

BANCADA EXPERIMENTAL PARA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE AMORTECEDORES MAGNETO-REOLÓGICOS

Alexandre Silva de Lima, alima@cefet-rj.br¹

Max Suell Dutra, max@mecanica.coppe.ufrj.br²

Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto, fcpinto@mecanica.coppe.ufrj.br²

Armando Carlos de Pina Filho, armando@poli.ufrj.br²

¹CEFET-RJ

²COPPE/UFRJ

Resumo: A metodologia dos ensaios experimentais do amortecedor magneto-reológico (MR) é impor diferentes deslocamentos quando este é submetido a diferentes valores de tensão, resultando em diferentes intensidades do campo magnético. Esses diferentes deslocamentos impostos são obtidos através do sinal senoidal de excitação na extremidade do amortecedor. Esta excitação senoidal pode ser obtida através de três meios principais: um excitador de força eletro-mecânico, uma máquina de ensaios cíclicos e um atuador hidráulico. Através dos valores obtidos são gerados gráficos com a finalidade de levantar os parâmetros do amortecedor MR, com o propósito de aplicá-los na sua modelagem matemática. Neste trabalho é apresentada a construção de uma bancada hidráulica para a modelagem experimental do amortecedor MR, baseado no movimento de um atuador hidráulico do tipo cilindro de dupla ação, controlado através do computador. Através desse ensaio serão formulados gráficos de comportamento do amortecedor MR.

Palavras-chave: amortecedor magneto-reológico, modelagem experimental, atuador hidráulico, sinal senoidal.

1. INTRODUÇÃO

Desde o final do século passado, uma tecnologia que vem recebendo muita atenção entre os pesquisadores de controle de vibrações é o uso de amortecedores com fluidos inteligentes: os fluidos magneto-reológico (MR). Esses fluidos foram desenvolvidos na década de 1940, respectivamente por Winslow, 1947, e Rainbow, 1948.

Os amortecedores que utilizam esses fluidos se assemelham ao amortecedor tradicional a não ser pelo fato de que no interior do cilindro do amortecedor existe um fluido especial que contém minúsculas partículas que podem ser polarizadas. Com essa polarização, a viscosidade do fluido é modificada lentamente, transformando o fluido do estado líquido para um estado semi-sólido e vice-versa. Isto é realizado ajustando o valor do campo magnético produzido pelas espiras da bobina ao redor do pistão do amortecedor. A estrutura interna de um amortecedor MR é mostrada na Fig (1).

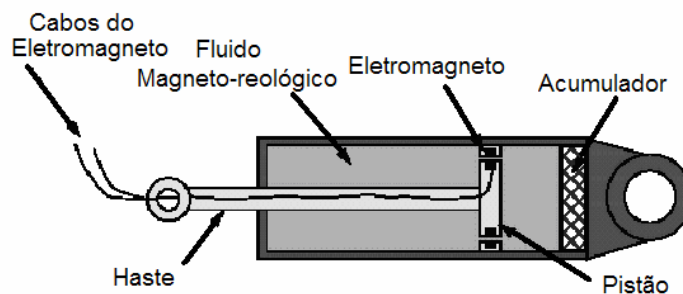


Figura 1. Esquema do amortecedor magneto-reológico (Spencer et al, 1996).

Quando nenhuma corrente é alimentada no eletromagneto, o amortecedor MR tem seu comportamento semelhante a um amortecedor tradicional. Por outro lado, quando a corrente é enviada ao eletromagneto, o fluido passa a ter uma maior viscosidade e conseqüentemente maiores forças amortecedoras.

Os amortecedores MRs são aplicados em diversas áreas: realimentação tátil, suspensão automotiva, assentos de veículos pesados, amortecedores sísmicos e em próteses transfemorais.

2. BANCADA EXPERIMENTAL

Esta seção apresenta a bancada experimental que foi montada para realizar ensaios neste tipo de amortecedor e como exemplo será usado o amortecedor MR RD 1005-3 produzido pela Lord Corporation, mostrado na Fig. (2).



Figura 2. Amortecedor MR RD 1005-3.

A bancada experimental foi montada de acordo com o esquema mostrado na Fig. (3).

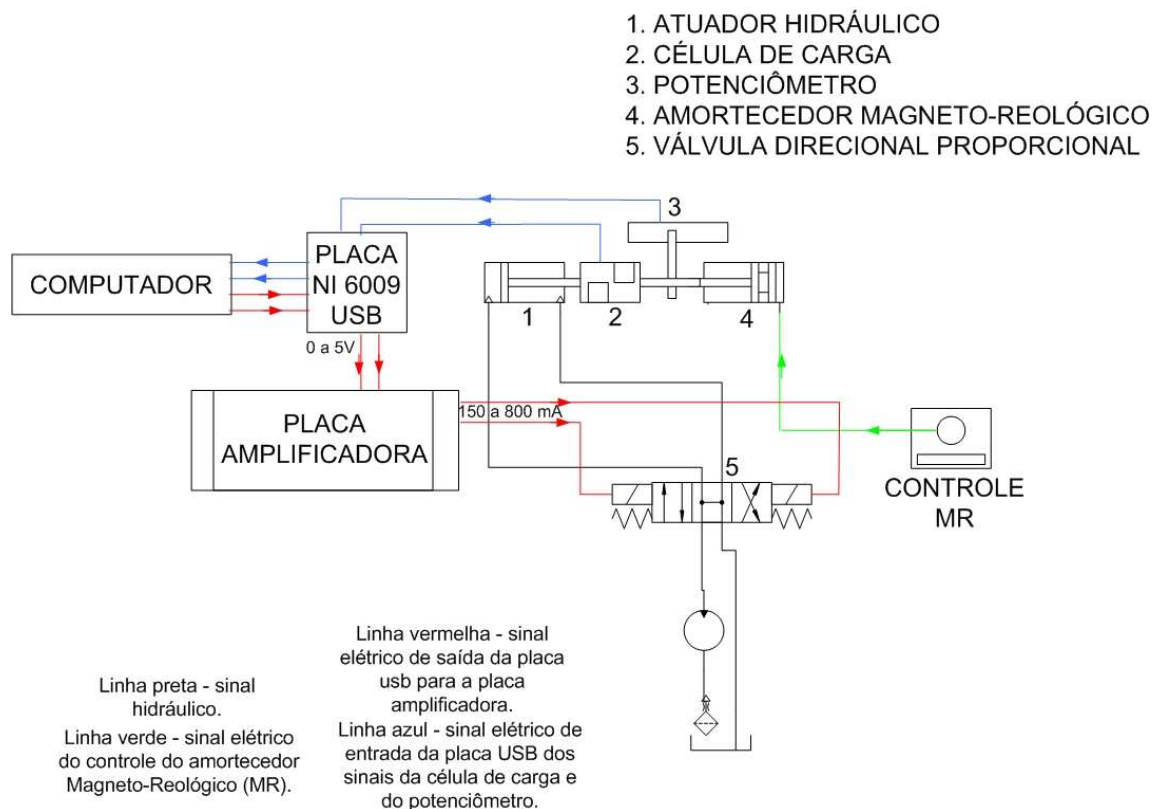


Figura 3. Esquema da bancada experimental do amortecedor MR.

Na Tabela (1) é apresentada a especificação do atuador hidráulico.

Tabela 1. Especificação do atuador hidráulico.

Diâmetro do embolo	0,032 m
Diâmetro da haste	0,014 m
Curso	0,200 m
Pressão máxima de trabalho	10 MPa
Pressão de trabalho	8 MPa
Força de avanço (P = 8 MPa)	670 kgf (6570,45 N)
Força de retorno (P = 8 MPa)	207 kgf (2030 N)

Na Tabela (2) é apresentada a especificação da célula de carga.

Tabela 2. Especificação da célula de carga.

Modelo	MS 200 Excel Sensors
Capacidade Nominal	200 kgf (1961,33 N)

Na Tabela (3) é apresentada a especificação do potenciômetro.

Tabela 3. Especificação do potenciômetro.

Modelo	B 10 K
Resistência	10 K Ω

Na Tabela (4) é apresentada a especificação do amortecedor magneto-reológico.

Tabela 4. Especificação do amortecedor magneto-reológico.

Comprimento com haste retraída	0,155 m
Comprimento com haste estendida	0,209 m
Diâmetro do corpo	0,041 m
Diâmetro da haste	0,010 m
Massa	0,8 kg
Características elétricas	Corrente de entrada máxima: 2 A Tensão de entrada: 12 V _{CC}
Forças amortecidas	0,05 m/s para 1A: => 226,8 kgf (2224 N) 0,20 m/s para 0A: =< 68 kgf (667 N)
Carregamento máximo	453,57 kgf (4448 N)
Tempo de resposta	< 25 ms tempo para alcançar 90% do nível máximo variando de 0 a 1 A

Na Tabela (5) é apresentada a especificação da válvula proporcional hidráulica.

Tabela 5. Especificação da válvula proporcional hidráulica.

Vias de trabalho	4
Posições de comando	3
Tipo de centro	Fechado
Acionamento elétrico	Solenóide proporcional de 24 V _{cc}
Sinal de corrente	150 a 800 mA
Pressão máxima de trabalho	21 MPa
Vazão máxima	3,3 x 10 ⁻⁴ m ³ /s

Na Tabela (6) é apresentada a especificação da unidade hidráulica.

Tabela 6. Especificação da unidade hidráulica.

Vazão	5 lpm
Pressão de operação	0 a 8 MPa
Pressão máxima	10 MPa

Na Tabela (7) é apresentada a especificação placa NI 6009 USB.

Tabela 7. Especificação da placa de aquisição de dados.

Modelo	USB-6009
Nº entradas analógicas	8

Nº saídas analógicas	2
Nº de canais digitais	12
Tensão de saída	0 a 5V
Máxima taxa de saída	150 Hz

A válvula direcional proporcional é comandada por um sinal senoidal de frequência e amplitude ajustados através do computador. Com isso o atuador hidráulico se movimenta segundo um sinal senoidal hidráulico. Para tornar o sinal de saída do computador compatível com o sinal de entrada da válvula proporcional foi montado um circuito conversor de 0 a 5Vcc para 150 a 800 mA para cada solenóide da válvula, como é mostrado na Fig. (4).

Circuito Conversor de 0 a 5 Vcc para 150 a 800 mA

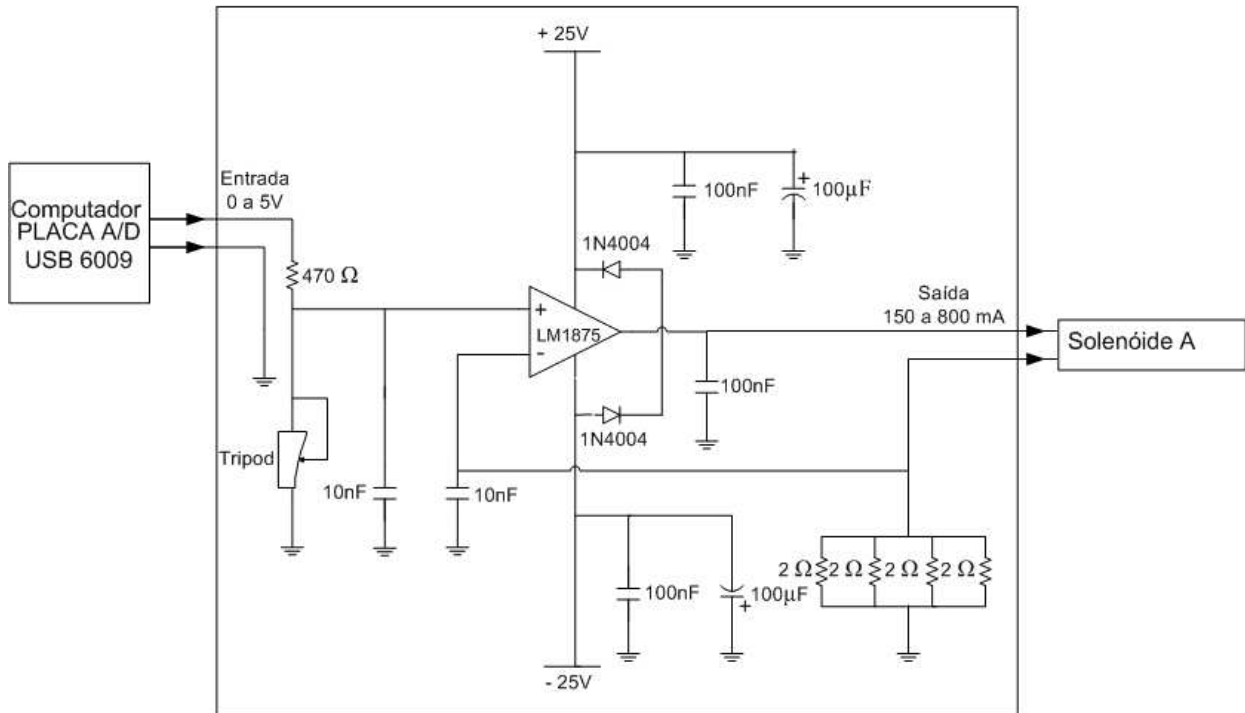


Figura 4. Esquema do circuito conversor.

Entre o atuador hidráulico e o amortecedor MR foram colocados uma célula de carga e um potenciômetro linear. Suas funções são, respectivamente, medir a força que o atuador hidráulico está submetendo ao amortecedor MR, e medir o deslocamento da haste do amortecedor MR. A célula de carga foi aferida utilizando uma montagem com pesos conhecidos para o sentido de tração e uma prensa com célula de carga própria e calibrada para o sentido de compressão, como é mostrado na Fig. (5a). O potenciômetro foi aferido utilizando um paquímetro digital, como é mostrado na Fig. (5b).

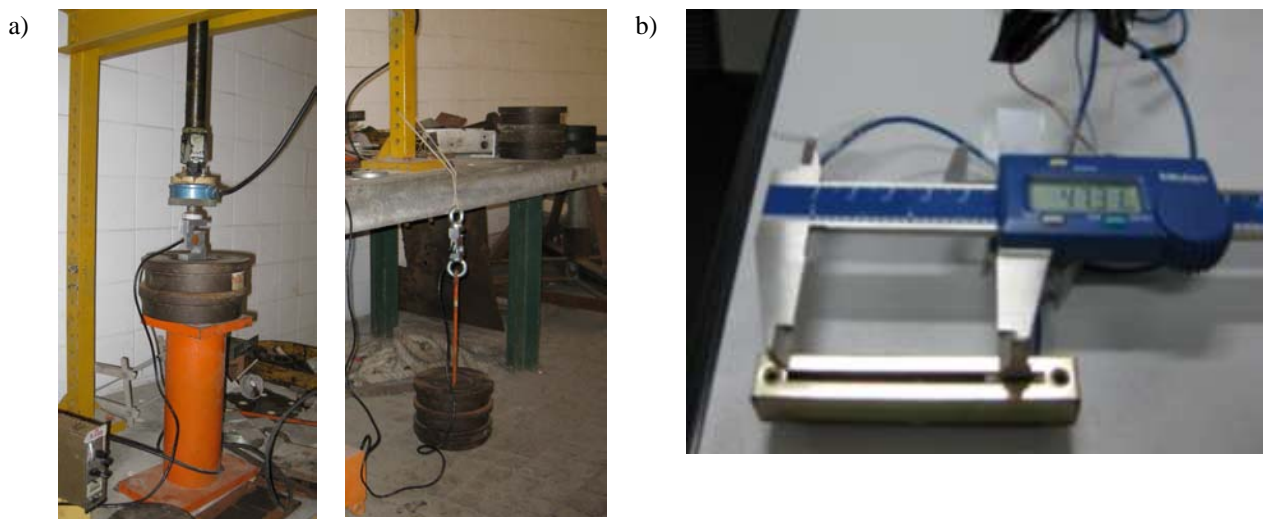


Figura 5. a)Aferição da célula de carga. b)Aferição do potenciômetro.

Para permitir a saída e a entrada dos sinais no computador, além da montagem de um programa em um software específico foi utilizada também uma placa A/D via porta USB.

Na Figura (6) é mostrada a bancada construída.



Figura 6. Bancada experimental.

Na Figura (7) é mostrada o detalhe do arranjo da montagem do atuador, célula de carga, potenciômetro e amortecedor MR.

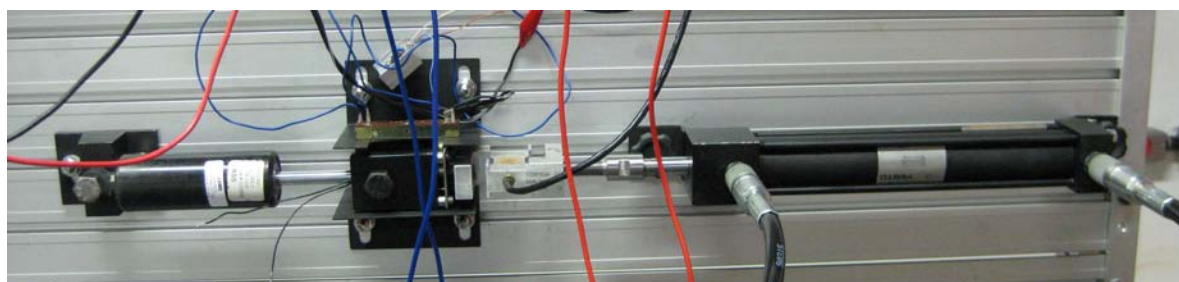


Figura 7. Detalhe da montagem e fixação do amortecedor MR, potenciômetro, célula de carga e atuador hidráulico.

Para permitir a montagem e a fixação dos componentes da bancada experimental (amortecedor MR, célula de carga e potenciômetro) foram projetados e fabricados suportes que são mostrados na Fig. (8).

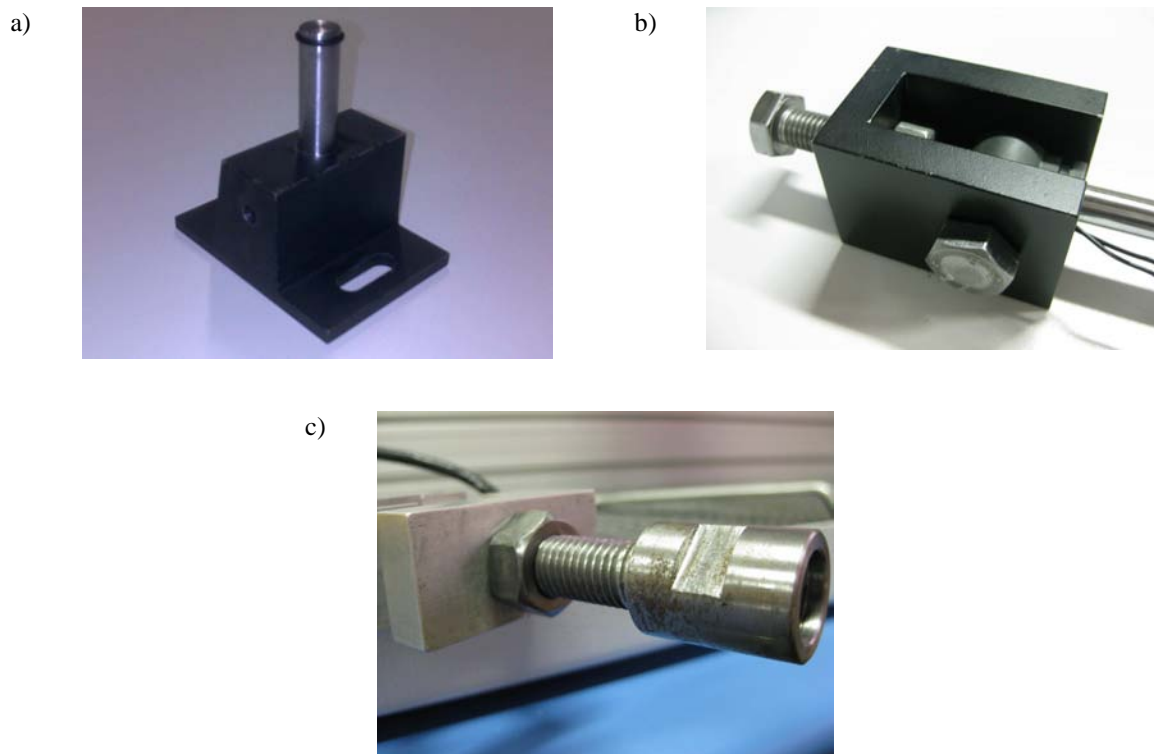
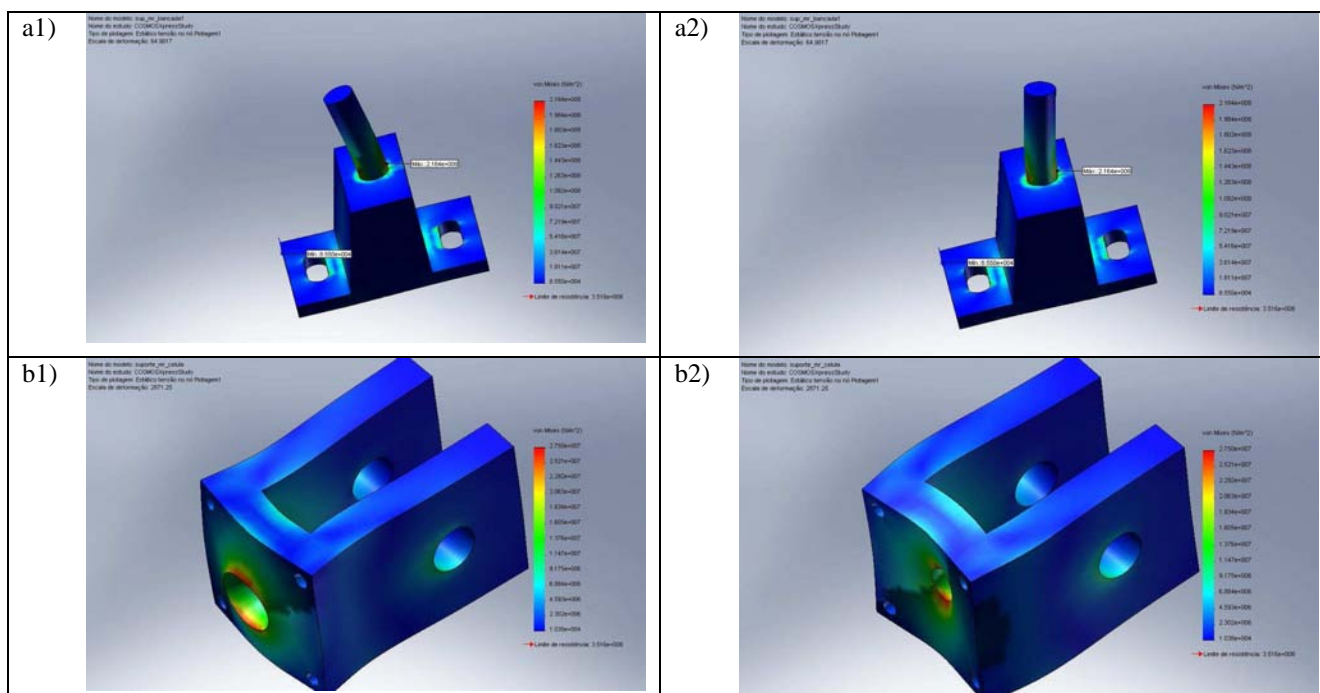


Figura 8. a) Suporte da extremidade terminal do amortecedor MR, b) Suporte da haste do amortecedor MR à célula de carga, c) Suporte da célula de carga ao atuador hidráulico.

Os elementos de fixação utilizados na montagem da bancada experimental foram projetados obedecendo-se o critério de falha de Von Mises e as análises foram realizadas numericamente utilizando-se o método dos elementos finitos com o software COSMOSWorks®.

Através dos resultados da análise usando o software, pode-se concluir que os suportes estão dimensionados corretamente para o tipo de solicitação que estão submetidos durante o ensaio do amortecedor MR.

Os resultados dessa análise são mostrados na Fig. (9).



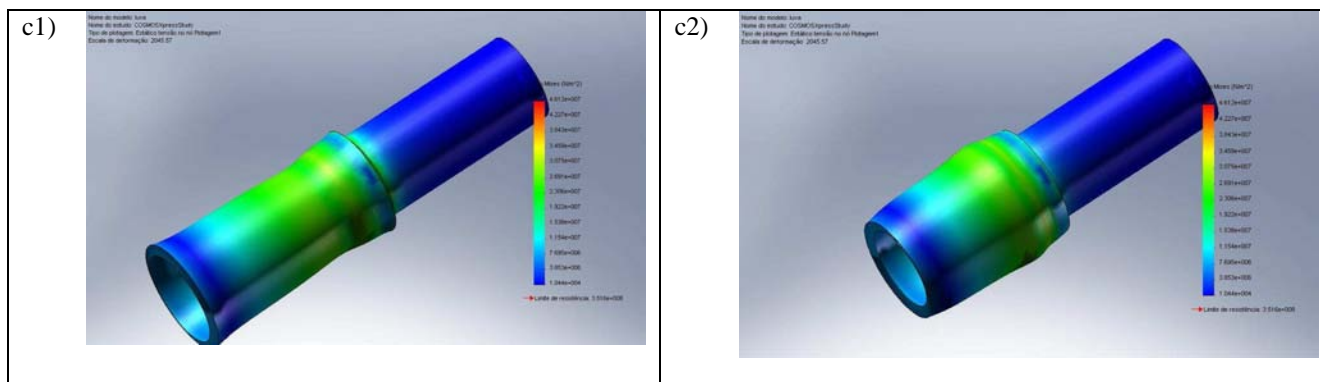


Figura 9. Resultados da análise em elementos finitos para cada suporte, onde na coluna 1 o sentido da solicitação é de tração, e na coluna 2 o sentido é de compressão.

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A metodologia experimental adotada é impor uma excitação senoidal ao amortecedor MR, quando este está submetido a diferentes valores de tensão, como 0V, 1V e 2V. Para cada valor de tensão o amortecedor apresenta como resposta uma força de amortecimento. Esses valores de tensão são gerados a partir da caixa de controle do amortecedor MR fabricado pela Lord Corporation.

O sinal de excitação senoidal é gerado, através do atuador hidráulico, com uma frequência de aproximadamente 2 Hz e são medidos os valores de força e deslocamento em função do tempo, através da célula de carga e do potenciômetro linear, respectivamente.

O objetivo dessa metodologia experimental é obter gráficos força x tempo e deslocamento x tempo da resposta do amortecedor à excitação senoidal em mais de um valor de tensão o qual está submetido.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os resultados experimentais gerados com o uso da bancada apresentada neste trabalho são gráficos de Força x Tempo e Deslocamento x Tempo do amortecedor MR, para o valor de excitação senoidal da ordem de 2Hz, para cada valor de tensão: 0V, 1V e 2V, respectivamente.

Os gráficos obtidos são mostrados nas Fig. (10) e Fig. (11).

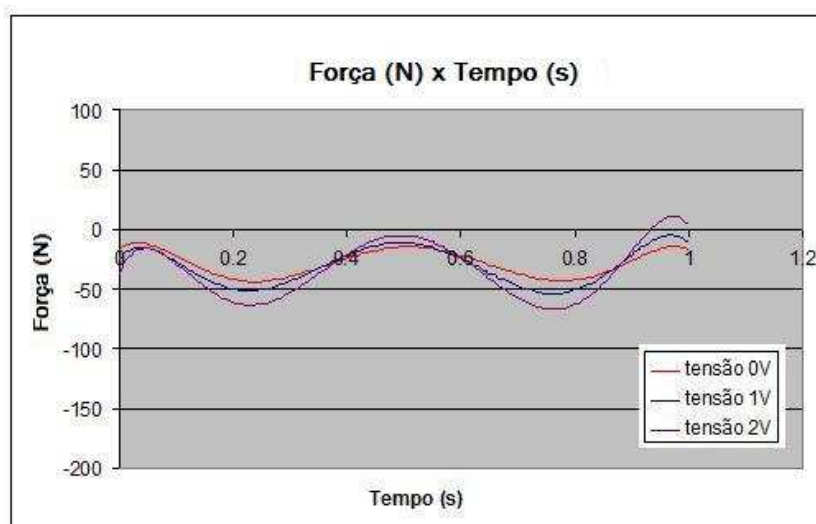


Figura 10. Força x Tempo.

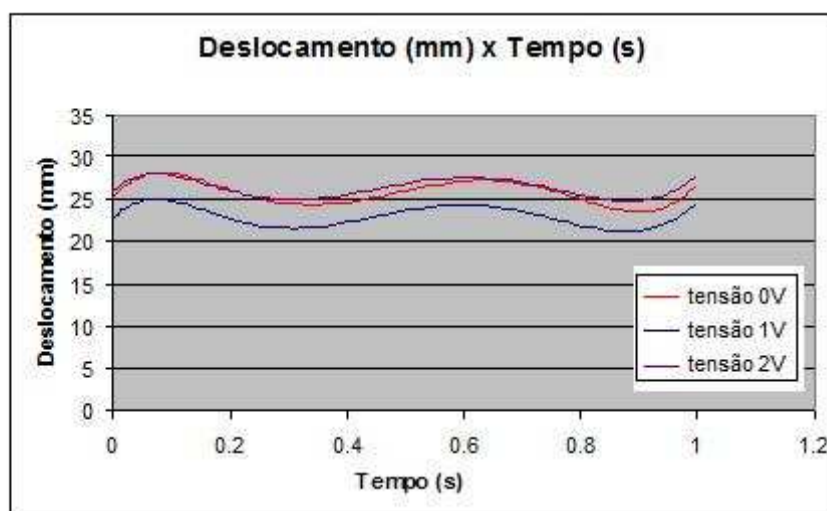


Figura 11. Deslocamento x Tempo.

5. CONCLUSÕES

A bancada apresentada possui o diferencial de permitir o ajuste dos valores de frequência do sinal de excitação de acordo com a necessidade do procedimento experimental. Esse ajuste é permitido através do programa que foi desenvolvido para controlar e monitorar o funcionamento da bancada e dos parâmetros do amortecedor MR.

Como, através da caixa de controle de tensão do amortecedor MR, podemos ajustar os valores de tensão variando de 0 a 10 V, a proposta de uso da bancada construída é ensaiar o amortecedor MR com valores de frequência de excitação diferentes do valor usado, como também explorar outros valores de tensão de resposta do amortecedor. Determinando com isso como o amortecedor MR se comporta em outras faixas de tensão como de frequência de excitação.

Esta bancada também permite o ensaio com diversos modelos desse tipo de amortecedor, não ficando restrito apenas ao modelo que está sendo utilizado.

6. REFERÊNCIAS

- Carlson, J.D., 1994, "The Promise of Controllable Fluids." Proc. of Actuator 94 (H. Borgmann and K. Lenz, Eds.), AXON Technologie Consult GmbH, pp. 266–270.
- Ehrgott, R.C. and Masri, S.F., 1994, "Structural Control Applications of an Electrorheological Device." Proceedings of the International Workshop on Structural Control, USC Publication Number CE-9311, pp. 115-129.
- Gamota, D.R. and Filisko, F.E., 1991, "Dynamic Mechanical Studies of Electrorheological Materials: Moderate Frequencies." Journal of Rheology, Vol. 35, pp. 399–425.
- Lai, C. Y., Liao, W. H., 2001, "Vibration Control of a Suspension System via a Magnetorheological Fluid Damper".
- Spencer JR., B.F., Dyke, S.J., Sain, M.K. e Carlson, J.D., 1996, "Phenomenological Model of a Magnetorheological Damper", ASCE, Journal of Engineering Mechanics, vol. 123, no. 3, pp. 230-238.
- Spencer JR., B.F., Dyke, S.J., e Sain, M.K., 1996, "Magnetorheological Dampers: a New Approach to Seismic Protection of Structures". Proc. of Conference on Decision and Control, Kobe, Japan, pp. 676-681.
- Spencer JR., B. F., Dyke, S. J., Sain, M. K., Carlson, J. D., 1996, "Phenomenological Model of a Magnetorheological Damper", ASCE Journal of Engineering Mechanics, v.123, no.3, pp. 230 238.
- Wen, Y.K., 1976, "Method of Random Vibration of Hysteretic Systems". Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 102, No. EM2, pp. 249–263.
- Yang, G., Spencer-JR., B. F., Carlson, J. D., e Sain, M. K., "Large-Scale MR Fluid Dampers: Modelling and Dynamic Performance Considerations", Engineering Structures, vol. 24, pp. 309-323, 2002.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



COMPROMETIDA COM A PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO
DA ENGENHARIA E DAS CIÊNCIAS MECÂNICAS

VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER EXPERIMENTAL MODELING

Alexandre Silva de Lima, alima@cefet-rj.br¹

Max Suell Dutra, max@mecanica.coppe.ufrj.br²

Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto, fcpinto@mecanica.coppe.ufrj.br²

Armando Carlos de Pina Filho, armando@poli.ufrj.br²

¹CEFET-RJ

²COPPE/UFRJ

***Abstract.** The methodology of the magnetorheological damper experimental is to apply different displacements when it is submitted a different values of electric tension resulting in different values of magnetic field. These different displacements are obtained through the sinusoidal excitation signal in a damper. This sinusoidal excitation can be obtained through three ways: a shaker, machine of cyclic movements and a hydraulic actuator. By the values obtained are made graphs to determine the magnetorheological damper parameters, to use in mathematical modeling. In this article is presented a hydraulic experiment to experimental tests with the magnetorheological damper using a hydraulic actuator controlled with a computer.*

***Key words:** magnetorheological damper, experimental modeling, hydraulic actuator, sinusoidal signal.*