

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE AMORTECEDOR PARA APLICAÇÃO EM ESTUDOS DE FLUIDOS MAGNETO REOLÓGICOS

DAVID BRASIL LINO¹; BRUNO DE PAULA ROSA²; FERNANDO MONTANARE BARBOSA³;
FABIA PAGIOSA BRANCO⁴; DANIEL JOSÉ LAPORTE^{5*}

¹ Acadêmico do curso de engenharia mecânica, UCDB, Campo Grande-MS, davidbrlin@gmail.com;

² Me. eng. mecânica, Prof. UCDB, Campo Grande-MS, probrunorosa@gmail.com;

³ Dr. eng. mecânica, Prof. UCDB, Prof. Adjunto IFMS, Campo Grande-MS, pagliosa@gmail.com;

⁴ Dr. eng. mecânica, Prof. UCDB, Campo Grande-MS, montanare@gmail.com

⁵ Me. eng. mecânica, Prof. UCDB, Campo Grande-MS, daniel.laporte@ucdb.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Os amortecedores são elementos de grande importância na área automotiva e aviação, importante para a atenuação de vibrações. A proposta deste trabalho é a construção de um amortecedor que servirá como base para estudos da variação do amortecimento do dispositivo com a modificação da viscosidade do óleo através da aplicação de campo magnético em fluido magneto reológico. Para a fabricação deste tipo de fluido, deve-se adicionar ao óleo partículas que reajam ao campo magnético, como a magnetita, de modo a modificar sua viscosidade de maneira apropriada. A viscosidade inicial do óleo também deve ser escolhida de maneira adequada, de modo que a modificação do amortecimento com a aplicação do campo magnético possa ser identificada e diferenciada do amortecimento inicial. Foram feitos testes para obter respostas de amortecimento para os óleos SAE 80W e 15w40. Para medir o amortecimento, foi utilizada uma estrutura com pêndulo acoplado. Sendo assim possível mensurar o amortecimento do pêndulo através do decaimento exponencial da resposta livre do sistema ao impulso, com os dois tipos de óleo testados, para a escolha do óleo que será a base para a o fluido magneto reológico. As acelerações no pêndulo foram medidas através de acelerômetros devidamente instaladas no dispositivo, e a coleta de dados foi realizada por um microcontrolador. O resultado do trabalho foi um amortecedor pronto para os estudos futuros como fluidos magneto reológicos, bem como o aparato para a medição do amortecimento resultante.

PALAVRAS-CHAVE: Amortecedor, Magneto Reológico, amortecimento

DESIGN AND MANUFACTURING OF SHOCK ABSORBER FOR MAGNETO RHEOLOGICAL STUDIES

ABSTRACT: Shock absorbers are important elements in the automotive and aviation areas, which are important for vibration attenuation. The proposal of this work is the construction of a damper which will be base for studies of damping changing with the modification of the oil viscosity by means the application of magnetic field in rheological magneto fluid. For the manufacture of this type of fluid, particles that react to the magnetic field, such as magnetite, must be added to the oil in order to appropriately modify their viscosity. The initial viscosity of the oil should also be proper chosen so that the modification of the damping with the application of the magnetic field can be identified and differentiated from the initial damping. Tests were performed to obtain damping responses for SAE 80W and 15w40 oils. To measure damping, a coupled pendulum structure was used. Thus, it is possible to measure the damping of the pendulum be means the exponential decay of the system free response to the pulse. Pendulum accelerations were measured be means accelerometers properly installed in the device, and data collection was performed by a microcontroller. The result of the work was a shock absorber ready for future studies as rheological magneto fluids as well as the apparatus for measuring the resulting damping.

KEYWORDS: Magneto rheological, rheological fluid, damping, shock absorber

INTRODUÇÃO

Os amortecedores são um dos principais componentes das suspensões automotivas, destinados ao controle de oscilações e vibrações. É um dispositivo que possui apenas um grau de liberdade por se mover apenas verticalmente em relação ao solo. Assim muito empregado para amortecer as trepidações ocasionadas por superfícies irregulares e com imperfeições encontradas nas estradas.

Em um veículo, quando a roda se movimenta verticalmente em relação ao solo, a haste do amortecedor se movimenta no mesmo sentido, esse movimento faz com que o óleo presente dentro do cilindro do amortecedor passe por pequenos orifícios localizados no êmbolo. Neste caso, uma resistência aos movimentos de compressão e extensão é gerada devido a uma grande dificuldade da passagem do fluido por esses orifícios (Tusset, 2008).

De acordo com Reimpel (1996), os amortecedores são encontrados em dois modelos principais: O tubo duplo e o monotubo que pode ser pressurizado à alta pressão ou a baixa pressão. Os amortecedores convencionais, apesar de serem dispositivos eficientes para o controle de vibrações, possuem sua constante de amortecimento invariável e que é determinada e configurada para um determinado tipo de terreno, assim, um veículo desenvolvido para ser utilizado em pistas de competição, como por exemplo, um veículo de fórmula 1, não possui comportamento dinâmico adequado em pistas com irregularidades. São exemplos extremos, mas que sintetizam o problema encontrado em veículos de passeio que devem ter comportamento dinâmico adequado em uma ampla gama de tipos de pistas.

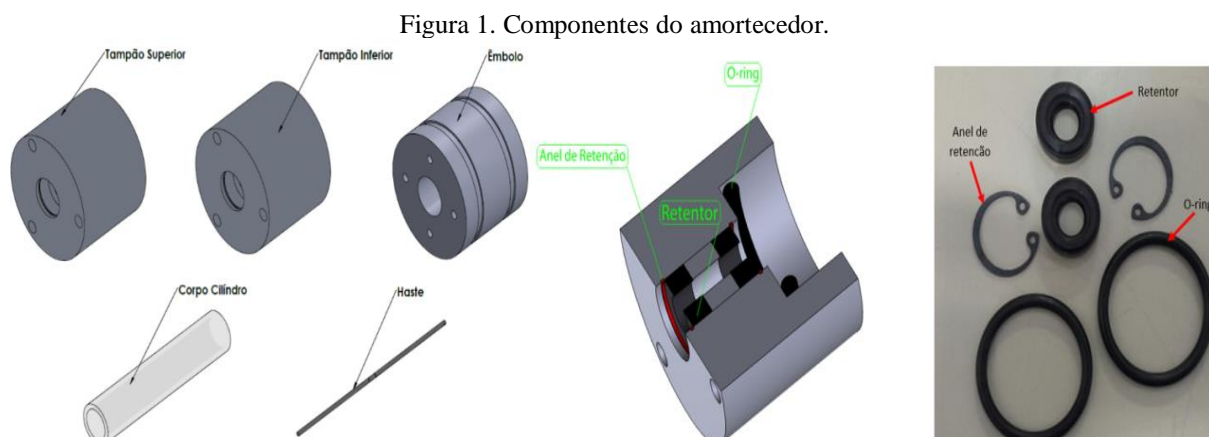
Neste contexto, surgem os amortecedores com fluidos magneto reológicos, que modificam sua viscosidade com a aplicação de campos magnéticos, sendo assim, possível sua aplicação em suspensões semiativas e adaptativas com o tipo de terreno que o veículo se encontra. Sendo possível principalmente com o advento de micro controladores (Tusset, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo é abordado o procedimento de construção do amortecedor monotubo de baixa pressão, juntamente com o processo de manipulação e aquisição de dados pelos sensores.

Para a coleta de dados dos sensores, foi utilizado um micro controlador da família ATMEGA, em que este recebe as informações do sensor acelerômetro e giroscópio MPU6050 via comunicação I2C e envia via comunicação serial para um computador, com uma taxa de transmissão de dados (baud rate) de 9600 bits por segundo. As informações recebidas pela porta de comunicação do computador são processadas pelo Software Matlab, onde são plotados gráficos, obtendo assim os parâmetros e as variáveis necessárias para as análises.

No que tange ao projeto do protótipo de amortecedor, cada peça foi construída individualmente, utilizando a ferramenta de CAD SolidWorks, conforme figura 1. Critérios de flambagem da haste e resistência de vasos de pressão do cilindro foram verificados de acordo com Hibbeler (2006).



Ainda em relação ao projeto do protótipo, elementos de vedação foram aplicados para que não ocorra o vazamento do fluido, pois o amortecedor possui óleo em seu interior e está sujeito ao aumento de pressão com seu funcionamento, por esse motivo são utilizados dispositivos mecânicos

para a retenção de líquidos como anéis de vedação o-ring, retentores e anéis de retenção internos e externos, como podem ser vistos na figura 1.

Após a modelagem das peças no SolidWorks, estas foram fabricadas por processos de usinagem convencionais no laboratório da universidade, resultando no amortecedor mostrado na figura 2.

Figura 2 – Montagem do protótipo em CAD e manufaturado.



Na escolha do óleo para a realização de testes, a fim de se observar a resposta do amortecedor, foram usados os óleos LUBRAX TRM-4, SAE 80W API-GL4 e Petronas 15w40.

Para obter a resposta de amortecimento, utilizou-se um pêndulo acoplado ao amortecedor, formando um sistema com 1 grau de liberdade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

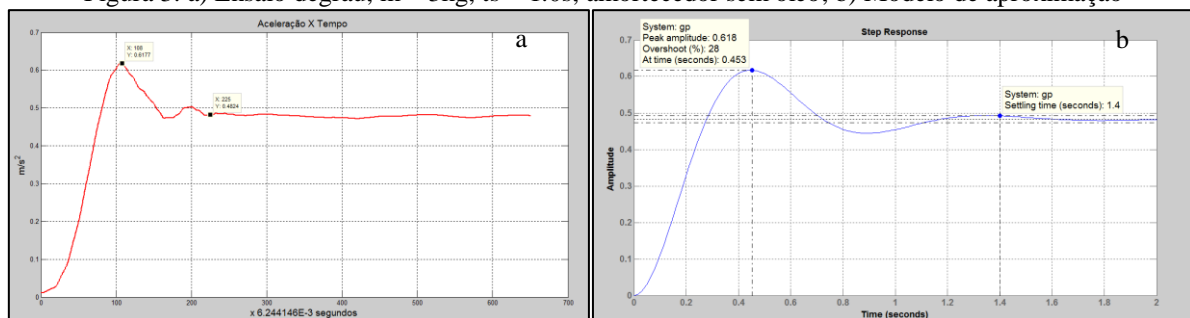
Anteriormente à coleta de dados dos ensaios experimentais em si, é estimada a frequência de amostragem dos dados enviados via porta serial, procedimento conforme metodologia encontrada em *National Instruments* (2017). A frequência de amostragem encontrada foi de aproximadamente 160.15 Hz, gerando um período de amostragem de $6,24 \times 10^{-3}$ segundos.

Como metodologia para coleta e análise dos dados, todos os gráficos foram feitos por meio da comunicação do software MatLab com o Arduino e o sensor acelerômetro MPU6050. Ao final de cada teste, os dados coletados foram inseridos em algoritmo baseado na teoria de estimadores de estados, ou filtro de Kalman, a fim de se determinar o modelo matemático aproximado, permitindo assim, a estimativa do fator de amortecimento. O fator de amortecimento foi também verificado através de cálculos de decaimento exponencial encontrados em Lima (2011). Os resultados de todos os ensaios podem ser vistos na tabela 1.

Com o protótipo de amortecedor manufaturado e acoplado ao pêndulo, foi possível realizar análises através de ensaios de resposta livre do sistema, e determinar o coeficiente de amortecimento para cada configuração adotada. Definidas através de um arranjo entre massas de pêndulo, 3kg ou 5kg, e tipos de óleo.

Primeiramente, o ensaio foi realizado com o amortecedor sem óleo, utilizando-se de uma massa de pêndulo de 3kg, Figura 3a. Os sobressinais observados foram de 0,6177 e 0,4824 m/s², e tempo de acomodação de aproximadamente 1,41 segundos.

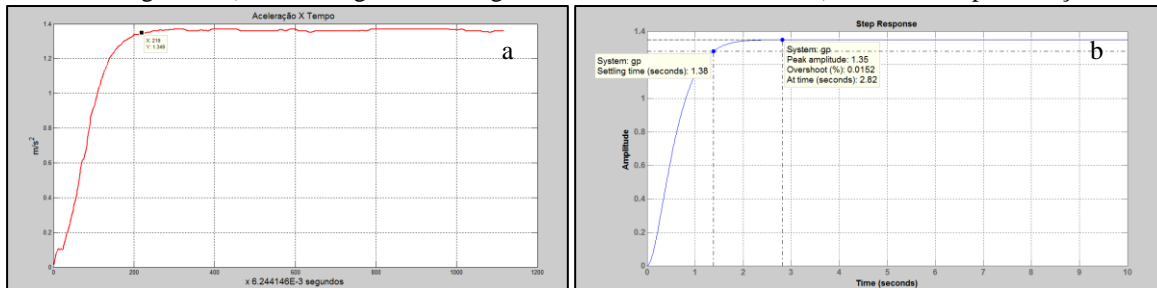
Figura 3. a) Ensaio degrau, $m = 3\text{kg}$, $t_s = 1.0\text{s}$, amortecedor sem óleo; b) Modelo de aproximação



Conforme já mencionado, foi feita a identificação de sistema dinâmico equivalente, conforme resposta ao degrau deste sistema ensaiado, Figura 3b.

Para o segundo teste, o amortecedor foi preenchido com óleo SAE 80W, anteriormente descrito, e configurado para massa do pêndulo de 3kg, resposta ao degrau pode ser vista na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

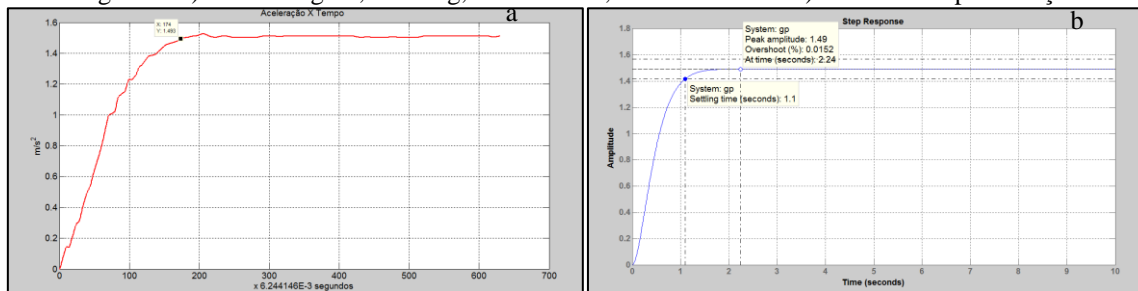
Figura 4. a) Ensaio degrau, $m = 3\text{kg}$, $t_s = 1.37\text{s}$, óleo SAE 80W; b) Modelo de aproximação



E com o mesmo procedimento realizado anteriormente, por meio do tempo de acomodação observado para cada gráfico experimental, Figura 5a, pôde-se determinar o modelo aproximado de cada planta de ensaio, um Sistema de segunda ordem equivalente cuja resposta ao degrau pode ser vista na Figura 4b.

No terceiro ensaio, o amortecedor foi preenchido com óleo SAE 80W e configurado para massa do pêndulo de 5kg, a resposta ao degrau pode ser vista na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

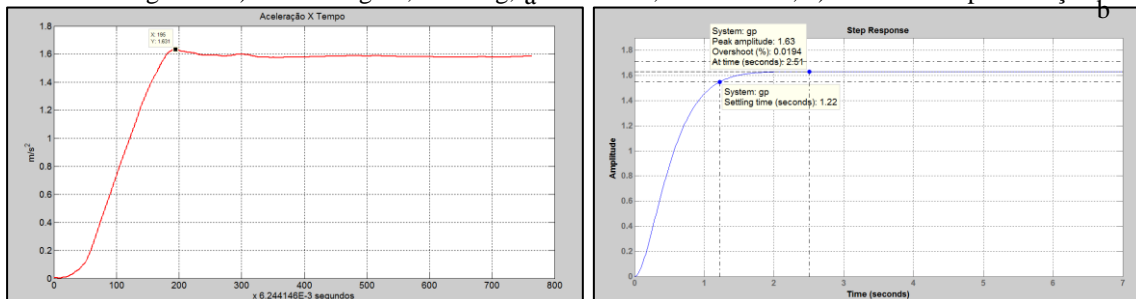
Figura 5. a) Ensaio degrau, $m = 5\text{kg}$, $t_s = 1.0865\text{s}$, óleo SAE 80W. b) Modelo de aproximação



Seguindo a mesma linha de análise, determinou-se o modelo aproximado, resultando em um Sistema de segunda ordem equivalente cuja resposta ao degrau pode ser vista na Figura 5b.

Como o amortecimento varia de acordo com as propriedades do fluido, o protótipo foi submetido a ensaios com óleo 15w40, anteriormente descrito, que possui viscosidade inferior ao óleo 80W. Nesta configuração de óleo, foram testados com massas do pêndulo de 3kg e 5kg. A resposta para esses ensaios está representada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.8a**, respectivamente.

Figura 6. a) Ensaio degrau, $m = 3\text{kg}$, $t_s = 1.2176\text{s}$, óleo 15w40; b) Modelo de aproximação



De acordo com a metodologia adotada anteriormente (gráficos obtidos por métodos experimentais e teóricos), fez-se a aproximação das plantas para ambos os gráficos obtidos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Para fins de comparação, a Tabela 1 sumariza as plantas obtidas por meio da aproximação para cada gráfico experimental, e que apresenta uma síntese dos resultados obtidos de fatores de

amortecimento. Que ao analisá-los, verifica-se que o óleo base mais adequado para os estudos com fluidos magneto reológicos deverá ser o 15w40, juntamente com a massa de pêndulo de 5kg, pois conferem ao sistema o menor fator de amortecimento, portanto, um sistema mais sensível às variações de amortecimento com a aplicação do campo magnético.

Figura 7. a) Ensaio degrau, $m = 5\text{kg}$, $t_s = 1.12\text{s}$, óleo 15w40; b) Modelo de aproximação

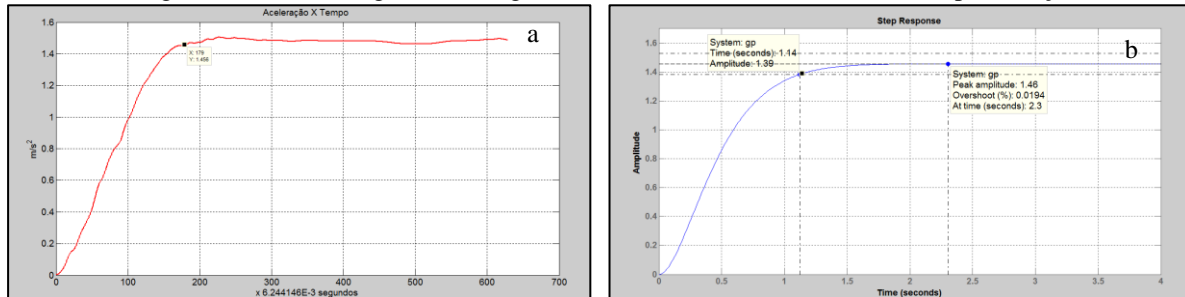


Tabela 1. Identificação das plantas

Configuração	Tempo de Acomodação "ts" (s)	Frequência Natural (Rad/s)	Planta "Gp(S)"	Fator de Amortecimento
Sem óleo; Massa de 3kg	1,4049	7,5900	$\frac{1}{S^2 + 5,694S + 57,61}$	$\cong 0,3751$
SAE 80W; Massa de 3kg	1,3675	3,1118	$\frac{1}{S^2 + 5,85S + 9,683}$	Quase crítico
SAE 80W; Massa de 5kg	1,0865	3,9166	$\frac{1}{S^2 + 7,363S + 15,34}$	Quase crítico
SAE 5W30; Massa de 3kg	1,2176	3,5023	$\frac{1}{S^2 + 6,57S + 12,27}$	$\cong 0,9380$
SAE 5W30; Massa de 5kg	1,1177	3,8153	$\frac{1}{S^2 + 7,158S + 14,56}$	$\cong 0,74$

CONCLUSÃO

A partir da montagem do dispositivo, bem como de todo o aparato de testes e aquisição de dados, será possível a sua utilização em ensaios de diversos tipos de fluidos magneto reológicos, em diferentes composições de óleo base e tipos de partículas magneto reológicas. Além de como será aplicado o campo magnético, como sua direção, intensidade e formato da onda de corrente elétrica que gera. São inúmeras as possibilidades a serem testadas e estudadas.

Verificou-se que o dispositivo construído neste trabalho é adequado para este propósito, sendo possível identificar a variação do amortecimento, bem como mensurar seu valor através do sistema de pêndulo em questão. Assim, com base nos resultados desses estudos, será possível o desenvolvimento de amortecedores magneto reológicos para os projetos automotivos desenvolvidos na universidade, como Baja e Fórmula SAE, fundamentais para aplicação em suspensões semiativas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UCDB pelo incentivo financeiro e pela disponibilização de laboratórios para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Filho, M. S. D. A. Minerais Magnéticos. Disponível em <http://www.iag.usp.br/~eder/minerais_magneticos.pdf>. Acesso em 12 de Março de 2017.
- Gillespie, T.D., Fundamentals of vehicle dynamics. 2nd Ed. Warrendale, United States: SAE International, 1991.
- Hibbeler, R.C., Resistência dos materiais. 5ª ed. São Paulo: Pearson – Prentice Hall, 2006
- Lima, A.S. Identificação Experimental de um Sistema Magneto-Reológico. 2011. 105f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- National Instruments, O que é Aquisição de dados?. Disponível em: < <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/pt/>>. Acesso em 06 de Abril de 2017.
- Reimpell, J. and Stoll, H., The Automotive Chassis: Engineering Principles, Great Britain, 1996.

Tusset, A. M. Controle ótimo aplicado em modelo de Suspensão Veicular não-linear controlada através de Amortecedor Magneto-Reológico. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.