



## **ELASTÔMEROS NA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**

### ***ELASTOMERS IN AUTOMOBILE INDUSTRY***

Danilo Augusto Barbui - danilobarbui@hotmail.com

Angelita Moutin Segoria Gasparotto - angelita.gasparotto@fatectq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC) – São Paulo – Brasil

### **RESUMO**

Este trabalho tem o objetivo de mostrar a importância do elastômero na indústria de autopeças. Segundo Viana (2016) a indústria de autopeças engloba grande diversidade de produtos, de processos de fabricação e de materiais envolvidos, peças e acessórios para diversos sistemas de motor, de marcha e transmissão, para o sistema de freios, sistema de direção e suspensão e materiais elétricos e eletrônicos, pois é um material que depois de vulcanizado possui elasticidade, tem flexibilidade, é impermeável, possui alta resistência à abrasão e não é corrosivo, sendo a borracha não apenas um material útil, mas indispensável para todos nós. O Polímero possui várias resistências químicas e físicas, neste trabalho serão apresentadas algumas propriedades físicas e químicas da borracha e alguns testes que são realizados periodicamente em uma empresa de grande porte na cidade de Monte Alto – SP, onde seus produtos atende as principais montadoras de veículos em vários países conta com amplo parque industrial e suas três unidades instaladas no município geram em torno de 1700 funcionários, onde são fabricadas e testadas às peças de borracha utilizadas em veículos automotores, motocicletas, caminhões e eletrodomésticos, e após a realização dos testes são analisados os resultados para certificar que os produtos estão dentro dos requisitos dos clientes e garantir sua funcionalidade e segurança. A pesquisa será realizada através de livros e artigos impressos ou em formato digital, publicados por diversos autores e também será colocado em prática todo o conhecimento adquirido em atuação nessa área.

**Palavras chaves:** Elastômero. Vulcanizado. Borracha.

### **ABSTRACT**

This work aims to show the importance of the elastomer in the auto parts industry. According to Viana (2016) the auto parts industry encompasses a wide range of products, manufacturing processes and materials involved, parts and accessories for various engine, gear and transmission systems, for the braking system, steering and suspension system and electrical and electronic materials, since it is a material that after vulcanizing has elasticity, is flexible, is impermeable, has high resistance to abrasion and is not corrosive, rubber being not only a useful but indispensable material for all of us. The Polymer has several chemical and physical resistances, in this work will be presented some physical and chemical properties of the rubber and some tests that are carried out periodically in a large company in the city of Monte Alto - SP, where its products attend the main car assemblers in several countries has a large



industrial park and its three units installed in the municipality generate around 1700 employees, where are manufactured and tested the rubber parts used in motor vehicles, motorcycles, trucks and appliances, and after the tests are analyzed the results to certify that the products are within the requirements of the customers and ensure their functionality and safety. The research will be carried out through books and articles printed or in digital format, published by various authors and will also put into practice all the knowledge acquired in acting in this area.

**Keywords:** Elastomer. Vulcanization. Rubber.

## 1- INTRODUÇÃO

Neste trabalho farei uma breve apresentação do elastômero e suas propriedades, classificação dos materiais e testes realizados nos mesmos, sendo esses ensaios realizados para avaliação perante as suas propriedades físicas e químicas, para garantir a qualidade e padrões exigidos pelos clientes.

A palavra borracha tinha inicialmente o significado somente de borracha natural, e a palavra vulcanização de reticulação com enxofre. Com o aparecimento de muitas borrachas sintéticas e de novos sistemas de reticulação, esses termos foram alargados para que passem a ser termos genéricos, pois as borrachas matérias primas podem ser transformadas em elastômero pela vulcanização.

A vulcanização, palavra derivada da mitologia romana (Vulcano, Deus do fogo), é o termo usado para descrever o processo através do qual a borracha reage com enxofre para produzir uma rede de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas. (COSTA; VISCONTE; NUNES, 2003).

A borracha vulcanizada é conduzida pelo estado no qual as propriedades elásticas são conferidas, restabelecidas ou melhoradas. O processo de vulcanização contém vários agentes para efetuar o processo (enxofre, óxidos metálicos, compostos, alguns aceleradores e ativadores).

O processo de vulcanização consiste em unir quimicamente as cadeias poliméricas individuais, por meio das ligações cruzadas, visando à obtenção de uma rede tridimensional elástica que irá exibir as propriedades elastoméricas desejadas no produto final. (GUERRA, FURTADO E COUTINHO, 2004)

O desempenho do material nesta fase do processo é avaliado pelos testes de vulcanização. Embora este processo seja basicamente de natureza química, os testes usados são geralmente baseados em mudanças físicas que ocorrem na borracha. Estas mudanças



geralmente ocorrem em três estágios: período de indução; estágio de cura ou vulcanização; e estágio de reversão ou sobrecura.

Alguns testes físicos são realizados para averiguar se o composto da borracha está dentro dos padrões aceitáveis, são eles: (Composto não vulcanizado: reômetria) e (Composto vulcanizado: dureza, teste de tração e deformação permanente) todos os testes são realizados para garantir qualidade e durabilidade do produto final para os clientes.

## 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os elastômeros são uma classe de polímeros que possuem como principal característica a elasticidade podendo em condições normais, deformar-se e rapidamente voltar ao seu estado inicial, entre eles estão a borracha natural e a borracha sintética. (FOGAÇA, 2016)

A borracha natural é o polímero 2-metil-buta-1,3-dieno, também chamado de isopreno, que é obtido das árvores da seringueira (*Hevea brasiliensis*).

Imitando a natureza os químicos inventaram as borrachas sintéticas, que são formadas por reações de polimerização semelhantes à do poli-isopreno acima, mas que são formadas por outros polímeros diênicos, como o polibutadieno e o policloropreno, ou neopreno.

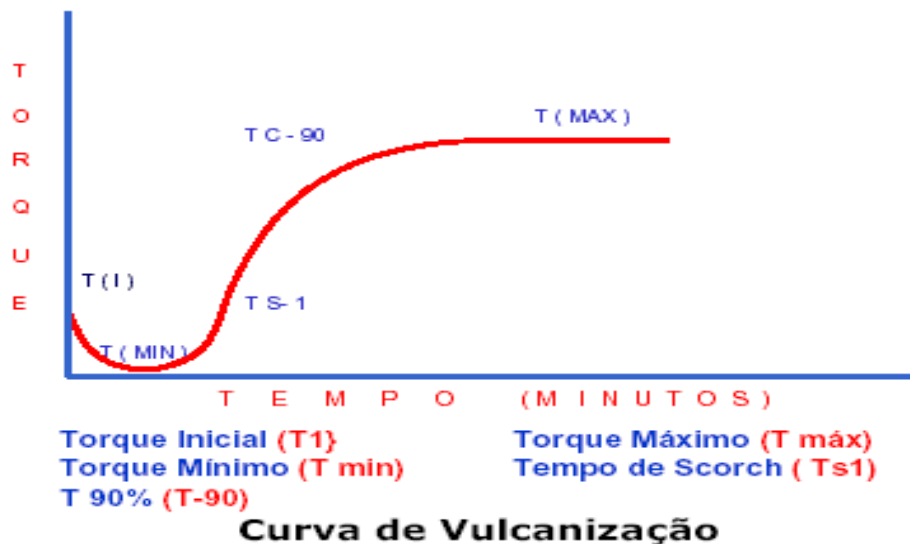
Existem também borrachas sintéticas formadas por copolímeros, como o Buna-S (but-1,3-dieno com o vinilbenzeno em presença de sódio metálico), o Buna-N ou perbunan (but-1,3-dieno com acrilonitrila na presença de sódio metálico) e o ABS (acrilonitrila, estireno e but-1,3-dieno).

## 3- TESTE DE REOMETRIA

O propósito do teste de reometria é prever os parâmetros de processamento de um composto para a medição de suas características de cura.

O reômetro de Disco Oscilante (ODR) é um instrumento usado para medir a viscosidade de um composto de borracha enquanto ela vulcaniza. A amostra de borracha com um rotor na forma de um disco oscilante imerso nesta amostra é confinada em uma cavidade seca enquanto é sujeita a temperatura de vulcanização desejada. O torque requerido para oscilar o rotor é medido. Enquanto acontece a vulcanização, o torque necessário para cisalhar a borracha aumenta e é gerada uma curva de torque versus tempo.

Gráfico 1 : Curva de Vulcanização



Fonte: Empresa do estudo.

**T90:** (tempo ótimo): é o tempo necessário para se atingir 90 % do Torque máximo.

**T(máx) - MH:** torque máximo é quando o composto alcança o módulo, ou seja, quando ele atingiu suas propriedades ideais.

#### 4- DUREZA

A dureza é a propriedade porventura mais utilizada na Indústria da Borracha. Como se trata de uma propriedade muito tangível tornou-se relativamente popular para “definir” as borrachas num passado recente. É uma propriedade importante na generalidade das aplicações. Uma relação de carácter sensitivo e a verdadeira dureza da borracha, medida em unidades Shore A, é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1: Dureza dos compostos conforme “Shore A”**

Dureza (sensitiva)	Dureza Shore A
Muito Macia	Inferior a 40

Macia	40-60
Média	60-75
Dura	75-90
Muito Dura	90-100

Fonte: Empresa do estudo.

A medida da dureza é baseada na penetração de uma esfera rígida num provete normalizado, em condições previamente fixadas, é conhecida a relação entre a profundidade de penetração de uma esfera rígida e o módulo de Young, para um material perfeitamente elástico e isotrópico, sendo:

F – a força de penetração, em Newton;

E<sub>0</sub> – o módulo de Young, em MPa;

R – o raio do penetrador esférico, em mm;

P – a profundidade de penetração, em mm

$$\frac{F}{E_0} = 0,0038 \times R^{0,65} \times P^{1,65}$$

Figura 1: Durômetro Shore A



Fonte: Empresa do estudo

## 5- TENSÃO DE RUPTURA

O material é submetido numa determinada força de tração de um determinado valor, portando o material aumentará progressivamente o comprimento do corpo de prova, em um determinado tempo de ensaio o material se rompe onde a força

correspondente a esse momento é chamada de força de ruptura. Se dividimos esta mesma força pela área da secção submetida a tração obtemos a tensão de ruptura. No momento que o material se rompe, ou seja, parte, ele apresenta uma determinada deformação máxima ou alongamento máximo, onde é chamado deformação de ruptura. (SANTOS, 1999)

O módulo de elasticidade se expressa por unidade de tensão, uma força:

Kgf/cm<sup>2</sup>

N/mm<sup>2</sup>

MPa

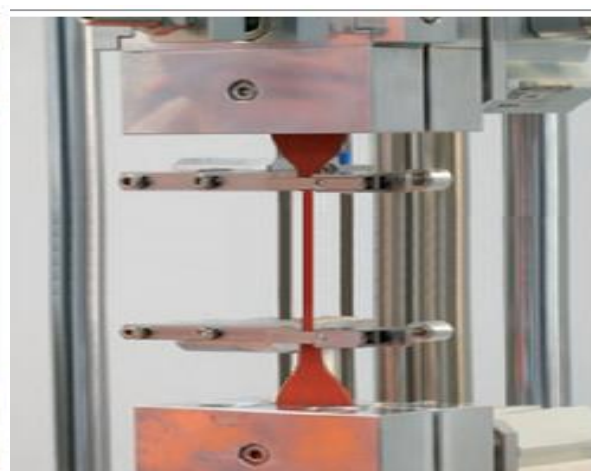
Este teste de alongamento expressa por unidade de percentual, exemplo 550% dizemos que o comprimento inicial aumentou 5,5 vezes.

**Figura 2: Material de ensaio para o teste.**



**Fonte: Empresa do estudo.**

**Figura 3: Teste de Alongamento- Início do ensaio**      **Figura 4: Teste de Alongamento- Ensaio em execução.**



**Fonte: Empresa do estudo**



## 6- DEFORMAÇÃO PERMANENTE POR COMPRESSÃO

A deformação permanente a compressão determina o grau de deformabilidade residual que o material apresenta após ser submetido a uma carga compressiva prolongada, importante propriedade em aplicações industriais. (FAGUNDES, 2012)

A deformação residual em compressão é talvez uma das características técnicas exigidas com maior frequência. Embora o seu valor dependa do polímero base, depende também, em grande extensão, da constituição do composto e muito particularmente do sistema e do estado de vulcanização. Para ficarem com uma ideia do que são valores correntes e valores um tanto críticos de obtenção da deformação residual por compressão, num ensaio de 22 horas a 70°C, podemos dizer que para NR, SBR, NBR e EPDM 25% é um valor corrente e 15% um valor crítico; para CR, 35% será um valor corrente e 20% um valor crítico.

O dispositivo de teste é constituído por duas placas robustas e por quatro parafusos. A existência de três placas permite a criação de dois andares para ensaio. Os parafusos, quando apertados, comprimem os provetes de ensaio, compressão que é limitada pelos anéis ou barras espaçadoras, de espessura o conjunto é então introduzido numa estufa normalizada, a qual deve encontrar-se à temperatura determinada com os requisitos dos clientes (normas), durante o período de tempo estabelecido.

No termino do ensaio, os provetes são removidos do dispositivo e permanecem em arrefecimento e recuperação durante 30 minutos a 1 hora, ao fim deste tempo, é medida a sua espessura e calculada a deformação permanente.

Então definimos:

Deformação permanente em compressão:

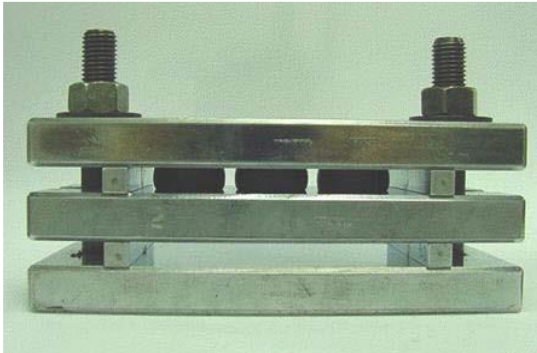
eo = espessura inicial do provete, mm;

ef = espessura final do provete, mm;

en = espessura das barras espaçadoras, mm.

**% = (eo) espessura inicialdo provete – (ef) espessura final do provete) x 100 / (eo – en)**

**Figura 5: Dispositivo de Deformação permanente por compressão.**



Fonte: Empresa do estudo

Fonte: Empresa do estudo

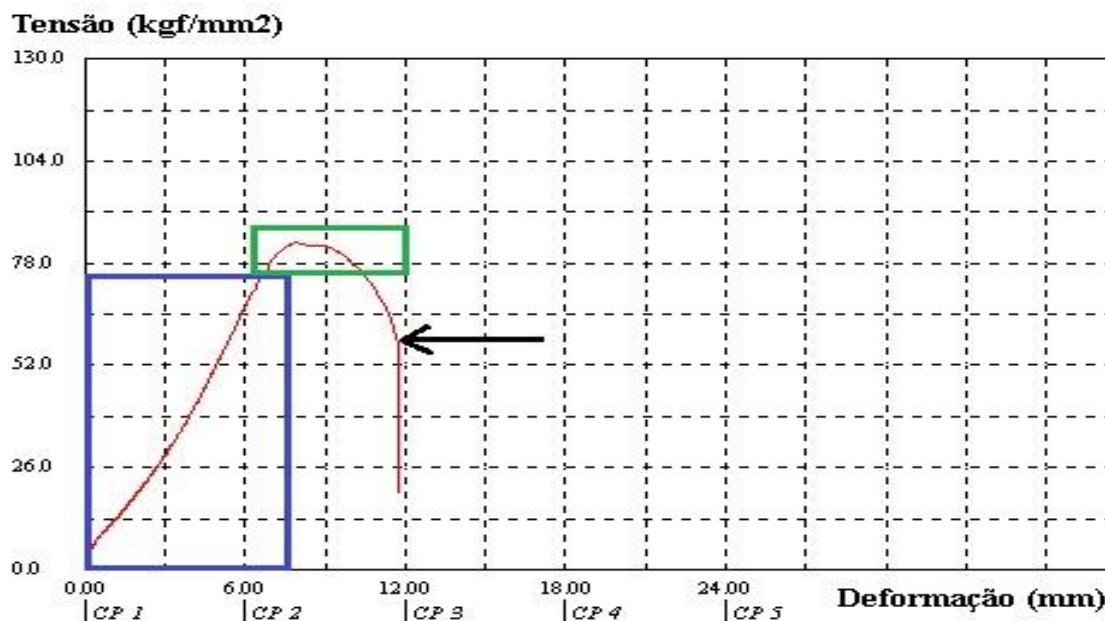
## 7- TESTE DE TRAÇÃO

Em um ensaio de tração, um corpo de prova é submetido a um esforço que tende a alongá-lo ou esticá-lo até a ruptura. Geralmente, o ensaio é realizado num corpo de prova de formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos. Este é fixado em uma máquina de tração sendo está ligada a um dinamômetro ou célula de carga que mede a força aplicada ao corpo de prova, sendo medidas as deformações correspondentes. Os esforços ou cargas são mensurados na própria máquina, e normalmente o ensaio ocorre até a ruptura do material ensaio destrutivo. (RUCKERT, 2014)



**Figura 6: Teste de tração do início do alongamento até o rompimento do material**







**Legenda:**

-  Área de comportamento Elástico
-  Área de comportamento Plástico/Escoamento
-  Ruptura Total do material

Fonte: Empresa do estudo

## 8- RESULTADOS OBTIDOS

Todos os testes aqui apresentados foram coletados amostras do processo de manufatura de artefatos de borracha, e foram seguidos procedimentos e normas de clientes e norma IATF 16949:2016, os resultados foram obtidos com sucesso e dentro dos padrões de tolerância da empresa.

As matérias primas utilizadas foram compostos (EPDM – Estireno Propileno Dieno Monômero) é muito utilizado na fabricação de artefatos de borracha, pois tem excelente resistência à água e boa resistência à baixa temperatura. Também foi utilizado o composto (NR - Borracha Natural) outro composto bem utilizado devido à excelente resiliência, boas propriedades mecânica e resistente a abrasão.

Foram usados também agentes de processo, que serve para o amaciamento do polímero permitindo a lubrificação intermolecular, agentes de proteção (antidegradantes) para proteger a superfície do artefato da luz, oxigênio, calor, frio e umidade, ativadores de



vulcanização (catalisadores) ingredientes que formam complexos químicos possibilitando aumentar a velocidade de reação, agente de vulcanização (enxofre) ingrediente que transforma a consistência plástica em elástica.

Todos os ensaios foram acompanhados pelos inspetores de qualidade juntamente com a Engenheira Química, que é responsável pelos compostos da empresa.

## 9- CONCLUSÃO

O trabalho apresentado mostrou um pouco sobre o polímero elastômero e suas propriedades físicas e químicas e quanto ele é importante para todos nós, pois hoje a borracha se tornou algo indispensável devido as suas inúmeras utilidades para as pessoas, indústrias, veículos, eletrodomésticos e muito mais, pois é um material de alta durabilidade, resistência, flexibilidade e impermeabilidade.

E cada dia mais as indústrias de autopeças e montadoras de veículos estão inovando para a criação de novos componentes e peças que serão utilizados em vários segmentos, por isso é de fundamental importância as análises e testes para garantir que os produtos estejam dentro dos requisitos dos clientes.

Todos os testes que foram apresentados como reometria, dureza, tensão e alongamento, tração e deformação permanente são somente alguns testes utilizados dentro de toda a cadeia produtiva, para garantir um produto de qualidade e confiança.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, H. M.; VISCONTE, L. L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C.R. Aspectos históricos da vulcanização. **Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal**, v.13, n.2, 2003, p.125-129.

FAGUNDES, E. C. M.; JACOBI, M. A. M. TPVs PA/NBR: Sistema de Reticulação e Propriedades, **Polímero**, v. 22, n.2, 2012, p. 206-212.



GUERRA, B. B.; FURTADO, C. R. G.; COUTINHO, F. M. M. **Avaliação reológica de elastômeros e suas composições.** 2004. 14 v. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Instituto de Química do Rio de Janeiro, São Carlos, 2004.

SANTOS, M. A. dos. **Desenvolvimento de compósitos condutores elétricos de borracha natural com composto condutivo.** 1999. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

VIANA, F; Indústria de Autopeças; **Caderno Setorial ETENE**, n.1, 2016, p.01-08.