

CARACTERIZAÇÃO DE UM ELASTÔMERO MAGNETO-REOLÓGICO COMPOSTO DE SILICONE E FERRO CARBONILA

Fukushima, Jeferson Camargo, jefersonfukushima@dem.feis.unesp.br¹

Paschoaline, Amarildo Tabone, tabone@dem.feis.unesp.br¹

Belucci, Felipe Silva, bellucci@dem.feis.unesp.br²

Almeida, Fabricio César Lobato de, fabricio.lobato@yahoo.com.br³

Obata, Daniel Henrique de Sousa, danielobata@gmail.com¹

¹Departamento de Engenharia Mecânica, UNESP Ilha Solteira, Ilha Solteira (SP), Brasil

²Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações, Brasília (DF), Brasil

³Departamento de Engenharia de Biossistemas, UNESP Tupã (SP), Brasil

Resumo: O presente trabalho apresenta um estudo de uma classe de materiais chamado de Elastômeros Magneto-Reológicos (MRE – Magneto-Rheological Elastomers), com foco principal em sua resposta mecânico-magnética, onde as propriedades das micropartículas de Ferro Carbonila funcionalizaram a borracha de silicone. As amostras foram preparadas a partir da dispersão de partículas de Ferro Carbonila em borracha de silicone, sendo que, a vulcanização do material aconteceu por meio de um catalisador, sendo realizados ensaios do tipo cisalhamento. Foram realizados ensaios experimentais de cisalhamento em que as amostras foram organizadas na forma de “sanduiche” formado por Latão/MRE/Latão/MRE/Latão e acopladas à máquina de ensaio universal entre ímãs permanentes, no qual se analisou a relação tensão-deformação de várias amostras com concentrações de 18%, 33% e 48% em volume de Ferro Carbonila, com e sem campo magnético. Os resultados apontam para a possibilidade de utilização do MRE em sistemas como absorvedores dinâmicos de vibrações sintonizáveis uma vez que os resultados obtidos apresentam até 50% de variação da rigidez entre o sistema com e sem campo magnético.

Palavras-chave: Elastômero Magneto-Reológico, Campo Magnético, Borracha de Silicone, Partículas Ferro Carbonila.

1. INTRODUÇÃO

Apresentaremos um estudo sobre o acoplamento entre os campos mecânico e magnético, explorando a principal característica dos Elastômeros Magneto-Reológicos, onde, uma mudança no campo magnético causa uma mudança no comportamento mecânico (OLABI, 2008). Utilizou-se um aparato experimental desenvolvido para realizar o ensaio estático do absorvedor a base de borracha de silicone com partículas ferromagnéticas de ferro carbonila.

A primeira aplicação de dispositivos para suprimir vibrações foi desenvolvida por Frahm (1911). Durante anos, vários tipos de neutralizadores e modelos matemáticos foram desenvolvidos para prever o seu comportamento, sendo que os neutralizadores de vibração são dispositivos projetados e acoplados à uma estrutura, para que este vibre em lugar da estrutura.

São inúmeras as vantagens de se ter um absorvedor dinâmico modulável como, por exemplo, conseguir manter a estabilidade mesmo com a variação da massa de desbalanceamento, também apresenta a grande vantagem de atuar em uma faixa de frequências, e não apenas em uma única frequência. São por isto, muito eficazes tanto em aplicações onde a excitação é bem definida e constante (oriunda de uma máquina, por exemplo) como naquelas em que a excitação é variável e imprevisível, como no caso de vento ou da movimentação do público em um estádio. Dentro desta proposta podemos imaginar inúmeros casos, na área automobilística, aeronáutica, aeroespacial e muitas outras.

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento do processo de confecção de um Elastômero Magneto-Reológico a base de borracha de silicone e partículas de ferro carbonila para aplicações em absorvedores de vibração mecânica. Em paralelo ao processo confecção será efetuada a caracterização das propriedades mecânicas do elastômero desenvolvido realizando ensaios de cisalhamento para verificar a alteração de rigidez com a aplicação de campo magnético.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE MRE

As amostras foram preparadas com concentrações específicas, a fim de se investigar a ação da concentração na alteração do módulo de elasticidade do MRE na presença de campo magnético. A composição de cada amostra é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração das amostras de MRE.

Nome da Amostra	Estimativa de Componentes das Amostras					
	Ferro Carbonila – Fe (7,86 g/cm ³)			Silicone – Si (1,2g/cm ³)		
	Fração Si (%v/v)	Massa Si (g)	Fração Fe (%v/v)	Massa Fe (g)	Massa da amostra (g)	Volume da amostra (cm ³)
SiFe00	100	1,00	0	0	1,0	0,83
SiFe18	82	1,10	18	1,58	2,7	1,12
SiFe33	67	0,90	33	2,90	3,8	1,12
SiFe48	52	0,70	48	4,23	4,9	1,12
Total	-	3,70	-	8,72	-	-

O MRE foi fabricado utilizando a borracha de silicone como ligante e o ferro carbonila como partícula, misturados manualmente por 3 minutos a temperatura ambiente, posteriormente, a mistura foi colocada no molde de 13,5x13,5x4 mm de alumínio (Figura 1). Desta forma foram confeccionadas amostras com diferentes concentrações (Tabela 1).

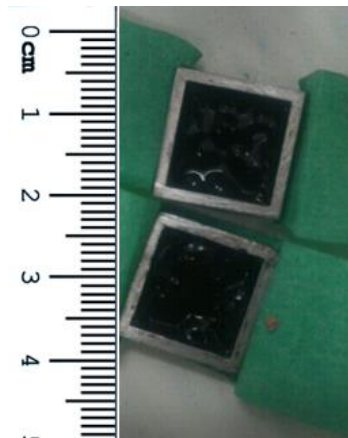


Figura 1 – Gabaritos confeccionados em alumínio e preenchidos com a mistura de silicone e ferro carbonila.

Para determinar o melhor tipo de material para construir o dispositivo de ensaio de cisalhamento para o ensaio de cisalhamento das amostras de MRE, foi realizada uma análise computacional do campo magnético. Foram realizadas simulações computacionais utilizando o software comercial COMSOL V.4.3 em dois tipos de dispositivo de ensaio de cisalhamento com dimensões idênticas e materiais diferentes: aço e latão, figura 2 e figura 3.

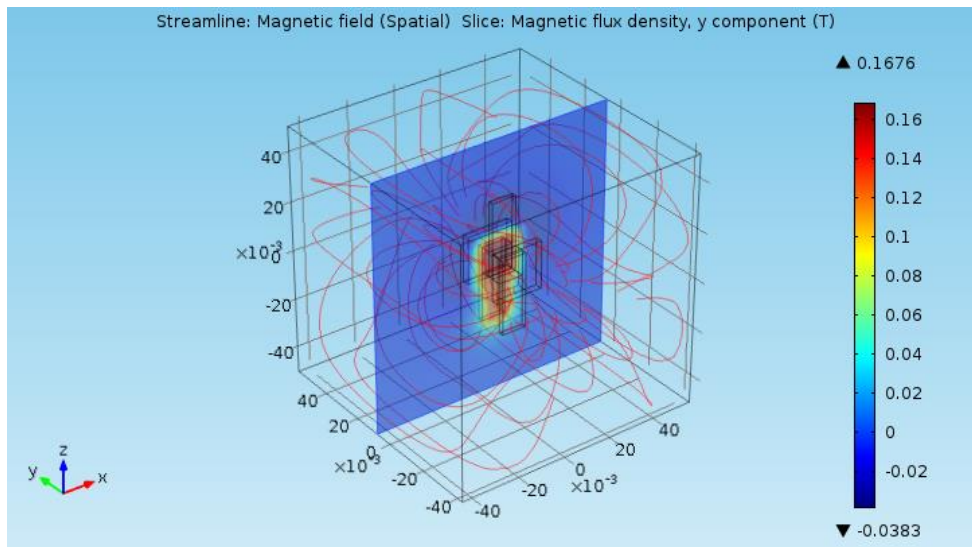


Figura 2 - Distribuição do campo magnético no dispositivo de ensaio de cisalhamento com barras de aço.

Observa-se que ao utilizar as barras de aço obtém-se um fluxo magnético na região do MRE com menor intensidade (máximo de 0,1676 Tesla) e mais disperso.

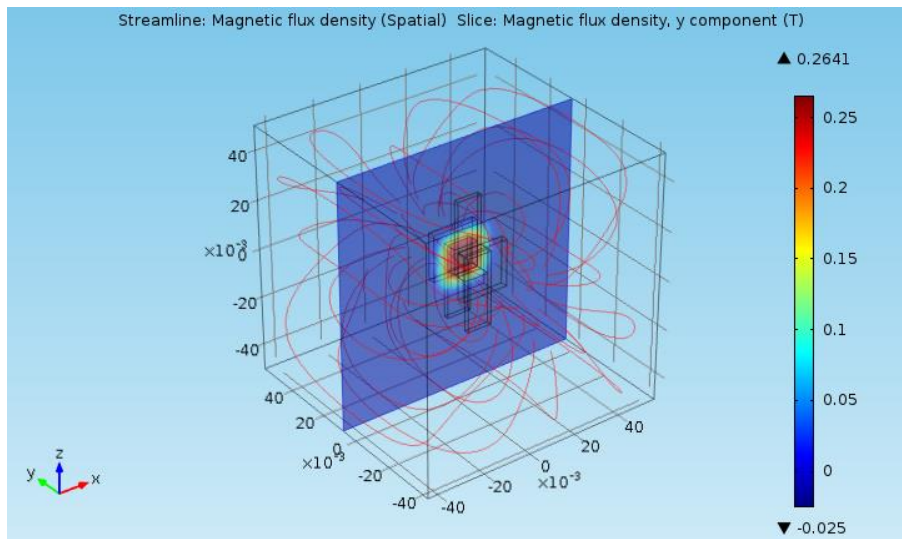


Figura 3 - Distribuição do campo magnético no dispositivo de ensaio de cisalhamento com barras de latão.

Ao utilizar as placas de latão, o fluxo magnético no MRE é mais intenso (máximo de 0,2641 Tesla) e concentrado. Como objetivo era obter o fluxo magnético mais intenso e mais concentrado possível as barras de latão foram selecionadas para confecção dos corpos de prova.

Para o ensaio de cisalhamento foram utilizados dispositivos de ensaio de cisalhamento confeccionados com uma haste superior de latão (100x20x3 mm), duas hastes inferiores de latão (110x20x4 mm) e duas amostras de MRE (13,5x13,5x4 mm). As dimensões em mm do dispositivo são mostradas na figura 4. Para a colagem do MRE nas barras de latão foi utilizado o adesivo instantâneo universal à base de cianoacrilato de etila.

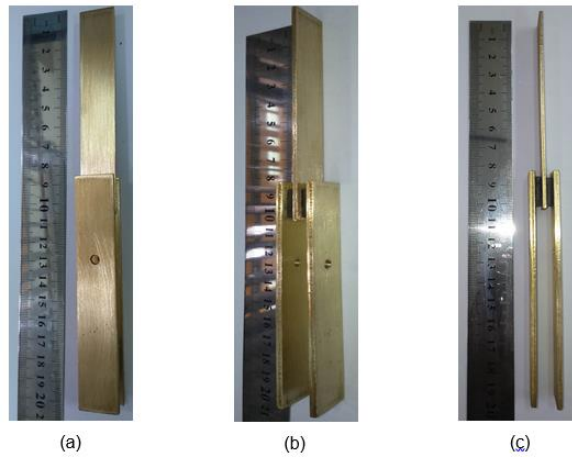


Figura 4 - Dispositivo de ensaio onde a amostra MRE será colada.

Como a finalidade do dispositivo experimental era a obtenção de um campo magnético uniforme e também de elevada magnitude, STENBERG (2004), optou-se por confeccionar um dispositivo em forma de H (dupla ferradura) com dois ímãs permanentes de neodímio (onde cada ímã individualmente possui um campo aproximado de 0,5 Tesla), no centro, conforme fotografias mostradas na figura 5. Os ímãs de neodímio selecionados tem dimensões 50,8x50,8x50,8 mm e grade magnética N52 (ao final o campo máximo obtido no dispositivo H, é de 1 T).

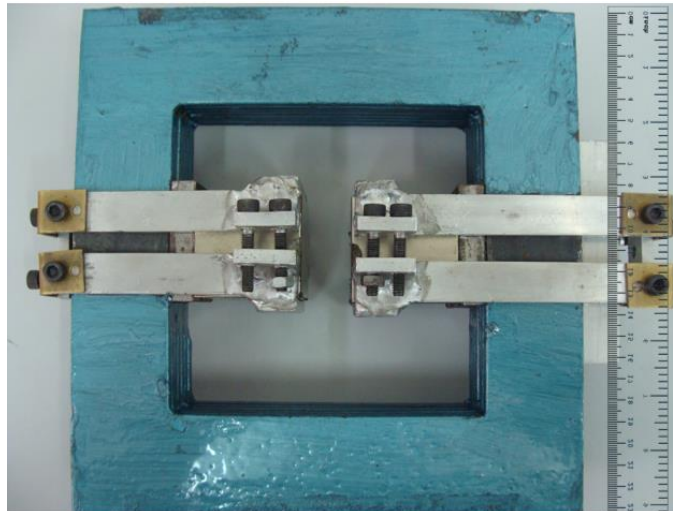


Figura 5 – Gerador de campo magnético de até 1 Tesla.

Para o ensaio de cisalhamento foi utilizada a Máquina Universal Eletrônica de Ensaio Modelo WDW-100E da fabricante TIME GROUP INC figura 6, do Laboratório de Mecânica da ETEC de Ilha Solteira (célula de carga de 1000N).

Na máquina de ensaio foi montado o dispositivo gerador de campo magnético com ímãs permanentes e acoplado o dispositivo de ensaio de cisalhamento com hastes de latão contendo as amostras de MRE.

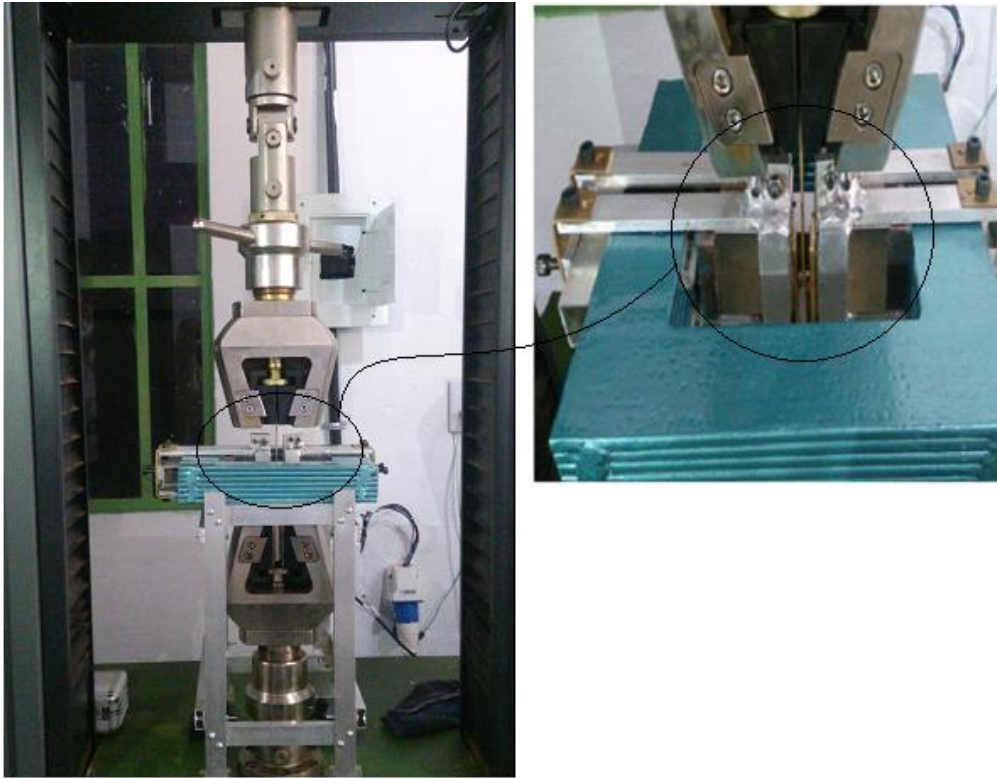


Figura 6 - Ensaio de cisalhamento na amostra de MRE com campo magnético.

3. Resultado e Discussão

3.1. Dispositivo com haste de latão (DHL)

Nas Figura , 7 e 8 são mostrados os resultados do ensaio de cisalhamento utilizando o dispositivo com hastes de latão (DHL) para as amostras de MRE SiFe18, SiFe33 e SiFe48, respectivamente.

Ensaio de Cisalhamento 18%

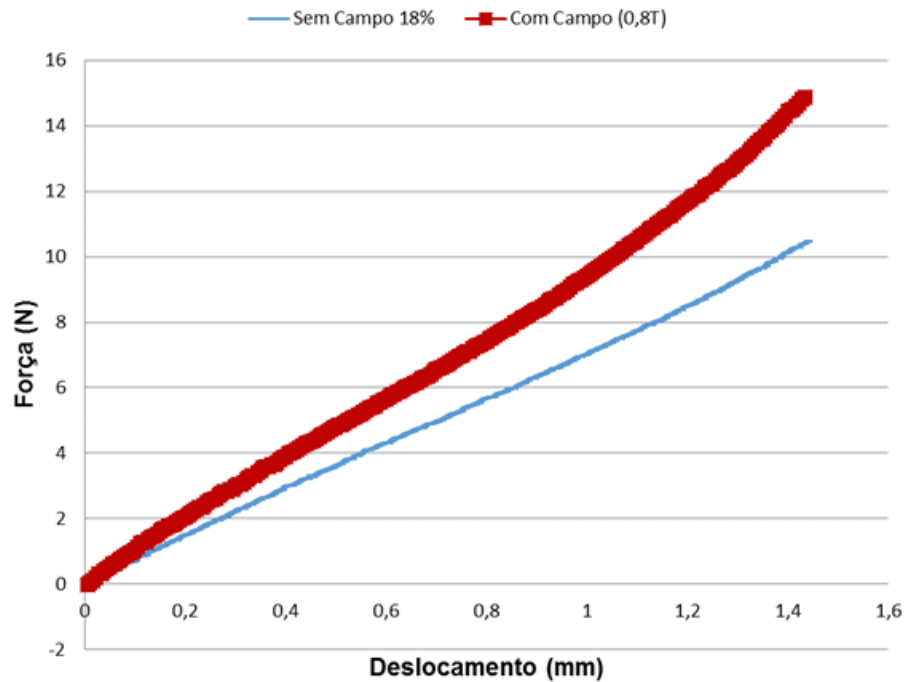


Figura 7 – Curvas Força x Deslocamento (MRE SiFe18 / DHL).

Observa-se na Figura 8 que a ação do campo magnético na amostra de MRE SiFe18 apresentou necessidade de mais força para executar o mesmo deslocamento do que a amostra sem campo, sendo assim, houve ganho na rigidez de aproximadamente 34,20% ($\pm 5,34$).

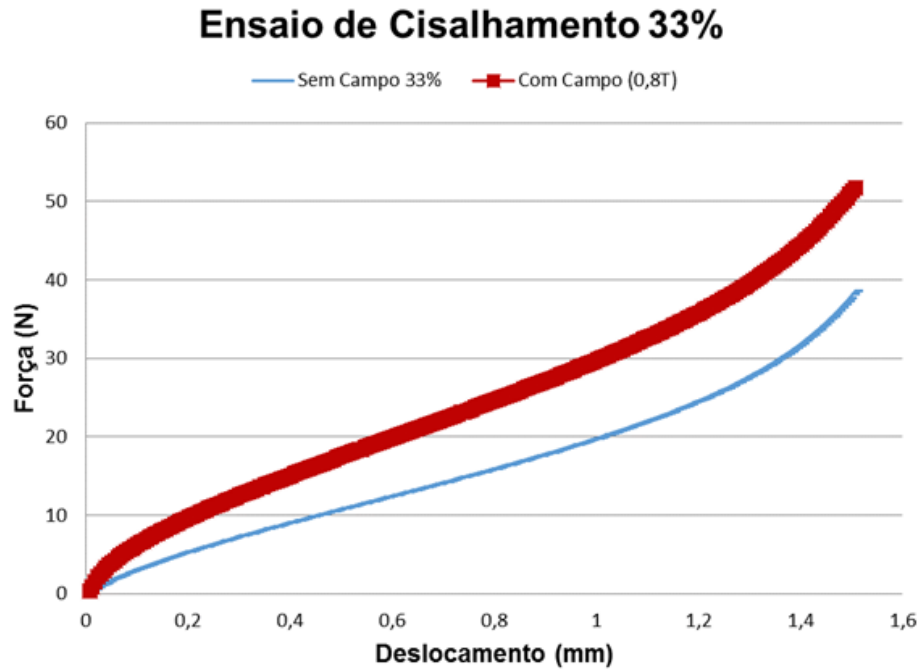


Figura 8 – Curvas Força x Deslocamento (MRE SiFe33 / DHL).

Observa-se na Figura 9 que a ação do campo magnético na amostra de MRE SiFe33 apresentou necessidade de mais força para executar o mesmo deslocamento do que a amostra sem campo, sendo assim, houve ganho na rigidez de aproximadamente 54,70% ($\pm 11,77$). Nota-se também que esse aumento da rigidez é maior na amostra MRE SiFe33 se comparada com a SiFe18.

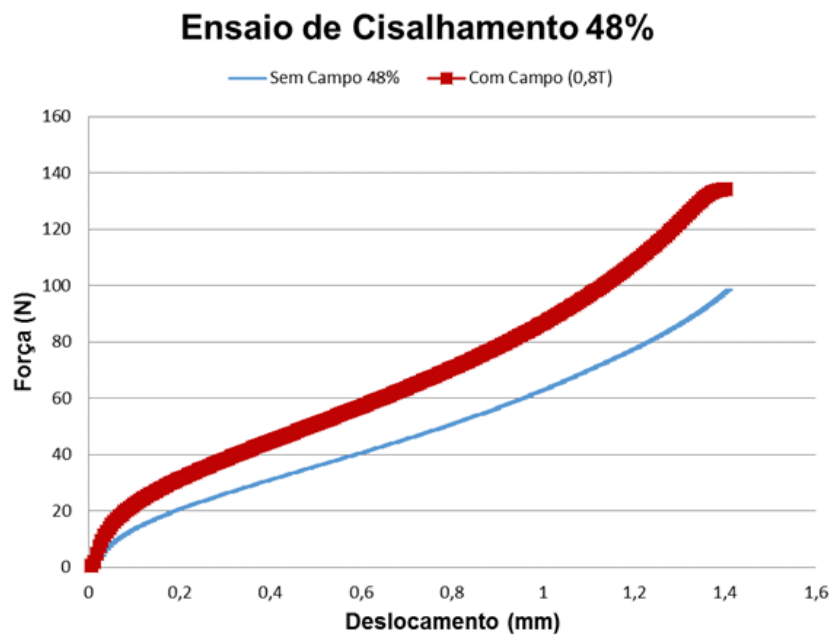


Figura 9 – Curvas Força x Deslocamento (MRE SiFe48 / DHL).

Observa-se na Figura 9 que a ação do campo magnético na amostra de MRE SiFe48 apresentou necessidade de mais força para executar o mesmo deslocamento do que a amostra sem campo, sendo assim, houve ganho na rigidez de aproximadamente 41,96% ($\pm 7,74$). Nota-se também que esse aumento da rigidez é menor que na amostra MRE SiFe33 e maior que na amostra SiFe18.

A Figura apresenta um gráfico demonstrativo da porcentagem de ganho de rigidez para as amostras MRE SiFe18, SiFe33 e SiFe48, obtidos a partir das Curvas Força x Deslocamento mostradas nas Figuras 7, 8 e 9. Observa-se nitidamente que amostra MRE SiFe33 apresenta os melhores resultados considerando o ganho de rigidez com campo magnético, figura 10.

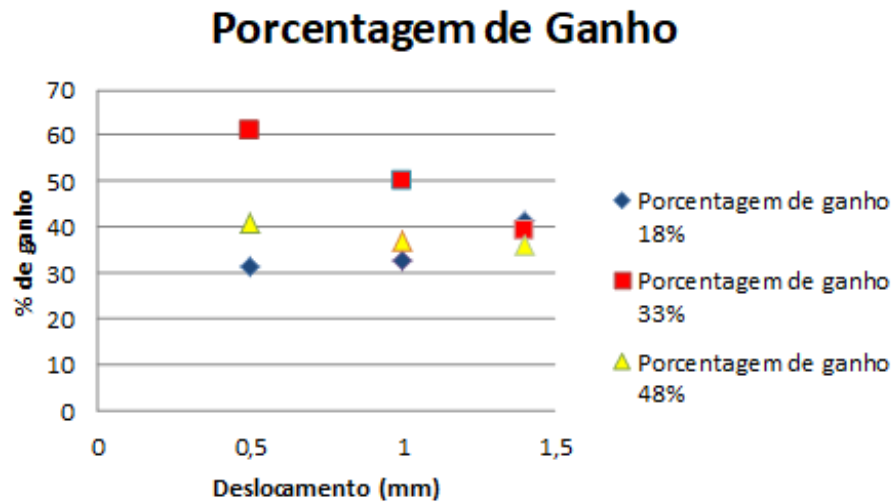


Figura 10 – Gráfico demonstrativo da porcentagem de ganho em relação a alguns pontos de deslocamento.

4. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi mostrar a influência do campo magnético em alterar a rigidez da amostra, onde foi comprovado através dos ensaios experimentais, as amostras de Ferro Carbonila / Silicone mostraram o potencial para uma aplicação imediata, assim aplicamos concentrações diferentes de Ferro Carbonila e silicone para conseguir diferentes respostas do sistema, observamos que as alterações de concentração assim como orientação do campo magnético geram respostas diferentes.

Visto que o elastômero de silicone, apresentou um resultado expressivo, ficando na média de 50% de alteração entre sem campo e com campo, apresentamos o potencial do MRE, para a utilização em absorvedores de vibrações.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Ensino e Pesquisa de Ilha Solteira, FEPISA, pela ajuda, ao Laboratório de Simulação Numérica LabSin ao apoio durante a pesquisa e desenvolvimento do trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- STENBERG, B., Lokander, M., Reitberger, T., 2004, “Magnetorheological elastomers – possibilities and limitations”. Annual transactions of the Nordic Rheology Society, vol. 12.
- FRAHM, H., 1911, “Device for damping vibrations of bodies”. U.S. Patent No. 989.
- OLABI, A. G. & Grunwald, A. 2008, “Design and Application of Magnetostrictive Materials”, Materials & Design, v. 29, no 2, pp. 469-483.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos neste trabalho

CHARACTERIZATION OF A RHEOLOGICAL MAGNETIC ELASTOMER COMPOSED OF SILICON AND IRON CARBON

Fukushima, Jeferson Camargo, jefersonfukushima@dem.feis.unesp.br ¹

Paschoaline, Amarildo Tabone, tabone@dem.feis.unesp.br ¹

Belucci, Felipe Silva, bellucci@dem.feis.unesp.br ²

Almeida, Fabricio César Lobato de, fabricio.lobato@yahoo.com.br ³

Obata, Daniel Henrique de Sousa, danielobata@gmail.com ¹

¹Mechanical Engineering Department, UNESP Ilha Solteira, Ilha Solteira (SP), Brasil

²Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications, Brasília (DF), Brasil

³Biosystems Engineering Department, UNESP Tupã (SP), Brasil

Abstract. *The work presents a study of a class of materials called Magneto Rheological Elastomers (MRE), with a main focus on its mechanical magnetic response, where the properties of the microparticles of Iron Carbonyl functionalized the silicone rubber. The samples were prepared from the dispersion particles of Iron Carbonyl in silicone rubber, and the vulcanization of the material happened by means of a catalyst, being shear type tests were performed. Experimental shear tests were carried out in which the samples were organized in the form of "sandwich" formed by Brass / MRE / Brass / MRE / Brass and coupled to the universal test machine between permanent magnets, in which the stress strain samples with concentrations of 18%, 33% and 48% by volume of Iron Carbonyl, with and without magnetic field. The results point to the possibility of using the MRE in systems as dynamic absorbers of tunable vibrations since the obtained results show up to 50% of the stiffness variation between the system with and without magnetic field.*

Keywords: *Rheological Magneto Elastomer, Magnetic Field, Silicone Rubber, Iron Carbonyl, Iron Particulates.*