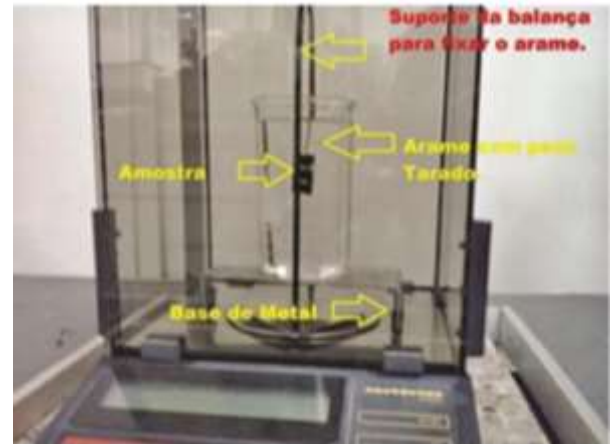


Figura 6: Pesagem das Amostras.

Para o polipropileno com carga o valor de densidade 1,058, arredondando 1,06; enquanto o padrão para PP com carga pede 1,02 ~1,05. Neste caso, um pouco acima da tolerância, porém nada que venha a colocar em questão o restante das análises que virão de uma forma mais específica. A Tabela 3 mostra as duas densidades.

DENSIDADE					
	AMOST.	MASSA SEC.	MASSA IMERSA	DENS. LIQ.	DENSID. (g/ml)
PP SEM CARGA	1	0,8859	0,0958	0,791	0,887
	2	0,8563	0,0910	0,791	0,885
	3	0,9001	0,0969	0,791	0,886
MÉDIA					0,886
DESVIO PADRÃO					0,001
	AMOST.	MASSA SEC.	MASSA IMERSA	DENS. LIQ.	DENSID. (g/ml)
PP COM CARGA	1	1,0653	0,2672	0,791	1,056
	2	1,0594	0,2678	0,791	1,056
	3	1,0916	0,2761	0,791	1,058
MÉDIA					1,058
DESVIO PADRÃO					0,002

Tabela 3 – Densidade de acordo com método de Arquimedes (ISO Norma 50430/09 método A).

Cálculos da Análise de Densidade:

$$M1 = 0,8859 \text{ (Massa seca)}$$

$$M2 = 0,0958 \text{ (Massa Imersa na Acetona)}$$

$$M3 = 0,791 \text{ (Densidade da Acetona).}$$

Logo:

$$\text{Densidade do PP} = \frac{M1 \times M3}{M1 - M2}$$

$$0,8859 \times 0,791 / 0,8859 - 0,0958 =$$

$$0,7007469 / 0,7901 = \mathbf{0,887}$$

(Densidade da amostra de Polipropileno sem carga)

10 Análise de Impacto Izod

Entramos de forma propriamente dita nas análises que irão mostrar a diferença em resistência mecânica do Polipropileno com carga e sem carga.

Testes de impacto Izod é um método padrão ASTM (American Society for Testing and Materials) para determinar a resistência ao impacto dos materiais. Um braço de metal mantido a uma altura específica (energia potencial constante) é liberada. O braço atinge a amostra e a mesma quebra. A partir da energia absorvida pela amostra, a energia de impacto é determinada. As amostras são todas entalhadas em uma máquina específica e o entalhe tem profundidade de no máximo 2,05 mm e no mínimo 1,95 mm. Os ensaios de impacto são usados para o estudo da resistência do material.

A dureza do material é um fator da sua capacidade para absorver energia durante a deformação plástica. Materiais frágeis com baixa resistência tem como resultado pequena quantidade de deformação plástica que eles podem suportar. O valor do impacto também pode com a temperatura. Geralmente, a temperaturas mais baixas, a energia de impacto de um material é diminuída [8].

Antes de iniciarmos as análises de impacto e até mesmo de realizar o entalhe em cada amostra, medimos com paquímetro a largura e a espessura das mesmas e registramos em uma tabela dinâmica do Excel.



Figura 7: Preparação do corpo de prova.

A Figura 7 mostra a imagem de um corpo de prova com entalhe. Lembrando que depois de realizar o entalhe em todas as amostras, as mesmas terão que ficar em repouso durante no mínimo doze horas, uma vez que as moléculas do polipropileno se agitam após a confecção do entalhe. Com resultados na mão, é só inserir na tabela e depois analisar a média dos valores e o resultado com o padrão.

A legenda da tabela consistem em: Larg.mm – largura da amostra em milímetros. Espes.mm – Espessura da amostra em milímetros. Largura após Ent. – Largura da amostra após entalhe. Profundidade. Entalhe. – Profundidade do entalhe. Área Entalhe – Área do entalhe. Pré-tabalho. - Consiste no erro do equipamento. Trabalho – O valor mostrado pela máquina após análise, mostrado em Joules. Resist. Imp.: Resistência ao Impacto IZOD, mostrado em KJ/m2.



Figura 8 – Máquina de Impacto Izod.

A Figura 8 mostra a máquina de Impacto Izod, assim como a fixação da amostra no aparelho. Cálculos para valores da Análise de Impacto. Onde, Larg. após Ent.; seria a largura inicial, neste caso 10,03 menos a profundidade do entalhe 1,95; no caso 8,08. Área Ent. – Seria a Espessura em mm vezes a Larg. após Entalhe. Ex: 4,04 x 8,08 = 32,64. Resistência ao Impacto (J/m2) = Resistência ao Impacto IZOD dar-se a partir da fórmula:

$$\text{Trabalho J} - \text{Pré- trabalho} = \text{Impacto Izod} \\ \text{Área entalhe} \times 1000$$

Inserindo os valores na tabela temos:

Resistência ao Impacto IZOD - PP sem Carga								
Amostra	Larg.mm	Espes. mm	Larg. após Ent.	Prof. Ent.	Área Ent.	pré trab.	Trabalho J	Resist. Imp
1	10,03	4,04	8,08	1,95	32,64	0,011	0,523	15,7
2	10,01	4,04	8,06	1,95	32,56	0,011	0,412	12,3
3	10,02	4,04	8,02	2,00	32,40	0,011	0,451	13,6
4	10,04	4,03	8,04	2,00	32,40	0,011	0,423	12,7
5	10,04	4,04	8,00	2,02	32,40	0,011	0,456	13,8
6	10,02	4,03	7,99	2,02	32,32	0,011	0,500	15,1
							Média	13,86

Tabela 4 - Resistência ao Impacto Izod – PP sem carga
Fonte: Ernandes C. de Albuquerque.

Resistência ao Impacto IZOD - PP com Carga								
Amostra	Larg.mm	Espes. mm	Larg. após Ent.	Prof. Ent.	Área Ent.	pré trab.	Trabalho J	Resist. Imp
1	10,06	4,03	8,06	2,00	32,48	0,011	0,550	16,6
2	10,05	4,03	8,10	1,95	32,64	0,011	0,638	19,2
3	10,03	4,04	7,98	2,05	32,24	0,011	0,698	21,3
4	10,04	4,03	8,06	1,98	32,48	0,011	0,698	21,2
5	10,03	4,03	7,99	2,04	32,20	0,011	0,687	21
6	10,03	4,03	8,08	1,95	32,56	0,011	0,594	17
							Média	19,38

Tabela 5 - Resistência ao Impacto Izod – PP com carga
Fonte: Ernandes C. de Albuquerque.

As Tabelas 4 e 5 mostram os valores de resistência ao impacto que corresponde respectivamente a um valor bem menor para PP (polipropileno) sem carga. Durante a execução do teste, ainda observa-se o tipo de ruptura quando o martelo da máquina atinge a amostra. No caso do PP (polipropileno) sem carga, todas as amostras romperam-se totalmente, logo o tipo de ruptura foi total. Ruptura parcial acontece quando o martelo parte o corpo de prova no retorno do martelo em sua posição de descansa. Ruptura Total, o martelo parte a amostra no primeiro contato, Enquanto que as amostras com carga romperam-se todas parcialmente e as sem carga romperam-se totalmente. Em relação aos valores de Impacto Izod, o Polipropileno com carga ficou com valores de 19,38 J/m2 e os sem carga com 13,86 J/m2.

Obs: Os valores das amostras segundo a ISO 180/A. (Resistência ao Impacto) ficaram baixo do especificado na norma, 29 e 35 respectivamente. O fornecedor foi acionado, porém não soube informar o que mudou no processo de injeção para a análise diagnosticar valores tão baixos em relação à norma; porém a diferença entre os valores serve de parâmetro para a análise em questão. Este tipo de análise pode ser realizada em três temperaturas diferentes e consequentemente com valores diferentes; 23°C, no caso desta análise, 0°C e a - 30°C. Este tipo de análise pode ser realizada em três temperaturas diferentes e consequentemente com valores diferentes; 23°C, no caso de nossa análise, 0°C e a - 30°C. De acordo com o clima que os automóveis irão ser usa dos; ou seja, em países com temperaturas ambientes bem mais baixas.

11 Análise de Flexão e Módulo

Esta análise também tem como corpo de prova a mesma amostra da análise de impacto Izod, ou seja, com as mesmas dimensões de acordo com a norma ISO 178. Consistem conferir qual o módulo e qual a flexibilidade de cada material. É realizada em uma máquina específica chamada INSTRON e consistem em medir a largura e a espessura do material e registrar no software. O material é mais rígido ou menos rígido através da inclinação da reta. Quanto menor a inclinação da reta, o material é menos rígido. Após o ensaio da amostra de Polipropileno sem cargas foi observado um módulo de 1.088,98 Mpa (Mega Pascal), bem menor do que o valor com carga (2.042,66) e a resistência à flexão com valores de 26,32 Mega Pascal contra 27,72 Mega Pascal.



Figura 9: Análise de Flexão.

	Espessura (mm)	Largura (mm)	Módulo (0,05 %- 0,25 %) (MPa)
1	4,04	30,05	1.904,46
2	4,03	30,04	2.006,30
3	4,04	30,07	2.086,18
4	4,03	30,04	2.161,80
5	4,04	30,07	2.075,04
6	4,04	30,07	2.022,49
Mínimo	4,03	30,04	1.904,46
Máximo	4,04	30,07	2.161,80
Média	4,04	30,06	2.042,66
Desvio Padrão	0,01	0,02	87,15
Coefficiente de Variação	0,12793	0,14971	4,26668

Tabela 6: Análise de Flexão. Fonte: Software Bluril

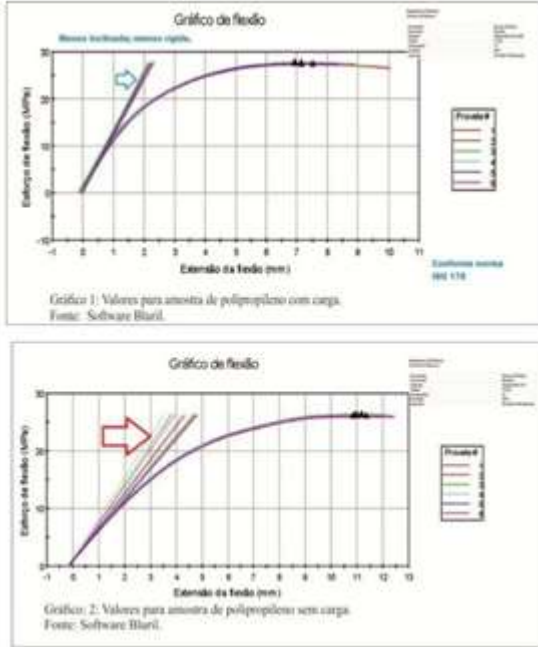
A Tabela 6, mostra o valor de 2.042,66 para o polipropileno com carga e 1.088,96 para o polipropileno sem carga como mostra a seguir a Tabela 7. Segue os valores na tabela com a análise do polipropileno sem carga.

	Espessura (mm)	Largura (mm)	Módulo (0,05 %- 0,25 %) (MPa)
1	4,04	30,02	965,04
2	4,04	30,04	1.126,06
3	4,03	30,00	1.141,91
4	4,04	30,03	1.202,51
5	4,04	30,03	1.004,93
6	4,04	30,01	1.071,45
Mínimo	4,03	30,00	965,04
Máximo	4,04	30,04	1.202,51
Média	4,04	30,02	1.088,98
Desvio Padrão	0,00	0,01	83,37
Coefficiente de Variação	0,30209	0,14668	7,70295

Tabela 7: Análise de Flexão. Fonte: Software Bluril

O Software Bluril além de mostrar os valores nas tabelas, também plota automaticamente os gráficos como as imagens a seguir:

O gráfico 1, apresenta todas as retas referente as seis amostras testadas bem mais homogenia, menos inclinadas e bem mais próximas do que o polipropileno sem carga.



apresentaram praticamente uma ruptura imediata, com alongamento 10,4%, mostrado na Figura 11.



Figura 11: Polipropileno com carga.

Na Figura 12, observamos a diferença da amostra sem carga antes e de depois de submetida ao teste de tração e alongamento.



Figura 12: Polipropileno sem carga.

12 Análise de Tração e Alongamento

Com corpos de provas específicos com dimensões de acordo com a norma ISO 527 (Prova do tipo 1B, com velocidade de 50 mm/min.), Também analisado na máquina Instron, a tração e alongamento das amostras são medidos através do mesmo software de nome BLURIL e apenas os suportes de fixação da amostras são trocados e é encaixado um extensômetro XL, este tem a finalidade de transmitir dados para o computador após o rompimento. A cada amostra testada, o extensômetro é retirado e reposicionado na nova amostra que será analisada.

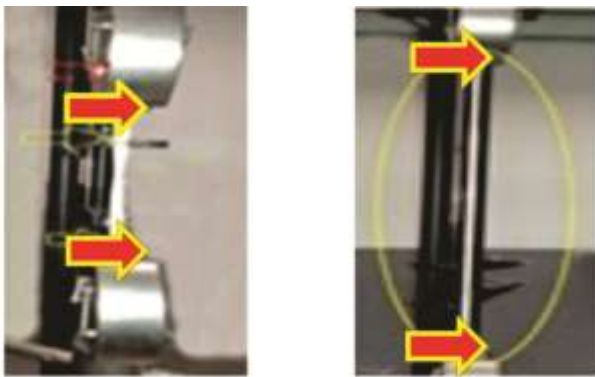


Figura 10: Comparativo com o tamanho inicial.

Os corpos de prova sem carga alcançaram um alongamento acima de 400%, enquanto seria admissível em torno de 100 a 150% para este tipo de polipropileno. A Figura 10 mostra um alongamento muito maior do que a posição inicial. Enquanto os corpos de prova com carga,

13 Contração

Toda matéria prima tem em sua característica a contração quando a peça esfria; após passar pelo molde de injeção a peça esfria e se contrai. Na verdade trata-se de um encolhimento de volume das peças, isto referisse diretamente a um cálculo de perda de volume prevista após o processo de injeção finalizado. A esta diferença dar-se o nome de contração. Quanto maior for a densidade do produto, temperatura da matéria prima, espessura da parede do produto e temperatura do molde, maior a contração. Cada tipo de polímero tem o seu percentual de contração e este deve ser levado em conta antes da conformação do processo de injeção; sendo este informado pelo fabricante da matéria prima.

14 Coeficiente de Dilatação Linear (CLTE)

O aumento de volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, o que ocasiona um aumento no grau de agitação de suas moléculas e consequentemente aumento na distância média entre as mesmas. A dilatação ocorre de forma mais significativa os gases, de forma intermediária nos líquidos e de forma menos explícita nos sólidos [9].

O laboratório não disponibiliza máquinas para realizar esta análise comparativa entre os dois, mais sabe-se que um material de polipropileno com carga de 20% de talco tem um coeficiente de dilatação linear bem menor do que o material sem carga. A carga proporciona ao mesmo uma maior estabilidade dimensional quando a peça é exposta a temperaturas mais elevadas. Os valores dos mesmos a uma temperatura de 10 -6 °C tem valores de 50 a 60 para o Polipropileno com carga de 20% e 110 a 120 para os Polipropileno sem carga.

15 Conclusão

O Kaizen foi desenvolvido para a melhoria nas áreas de manufatura, identificando pontos durante o processo produtivo que podem ser melhorados através da eliminação de desperdícios como neste caso a troca do metal do para-choque por plástico, pois o custo de produção é bem mais caro do que o plástico injetado, sem mencionar a própria inserção de carga mineral durante o processo de injeção que também diminui ainda mais o custo do processo, pois as fábricas de peça plásticas injetadas passaram a usar uma quantidade menor de plástico nas peças dos para-choques do que antes.

Também houve um aspecto bem interessante na identificação deste Kaizen que é mostrado neste estudo de caso; trata-se da quebra de paradigma. O que parecia forte e seguro nas peças confeccionadas por metal tornaram-se inseguro e caro depois de estudos da força de impacto que é transferida ao condutor. Em vista dos aspectos apresentados através de resultados de análises em corpos de prova com dimensões.

Conforme a norma ISO 178 (Determinação de propriedades de flexão em plásticos) e a norma ISO 527 (Determinação em propriedades de tensão); entende-se que de fato a evolução das grades de para-choques foi evidenciado no fator segurança para os motoristas e o fator redução de custos no processo de produção para as montadoras. Incrementando ainda mais a necessidade de construção de automóveis mais seguros e mais econômicos com a diminuição do peso dos mesmos.

E o fato de dirigir um automóvel, tornou-se uma atividade muito mais confortável e segura. De forma intencional o Kaizen surgiu nas fábricas de automóveis apresentando um processo de melhoria continua visivelmente observado através do extremo conforto que atualmente é percebido nos automóveis atuais, principalmente com a inserção dos plásticos em diversas partes do veículo, inclusive dentro do seu habitáculo; tornando a atividade de dirigir mais segura e confortável.

Referências

- [1] TENSILE PROPERTIES, Disponível em: www.ides.com/property_descriptions/ISO_527-1-2.asp. Acesso em: 14/05/2014.
- [2] IMAI, Masaaki. Kaizen, A estratégia para o sucesso São Paulo: Editora Imam, 1994. 236p.
- [3] EUROPE, Standard – Plastics de Determination of Flexural Properties (ISO 178:2001), Super-sedes, February 1997.
- [4] TBM CONSUNTING GROUP. Disponível em: <http://www.tbmcg.com> Acesso em: 31 novembro 2005.
- [5] PETRY, André, Mercado Brasileiro de Polipropileno com ênfase no Setor Automobilístico. Porto Alegre. UFRGS. 2011.
- [6] ANISOTROPIA, Disponível em: www.dicionarioinformal.com.br/anisotropia. Acesso em: 10/05/2014.
- [7] CANEVAROLO, Sebastião V.Jr., Ciência dos Polímeros – Um texto Básico para Tecnólogos e Engenheiros 2ª Edição Revisão Ampliada. São Paulo. Al tiber 2002.
- [8] ABNT - NBR8425 MB1694, Plásticos rígidos – Determinação da resistência ao impacto Izod, São Paulo, 1984.
- [9] DILATAÇÃO TÉRMICA, Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Dilata%C3%A7%C3%A9o_t%C3%A9rmica. Acesso em: 25/04/2014
- [10] MORASSI, Odair José. Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Minicursos 2013. Conselho Regional de Química IV Região SP. São Paulo. 2013
- [11] FIERGS. Centro Tecnológico de Polímeros. Centro de transformação dos Elastômeros 2ª Edição Revisada e Ampliada. Apex, 2000.