

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA VARIAÇÃO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE ELASTÔMEROS COM A VELOCIDADE OBTIDAS EM ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO⁽¹⁾

José Leôncio Fonseca de Souza⁽²⁾
Roberto Márcio de Andrade⁽³⁾

Resumo

O Ensaio de Resistência à Tração em Elastômeros é um dos principais ensaios das indústrias do setor de borracha. Regularmente, a norma utilizada em laboratórios de ensaio em polímeros para a obtenção das propriedades de Resistência à Tração em Elastômeros é a ASTM D 412 (1997). De maneira geral, as normas de ensaio de tração em materiais poliméricos fixam uma velocidade que deverá ser utilizada durante o ensaio, conforme as dimensões padronizadas do corpo de prova. Neste trabalho é apresentado um estudo da influência da velocidade nas propriedades mecânicas obtidas no ensaio de resistência à tração em elastômeros. A velocidade do ensaio foi utilizada dentro da faixa de 10 a 500 mm/min. As propriedades mecânicas medidas para tal comparação foram: alongamento, tensão de ruptura, força máxima e módulo de elasticidade. O equipamento utilizado foi a Máquina Universal de Ensaio DL 2000 do Laboratório de Ensaio em Polímeros do Senai Euvaldo Lodi de Contagem, Minas Gerais, Brasil.

Palavras-chave: Elastômeros; Ensaio de tração; Velocidade de ensaio.

⁽¹⁾ Trabalho a ser apresentado no 60º Congresso Anual - ABM - 2005, de 25 a 28 de julho de 2005, local: Minas Centro – Belo Horizonte - MG - Brasil.

⁽²⁾ Engenheiro Mecânico, Mestre, Engenheiro Laboratório de Polímeros do Senai Euvaldo Lodi do SENAI-MG, Doutorando do Programa de Pós-Graduação E Engenharia Mecânica da UFMG.

⁽³⁾ Engenheiro Mecânico, Mestre, Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais.

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de um composto elastomérico segundo Norwalk (1990), envolve a mistura de vários produtos químicos, tais como, elastômero(s), plastificantes, aceleradores, cargas etc. em proporções bem definidas para que a borracha adquira as propriedades físicas e químicas desejadas.

A vulcanização é uma reação química que ocorre em uma dada temperatura e durante um certo tempo para que as cadeias de macromoléculas do composto elastomérico sejam ligadas mediante a presença do enxofre. Dessa forma, o produto final adquire as propriedades físicas pretendidas, tendo por base a formulação química utilizada na mistura do composto elastomérico.

Após a vulcanização das placas, é sempre necessário mantê-las condicionadas à temperatura ambiente por um período não inferior a 16 horas e não superior a 96 horas. Após o período de condicionamento da placa, os corpos de prova são obtidos por meio de dispositivo de corte padronizado com eixo longitudinal paralelo ao sentido de laminação quando da mistura do composto elastomérico. Norwalk (1990) descreve os diversos tipos de compostos elastoméricos e suas aplicações.

As propriedades físicas dos elastômeros dividem-se em propriedades de material não vulcanizado e propriedades de material vulcanizado.

As principais propriedades físicas do material não vulcanizado obtidas através de ensaios normalizados são: plasticidade ou viscosidade, tempo de vulcanização e pegajosidade. Por outro lado, as principais propriedades físicas do material vulcanizado obtidas através de ensaios normalizados são: módulo, tensão de ruptura, alongamento na ruptura, resistência ao rasgamento, histerese, resiliência, resistência à abrasão, resistência à flexão, dureza, inchamento, deformação permanente e resistência ao envelhecimento. Figliola (1995) apresenta várias metodologias de medição de grandezas que podem ser aplicadas na realização desses ensaios.

O ensaio de interesse neste trabalho é de resistência à tração.

A norma ASTM D 412 (1997), descreve os procedimentos para determinar as propriedades de resistência à tração em elastômeros vulcanizados. As propriedades obtidas são:

- Módulo: é o valor da tensão para um determinado alongamento antes da ruptura. O módulo mede a rigidez do elastômero vulcanizado. Os valores do módulo para 100 e 300% de deformação são os mais utilizados na prática.
- Força máxima: é o valor da força de ruptura do corpo de prova.
- Tensão de Ruptura: é a força no momento de ruptura por unidade de área da secção transversal inicial do corpo de prova.
- Alongamento: é o aumento percentual verificado na tração até a ruptura do corpo de prova.

O objetivo deste trabalho, realizado dentro do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFMG, foi analisar experimentalmente a variação nas propriedades mecânicas de elastômeros com a velocidade obtidas em ensaio de resistência à tração, utilizando a Máquina Universal de Ensaios DL 2000 do Laboratório de Ensaios em Polímeros do SENAI-MG.

2 SISTEMA DE MEDIÇÃO

Segundo manual da Emic (1998), a Máquina Universal de Ensaios DL 2000 do Senai-MG, Figura 1, é um equipamento com dispositivo eletro-mecânico destinado à

realização de ensaios de tração e compressão, para uma força máxima de 20.000 N. Sua estrutura é do tipo dupla coluna, projetada para instalação sobre bancada. Os ensaios tanto de tração quanto de compressão são realizados no quadrante inferior, permitindo ao operador uma posição de manuseio bastante confortável.

A faixa de variação de velocidade é bastante ampla, permitindo a realização de ensaios até 500mm/min. Os acessórios para tração e compressão são facilmente manipuláveis, tornando a produtividade nos ensaios bastante satisfatória.

O DL 2000 possui, em sua configuração básica, um medidor de deslocamento embutido, que atua através da medição da rotação de um fuso. Esta configuração permite a medição de cursos até 700mm e pode ser utilizada nos ensaios onde o extensômetro possa ser dispensado. O equipamento possui um extensômetro que permite a medição de cursos até 250 mm. Este acessório mantém uma distância de 1 polegada (25,4 mm) entre os pontos de referência do corpo de prova, sendo dessa forma, possível atender o requisito da norma ASTM D 412 (1997) no que tange ao comprimento útil do corpo de prova para material elastomérico. A medição da carga atuante no corpo de prova é obtida por meio de uma célula de carga de 500 N ou 20.000 N, dependendo da resistência do material. O DL 2000 comunica-se com um PC que utiliza o software MTest para a execução dos ensaios.



Figura 1. Máquina Universal de Ensaio DL 2000.

O dispositivo de corte para obtenção de corpos de prova de borracha é de aço construído segundo as condições descritas na norma ASTM D 412 (1997), Figura 2.

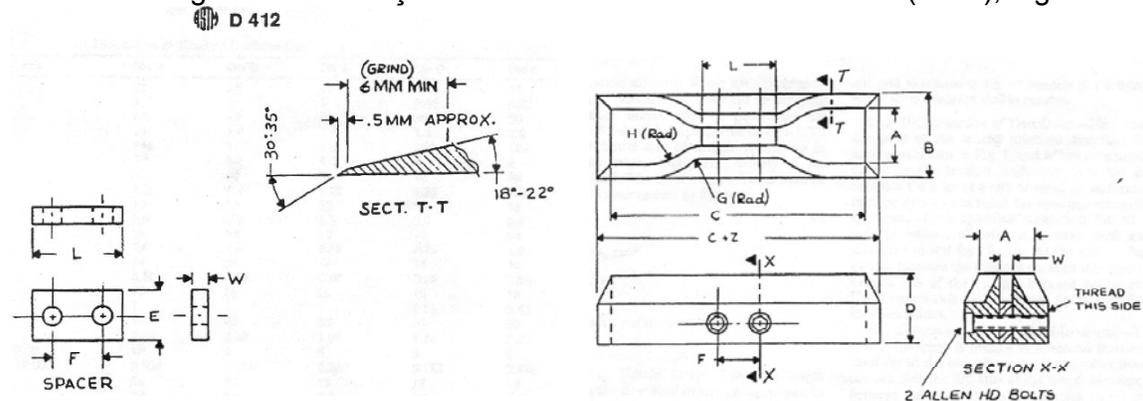


Figura 2. Dispositivo de corte padronizado segundo norma ASTM D 412.

A = 25 mm, B = 40 mm, C = 115 mm, D = 32 mm, D-E = 13 mm,
F = 19mm, G = 14 mm, H = 25 mm, L = 33mm, W = 6 mm e Z = 13 mm

A Figura 3 apresenta a prensa balancin para estampagem de corpos de prova, utilizando o dispositivo de corte padronizado, enquanto a Figura 4 mostra o medidor de espessura utilizado para obter a espessura e a largura do corpo de prova. A distância entre as garras do DL 2000 foi obtida através de uma escala graduada.

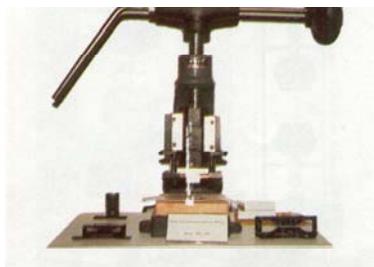


Figura 3. Balancin para corte padronizado.

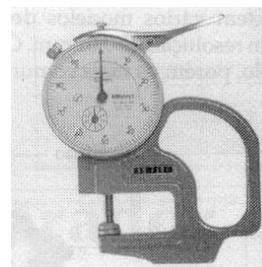


Figura 4. Medidor de Espessura.

3 METODOLOGIA

O material utilizado para o desenvolvimento do estudo foi uma mistura de borracha natural com SBR cedido cordialmente pela Vulcaflex Indústria e Comércio Ltda localizada na cidade de Uberlândia-MG.

Seguindo as exigências da norma NBR ISO/IEC 17025 (2001) e as orientações contidas na norma ASTM-D412 (1997), é descrito abaixo as principais etapas do ensaio de resistência à tração em elastômeros.

3.1 Preparação dos corpos de prova

A massa não vulcanizada do composto elastomérico foi colocada em uma matriz de seção retangular com dimensões de (150×150) mm por (2,0±0,5) mm de espessura e prensada na prensa de vulcanização do Laboratório de Ensaio em Polímeros do SENAI-MG.

3.2 Metodologia de Ensaio

As grandezas físicas medidas foram alongamento, tensão de ruptura, força máxima e módulo. O número de corpos de prova da amostra utilizados foram dez. A seqüência do ensaio adotada encontra-se detalhada a seguir.

- Identificação de cada corpo de prova, indicando a velocidade na qual o ensaio foi realizado.
- Correto posicionamento do corpo de prova entre as garras do DL 2000, de tal modo que o mesmo fique alinhado com a direção de aplicação da carga.
- Determinação das posições inicial e final da base da garra superior do DL 2000, utilizando os comandos do painel manual do equipamento.
- Posicionamento do extensômetro na região útil do corpo de prova.
- Medição da espessura de cada corpo de prova, efetuadas ao longo do comprimento útil, utilizando o medidor de espessura mostrado na Figura 4. A medida da largura do corpo de prova foi considerada constante, devido a

pequena variação nas medições. O valor utilizado foi de 6,0 mm, pois depende da geometria do dispositivo de corte utilizado.

- Na conexão do DL 2000 ao PC através do software Mtest, foi selecionado o método de tração em elastômeros, que apresenta quase todos os parâmetros necessários ao ensaio. As velocidades de ensaio utilizadas foram: 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400 e 500 mm/min.
- Entrada da medida da largura, espessura e comprimento inicial do corpo de prova na caixa de entrada de dados do Mtest.
- O valor de cada propriedade física foi gerado em um relatório de ensaio de tração emitido pelo software Mtest.

4 RESULTADOS

Com os resultados experimentais coletados, foram obtidos os gráficos das propriedades mecânicas em função da velocidade de ensaio, mostradas nas Figuras de 5 a 9.

A Figura 5 mostra os resultados obtidos no ensaio de tração para a propriedade alongamento. Para baixas velocidades a maior variação entre 10 e 50 mm/min foi de 106,7 %. A maior variação entre 50 e 300 mm/min foi de 97,5%. Finalmente, a maior variação entre 10 e 300 mm/min foi de 202,6 %.

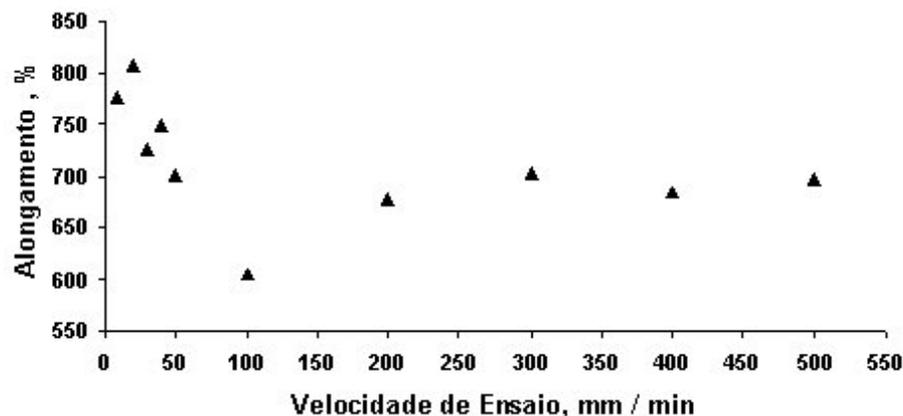


Figura 5 – Variação do Alongamento com a Velocidade

A Figura 6 mostra os resultados obtidos no ensaio de tração para a propriedade módulo 100%. Para baixas velocidades a maior variação entre 10 e 50 mm/min foi de 0,059 MPa. A maior variação entre 50 e 300 mm/min foi de 0,173 MPa. Finalmente, a maior variação entre 10 e 300 mm/min foi de 0,210 MPa.

A Figura 7 mostra os resultados obtidos no ensaio de tração para a propriedade módulo 300%. Para baixas velocidades a maior variação entre 10 e 50 mm/min foi de 0,189 MPa. A maior variação entre 50 e 300 mm/min foi de 0,605 MPa. Finalmente, a maior variação entre 10 e 300 mm/min foi de 0,768 MPa.

A Figura 8 mostra os resultados obtidos no ensaio de tração para a propriedade tensão de ruptura. Para baixas velocidades a maior variação entre 10 e 50 mm/min foi de 1,82 MPa. A maior variação entre 50 e 300 mm/min foi de 5,56 MPa. Finalmente, a maior variação entre 10 e 300 mm/min foi de 5,91 MPa.

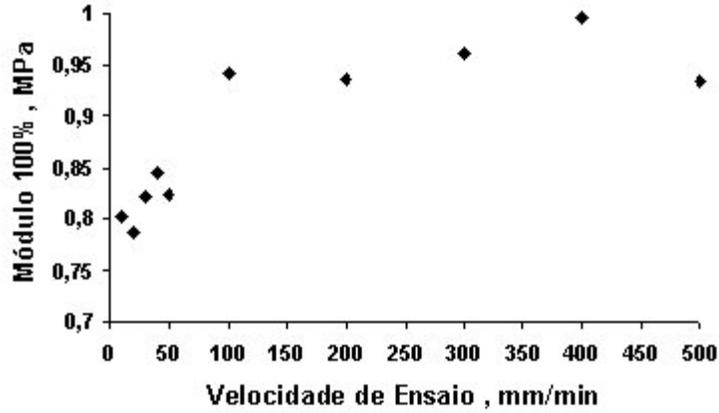


Figura 6 – Variação do Módulo 100% com a Velocidade

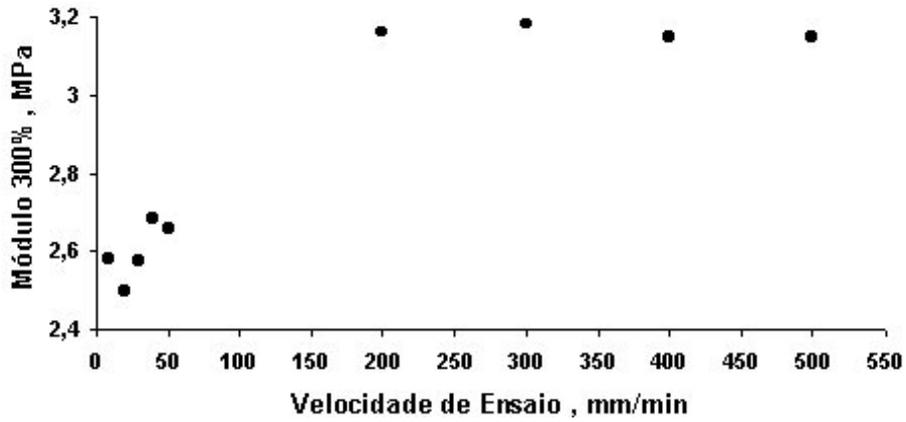


Figura 7 – Variação do Módulo 300% com a Velocidade

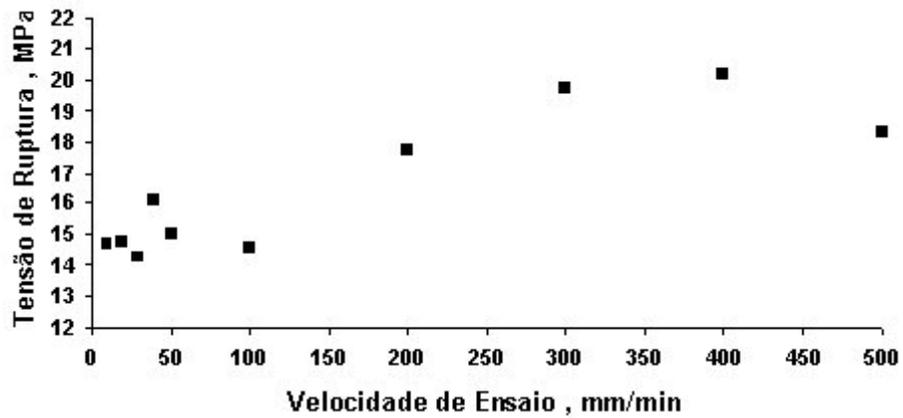


Figura 8 – Variação da Tensão de Ruptura com a Velocidade

A Figura 9 mostra os resultados obtidos no ensaio de tração para a propriedade força máxima. Para baixas velocidades a maior variação entre 10 e 50 mm/min foi de 22,6 N. A maior variação entre 50 e 300 mm/min foi de 66,3 N. Finalmente, a maior variação entre 10 e 300 mm/min foi de 75,5 N.

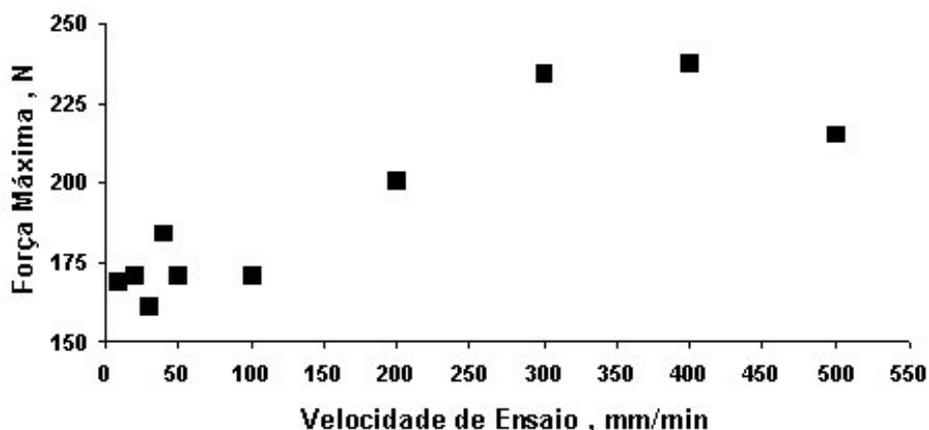


Figura 9 – Variação da Força Máxima com a Velocidade

5 CONCLUSÕES

Este artigo apresenta uma análise experimental da variação nas propriedades mecânicas de elastômeros com a velocidade obtidas em ensaio de resistência à tração. A velocidade do ensaio foi utilizada dentro da faixa de 10 a 500 mm/min. O equipamento utilizado foi a Máquina Universal de Ensaio DL 2000 do Laboratório de Ensaio em Polímeros do Senai Eivaldo Lodi de Contagem, Minas Gerais, Brasil. As propriedades mecânicas analisadas foram alongamento, tensão de ruptura, força máxima e módulo de elasticidade.

Da análise dos resultados pode-se concluir que a maior variação nos valores do alongamento ocorreu para baixas velocidades, ou seja, 10 a 50 mm/min. O menor valor da propriedade foi obtido para uma velocidade de 100 mm/min. Velocidades superiores a 200 mm/min tiveram pouca influência no alongamento.

O módulo 100% para baixas velocidades apresentou pequena variação comparado com velocidades superiores a 100 mm/min. O maior valor da propriedade foi obtido para uma velocidade de 450 mm/min. O módulo 300% mostrou-se mais homogêneo comparado com o módulo a 100%. Novamente para baixas velocidades a propriedade sofreu pequena variação e para velocidades superiores a 100 mm/min a influência foi mínima.

A maior influência da velocidade de ensaio ocorreu nas propriedades força máxima e da tensão de ruptura. Como a tensão de ruptura é igual ao valor da força máxima por unidade de área, era de se esperar que os gráficos destas propriedades tivessem o mesmo comportamento. Como no ensaio de tração a velocidade é normalmente de 500 mm/min, baixas velocidades, entre 10 a 50 mm/min, aumentam sensivelmente o alongamento. Por outro lado, baixas velocidades diminuem o módulo 100 e 300%, a força máxima e a tensão de ruptura.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Ensaio em Polímeros do Senai Euvaldo Lodi e à Vulcaflex Ind. Com. Ltda de Uberlândia-MG, pela disponibilização da infra-estrutura necessária à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração, NBR ISO/IEC 17025, 2001.
2. ASTM D 412, Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers – Tension, 1997.
3. EMIC, Manual de Operação do Dinamômetro DL 2000, 1998.
4. Figliola R. S. and Beasley D. E., Theory and Design for Mechanical Measurements, Ed. John Wiley & Sons Inc , New York, 1995.
5. Norwalk, R.T. Vanderbilt Company, The Vanderbilt Rubber Handbook, 13 ed, 820p. II, 1990.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE VARIATION IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE ELASTOMERS WITH THE SPEED OBTAINED IN TENSILE TEST. ⁽¹⁾

*José Leôncio Fonseca de Souza ⁽²⁾
Roberto Márcio de Andrade ⁽³⁾*

Abstract

Tensile tests on elastomeric materials have lately been one of the main services contracted by the rubber industrial sector in Brazil. The norm ASTM D 412 is the norm used usually at the Testing Laboratory of Polymers for the obtaining of the properties of Resistance to the Traction in Elastomers. In a general way, the norms of the tensile tests in polymeric materials fasten a velocity that should be used during the testing, according to the standardized dimensions of the proof body. The present work presents a experimental analysis of the variation in the mechanical properties of the elastomers with the speed obtained in tensile test. The speed of the testing was used inside of the strip from 10 to 500 mm/min, and the measured mechanical properties for such a comparison were: elongation, rupture tension, forces maximum and elasticity modulus. The used equipment was the Universal Testing Machine of DL 2000 at the Testing Laboratory of Polymers at SENAI Euvaldo Lodi, city of Contagem, Minas Gerais state, Brazil.

Key-words: Elastomeric materials; Tensile tests; Velocity of test.

⁽¹⁾Paper present to 60th Annual Congress - ABM - 2005 , 25 to 28 of July of 2005, Minas Centro – Belo Horizonte - MG - Brazil.

⁽²⁾ Mechanical Engineer, M. Sc., Engineer of de elastomeric materials Laboratory of Senai Euvaldo Lodi of SENAI-MG, Doctor student of Mechanical Engineering Department of UFMG.

⁽³⁾ Mechanical Engineer, M. Sc., Dr., Professor of Mechanical Engineering Department of UFMG.