



ESTUDO DE UM SISTEMA DE SUSPENSÃO SEMI-ATIVA ATRAVÉS DE PROTÓTIPO VIRTUAL

Marcus de Freitas Leal

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, Bloco 1M, Uberlândia, MG, 38400-902
mfleal@mecanica.ufu.br

Marcos Antônio de Moraes Brito

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, Bloco 1M, Uberlândia, MG, 38400-902
marcos_antonio@rocketmail.com

Sergio Butkewitsch

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, Bloco 1M, Uberlândia, MG, 38400-902
sbut@mecanica.ufu.br

José Antônio Ferreira Borges

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia
Campus Santa Mônica, Bloco 1M, Uberlândia, MG, 38400-902
zeborges@mecanica.ufu.br

Resumo. *A simulação computacional é uma poderosa ferramenta para pesquisa e desenvolvimento em várias áreas da engenharia, especialmente na indústria automobilística. Com a finalidade de estudar o comportamento dinâmico de veículos, um protótipo virtual foi desenvolvido através da integração de tecnologias CAD/CAE. A definição do modelo matemático do veículo é feita em ambiente virtual utilizando o software ADAMS™. No desenvolvimento do modelo, os autores procuram representar de forma fiel as características de um veículo Mini-baja, detalhando seus componentes mais importantes (suspensões, sistema de direção, transmissão, pneus, etc.), bem como sua interface com o ambiente através do contato dos pneus com a superfície da pista. Com a crescente necessidade de estudo da influência de novas tecnologias no comportamento dinâmico de veículos, um sub-modelo de suspensão semi-ativa foi introduzido no modelo global do veículo. Nesta abordagem foram implementados amortecedores variáveis através das ferramentas de controle do software MATLAB™. Esta alternativa tecnológica se mostra interessante pelo baixo custo de implementação em relação a uma suspensão ativa e pela possibilidade de se obter um bom desempenho em relação aos aspectos de estabilidade e conforto. De forma geral, este trabalho trata da otimização do sistema de controle da suspensão de um veículo, representado por meio de um protótipo virtual, usando técnicas de inteligência artificial como lógica fuzzy e algoritmos genéticos.*

Palavras-chave: *Dinâmica de veículos, Sistema de suspensão semi-ativa, Simulação Numérica.*

1. INTRODUÇÃO

A interação entre sistemas dinâmicos e de controle tem sido amplamente estudada nos últimos anos. Para a dinâmica de veículos, estes estudos são particularmente importantes devido a possibilidade de aplicação nos mais diversos subsistemas automotivos, em especial nos sistemas de suspensão variáveis com ajuste automático.

De maneira geral um sistema de suspensão veicular deve apresentar duas características básicas:

- Manter a aceleração da massa suspensa dentro de limites razoáveis do ponto de vista do passageiro ou da carga transportada, representando com isto um aspecto relacionado ao conforto (ride quality).
- Manter um nível aceitável para a qualidade de condução (road handling), que se traduz por um alto grau de controle sobre a trajetória do veículo por parte do motorista.

Contudo, Dixon (1999) demonstra que estas características são conflitantes requerendo a definição de uma solução de compromisso.

Estudos tem sido realizados sobre os diversos tipos de sistemas de suspensão, particularmente nas suas três formas básicas de atuação: passiva, ativa e semi-ativa (Hac, 1993 e Karnopp, 1990). Além disso, os critérios de desempenho que levam em conta a dinâmica do veículo (aceleração do veículo e forças nos pneus) e que traduzam matematicamente os aspectos de conforto e segurança, também são alvo de estudo (Valásek et al, 1998).

Do ponto de vista do sistema de controle, um controlador clássico requer um modelo matemático do sistema a ser controlado, o que dificulta a sua aplicação em sistemas veiculares em função da complexidade dos modelos envolvidos. Além disto, existem as dificuldades naturais, associadas à definição e ajuste dos parâmetros de controle. Nestes casos, uma nova classe de controladores baseados em lógica fuzzy tem sido empregados em diversas áreas da engenharia e em diversos sub-sistemas veiculares (Nürnberg et al, 1999).

Uma solução para o problema que envolve o desenvolvimento do projeto de um sistema dinâmico submetido à atuação de um controlador eletrônico pode ser oferecida pela integração de uma ferramenta computacional para análise de multi-corpos e outra voltada ao projeto de controladores com o intuito de proporcionar uma modelagem simultânea e prática. Esta abordagem representa uma linha de pesquisa de caráter multi-disciplinar.

Um aspecto importante, proporcionado pela integração multi-disciplinar, é o de facilitar a aplicação de algoritmos de otimização numérica aos sistemas de controle. O método de algoritmos genéticos tem se mostrado eficiente na otimização de controladores fuzzy aplicados a sistemas dinâmicos (Pham e Karaboga, 1998), permitindo um ajuste da base de regras com o intuito de melhorar o desempenho do controlador.

Neste trabalho, o comportamento dinâmico de um veículo é analisado de forma numérica, levando-se em conta o uso de uma suspensão semi-ativa, onde o controle do coeficiente de amortecimento é feito por um controlador fuzzy gerado através de algoritmo genético. Para isso, é apresentada uma abordagem baseada na interface entre o software ADAMS™ (Automatic Dynamics Analysis for MultiBody Systems) e ferramentas de projeto de controladores contidas no software MATLAB™.

2. MODELO COMPUTACIONAL DO VEÍCULO

Com o propósito de estudar a influência de uma suspensão semi-ativa no comportamento dinâmico de veículos foi implementado um modelo matemático representativo de um protótipo Mini-baja. A modelagem computacional é implementada de acordo com as seguintes etapas:

- Geração de desenhos tridimensionais representativos dos componentes do veículo, com o intuito de obter propriedades de massa e inércia.
- Criação de um conjunto de partes com base na geometria e propriedades obtidas através dos desenhos tridimensionais para compor um modelo de multi-corpos em ambiente CAE.

- Estabelecimento dos graus de liberdade para cada parte de acordo com seus principais movimentos.
- Definição de elementos de força para representar componentes flexíveis e dissipativos, como molas, amortecedores, buchas e pneus.

Levando em conta que o veículo Mini Baja trafega em velocidades baixas, sua principal interação com o ambiente ocorre através do contato dos pneus com o solo. Neste trabalho os pneus são representados por modelos analíticos capazes de calcular as componentes de força no contato. Neste caso, sua caracterização é feita através de parâmetros de rigidez e amortecimento.

A excitação proveniente da pista é considerada no modelo através de deslocamentos impostos aos pneus por meio de bases móveis que se movem sob eles. Os deslocamentos são definidos de acordo com uma formulação baseada na função densidade espectral de potência das irregularidades da pista que se deseja representar. Neste caso o modelo do veículo não se move sobre a pista, mas permanece parado sendo excitado pelas bases de forma semelhante ao que acontece em um simulador de protótipos.

Todas as propriedades de rigidez e amortecimento usadas nas molas, amortecedores e pneus são definidas a partir de suas curvas características de força em função do deslocamento e força em função da velocidade, obtidas através medições experimentais em condições controladas (Leal, 2001). Na Fig. (1) é mostrado um desenho esquemático do modelo do veículo definido em ambiente virtual.

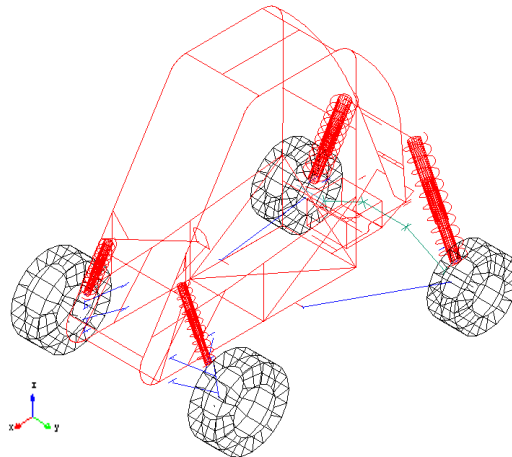


Figura 1. Modelo do veículo em ambiente CAE.

3. DINÂMICA DO SISTEMA DE SUSPENSÃO

O sistema de amortecimento usado na suspensão de um veículo pode ser classificado de acordo com as características do amortecedor. Um sistema passivo é caracterizado por um amortecedor cuja curva de absorção de energia é única, ou seja, para um determinado valor de velocidade da suspensão, existirá somente uma força de reação possível.

No sistema semi-ativo, a dissipação de energia na suspensão é controlada através de amortecedores especiais que apresentam válvulas eletro-mecânicas para promover variações no seu comportamento. Desta forma, um sistema eletrônico de controle pode atuar sobre esta válvula e definir o coeficiente de amortecimento adequado a cada instante de tempo, conforme ilustra a Fig. (2).

O sistema de amortecimento ativo tem como principal característica o uso de atuadores hidráulicos em substituição ao amortecedor e, em alguns casos, até da mola de suspensão. De forma geral sua eficiência é maior que a dos outros sistemas, porém apresenta como desvantagem o seu elevado custo de implementação associado à necessidade de atuadores e bombas hidráulicas de alta potência para que o sistema apresente tempo de resposta adequado.

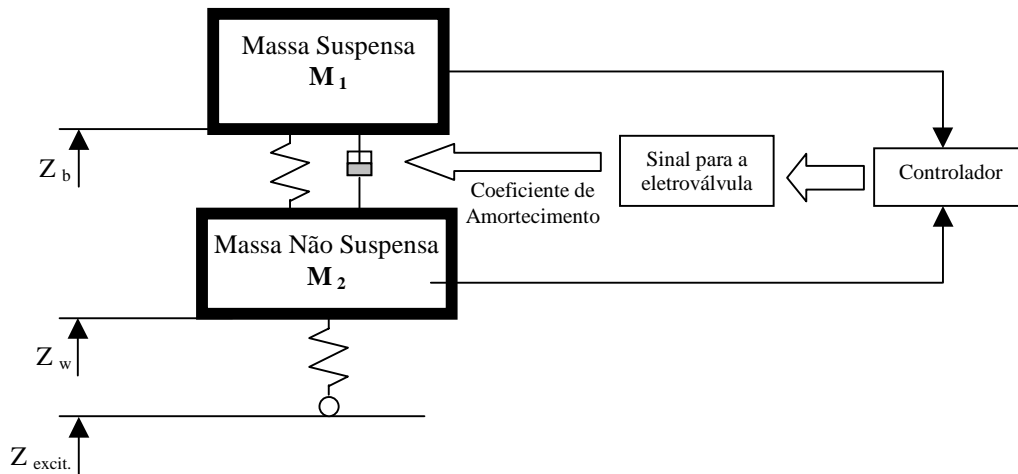


Figura 2. Desenho esquemático de um sistema de suspensão semi-ativa.

Recentemente, vários estudos tem sido feitos com o intuito de desenvolver lógicas de controle adequadas a sistemas de suspensão (Nicolás et al, 1997; AL-Holou e Shaout, 1995). Dixon (1999) apresenta uma formulação que leva em conta a aceleração absoluta da massa suspensa (\ddot{Z}_b) e a velocidade relativa entre as massas suspensa e não suspensa ($\dot{Z}_s = \dot{Z}_w - \dot{Z}_b$) visando obter um desempenho para suspensão semi-ativa voltado para o conforto. Neste caso é utilizada uma lógica de operação que leva em conta a variação do coeficiente de amortecimento em 2 níveis (Baixo e Alto), como mostra a Tab. (1).

Tabela 1. Lógica usada para o desempenho associado ao conforto.

	$\ddot{Z}_b < 0$	$\ddot{Z}_b > 0$
$\dot{Z}_s < 0$	Baixo	Alto
$\dot{Z}_s > 0$	Alto	Baixo

4. CONTROLADOR FUZZY GERADO VIA ALGORITMOS GENÉTICOS

A elaboração de um controlador baseado em lógica fuzzy segue os seguintes passos:

- Escolha das variáveis de entrada e saída;
- Definição das curvas de pertinência para cada variável;
- Geração da base de regras;
- Ajuste dos parâmetros das curvas de pertinência ou das regras.

A implementação destes passos pode dar origem a um longo processo iterativo, baseado em tentativa e erro, a partir do qual procura-se obter um controlador com melhor desempenho. Para contornar a dificuldade associada à busca de um controlador ótimo, a técnica de algoritmos genéticos pode ser utilizada (Hashiyama et al, 1995). Para isto, algumas características do controlador são codificadas na forma de cromossomos compondo um indivíduo. Um conjunto de indivíduos gerados aleatoriamente (população) é então avaliado através de um critério de desempenho. Ao final do processo evolucionário somente os indivíduos com o melhor desempenho compõe a população.

Neste trabalho, a função que mede o desempenho do indivíduo (um controlador aplicado a um sistema multi-corpos) é definida com sendo o valor RMS da aceleração absoluta da massa suspensa do veículo. Sendo assim, a minimização desta função pressupõe um aumento do nível de conforto proporcionado aos ocupantes.

5. INTERFACE ADAMS – MATLAB

O ADAMS™ é um software de simulação usado para projeto e análise de sistemas dinâmicos através da técnica dos multi-corpos. Dentre seus recursos destaca-se a capacidade de trabalhar com variáveis parametrizadas e compartilhar informações com outras ferramentas computacionais.

O SIMULINK™ é uma ferramenta do software MATLAB™ que proporciona um ambiente gráfico para computação genérica através de diagrama de blocos e permite a análise e desenvolvimento de sistemas de controle.

A interação entre os códigos de simulação (ADAMS™) e controle (MATLAB™/SIMULINK™) pode ser feita de três formas diferentes (Vaculín, 1996):

- Sistema linear – As equações (1) e (2) representam o sistema dinâmico no espaço de estados através das matrizes A, B, C e D. Estas matrizes são obtidas através da linearização do modelo multi-corpos no ADAMS™ e são exportadas na forma de arquivos de entrada para o MATLAB™.

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (1)$$

$$y = Cx + Du \quad (2)$$

- Código Simbólico – O modelo multi-corpos é descrito por um conjunto de equações diferenciais não lineares geradas a partir do ADAMS™ e incluídas em um arquivo formatado segundo a linguagem FORTRAN™. Com isso, o modelo do veículo é representado através de um bloco com entradas e saídas correspondentes.
- Interface via função – Um conjunto de equações diferenciais referentes ao sistema multi-corpos é gerado usando um arquivo de dados ADAMS™ que contém o modelo de interesse. Neste caso, além de permitir a geração de arquivos para pos-processamento no ambiente ADAMS™, não é necessário compilação de arquivos fonte.

6. ESTUDO DE CASO

A fim de proporcionar a possibilidade de estudo do comportamento dinâmico de um veículo equipado com um sistema de suspensão semi-ativa frente às amplas possibilidades de usar diferentes lógicas e parâmetros de controle, foi elaborado um procedimento de caráter multi-disciplinar através da integração das ferramentas computacionais ADAMS™ e MATLAB™.

Devido ao elevado custo computacional associado à simulação do modelo completo do veículo, conforme descrito no item 2, os procedimentos de otimização foram aplicados inicialmente a duas outras alternativas de modelos simplificados.

6.1. Modelo de um Quarto de Veículo

Um alternativa muito usada para representar o comportamento dinâmico de veículos em aplicações que envolvem a definição de controladores ótimos é o modelo que considera apenas um quarto do veículo. Este modelo oferece como principal vantagem a sua simplicidade matemática que impõe um reduzido custo computacional na implementação dos procedimentos de simulação. Esta característica viabiliza o uso de procedimentos de otimização que normalmente requerem um elevado número de simulações para avaliação do critério de desempenho.

Seguindo o procedimento de construção de um controlador fuzzy e a lógica descrita na Tab. (1), são estabelecidas as entradas (aceleração absoluta da massa suspensa e velocidade relativa entre massa não suspensa e suspensa), saída (coeficiente de amortecimento) e base de regras, conforme mostrado na Tab. (2).

As curvas de pertinência usadas para as entradas são do tipo gaussiana e representam as três variáveis lingüísticas possíveis (Negativo, Zero e Positivo). Da mesma forma, o coeficiente de amortecimento (saída) é determinado pelas curvas de pertinência: Baixo, médio e alto.

Tabela 2. Base de regras para o controlador inicial.

		Aceleração (\ddot{z}_b)		
		NEG	ZERO	POS
Velocidade suspensão (\dot{z}_s)	NEG	Baixo	Médio	Alto
	ZERO	Médio	Médio	Médio
	POS	Alto	Médio	Baixo

Aplicando o procedimento de otimização via algoritmos genéticos na base de regras do controlador e usando um critério de desempenho associado ao valor RMS da aceleração \ddot{z}_b , obteve-se um controlador com a base de regras modificada.

O cálculo do valor RMS para a aceleração da massa suspensa (\ddot{z}_b) a partir das simulações considerando o sistema de amortecimento passivo, semi-ativo inicial e semi-ativo otimizado pode ser visto na Fig. (3) e fornece os valores $33,85 \text{ m/s}^2$, $37,78 \text{ m/s}^2$ e $24,45 \text{ m/s}^2$, respectivamente.

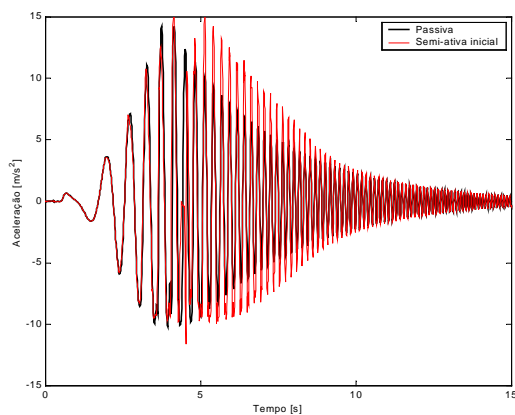
A análise destes resultados conduz a algumas conclusões preliminares:

- Os valores obtidos mostram que o sistema semi-ativo inicial apresenta um redução no desempenho de 11,62 % quando comparado com o sistema passivo.
- O sistema semi-ativo otimizado apresentou uma melhora de desempenho de 35,29 % em relação ao sistema semi-ativo inicial e de 27,78 % em relação ao sistema passivo.

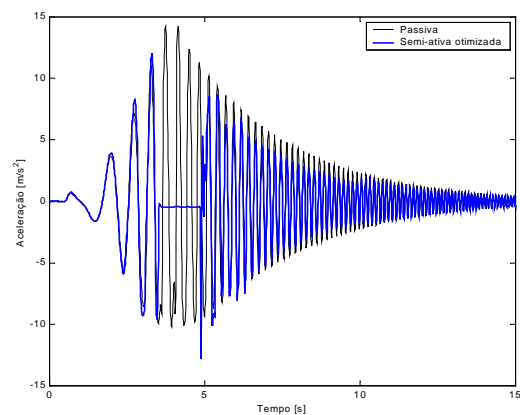
Isto mostra que o procedimento de otimização foi capaz de reorganizar a base de regras inicial para uma configuração mais eficiente, conforme mostra a Tab. (3).

Tabela 3. Base de regras otimizada.

		Aceleração (\ddot{z}_b)		
		NEG	ZERO	POS
Velocidade suspensão (\dot{z}_s)	NEG	Alto	Baixo	Baixo
	ZERO	Alto	Baixo	Baixo
	POS	Alto	Médio	Baixo



(a)



(b)

Figura 3. Resultados de aceleração da massa suspensa no modelo de um quarto de veículo:

(a) Comparação entre o sistema passivo e o semi-ativo inicial

(b) Comparação entre o sistema passivo e o semi-ativo otimizado

6.2. Modelo Simplificado do Veículo

O modelo simplificado do veículo mostrado na Fig. (4) apresenta as características de massa, inércia e rigidez semelhantes às do modelo completo, contudo algumas modificações permitiram a redução do número de partes de 15 para 5. O número de graus de liberdade considerados neste modelo é de 7, sendo 3 associados à estrutura (deslocamento vertical, e deslocamentos angulares em torno dos eixos longitudinal e transversal ao veículo) e 4 aos movimentos verticais das rodas.

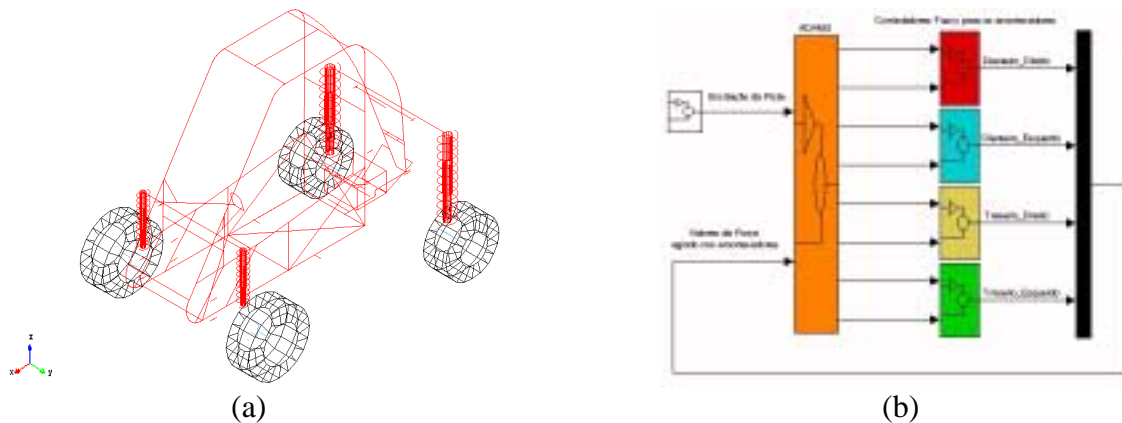


Figura 4. (a) Desenho esquemático do modelo simplificado do veículo.
(b) Representação do modelo MATLAB™/SIMULINK™ para o controlador.

Devido a sua característica geométrica mais elaborada, este modelo de veículo permite a inclusão de um controlador para cada amortecedor do veículo. Partindo da base de regras otimizada para o caso anterior, o código de algoritmos genéticos foi usado para a otimização das curvas de pertinência da saída quanto à sua posição e forma.

A Figura 5 mostra as curvas de pertinência para a saída antes e depois da otimização. Sua comparação mostra que houve uma tentativa do processo de otimização em reduzir o intervalo de variação do coeficiente de amortecimento.

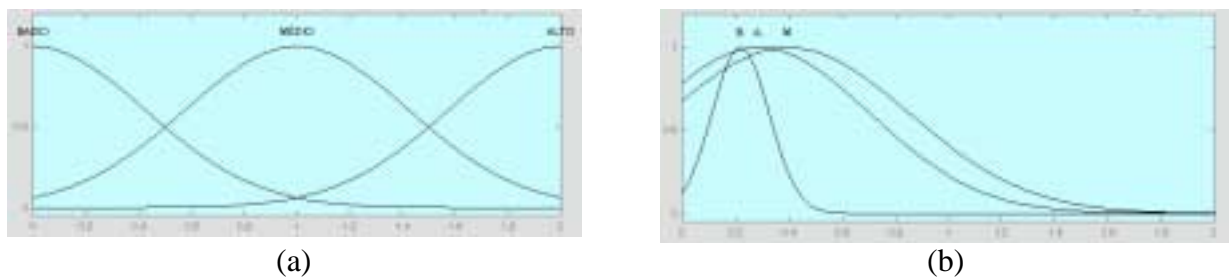


Figura 5. Curvas de pertinência para a saída:
(a) Configuração inicial proposta;
(b) Configuração otimizada.

Os resultados de aceleração do CG da estrutura são mostrados na Fig. (6a). Sua análise mostra que o valor RMS para o sistema com amortecimento passivo é de $9,40 \text{ m/s}^2$, enquanto que para o sistema com suspensão semi-ativa com saída otimizada é de $8,90 \text{ m/s}^2$. Isto representa um ganho de desempenho de 5,3 % em favor do sistema semi-ativo.

Com o intuito de avaliar a robustez do controlador otimizado, uma segunda condição de operação do veículo foi simulada através da modificação do perfil da pista, caracterizado em sua nova configuração por obstáculos de amplitudes diferentes e defasados entre si. Os resultados obtidos são apresentados na Fig. (6b) e sua análise mostra que o sistema semi-ativo proporcionou

uma redução no valor RMS da aceleração da estrutura de 33,93 %, além de uma redução de 55,09 % no seu valor de pico.

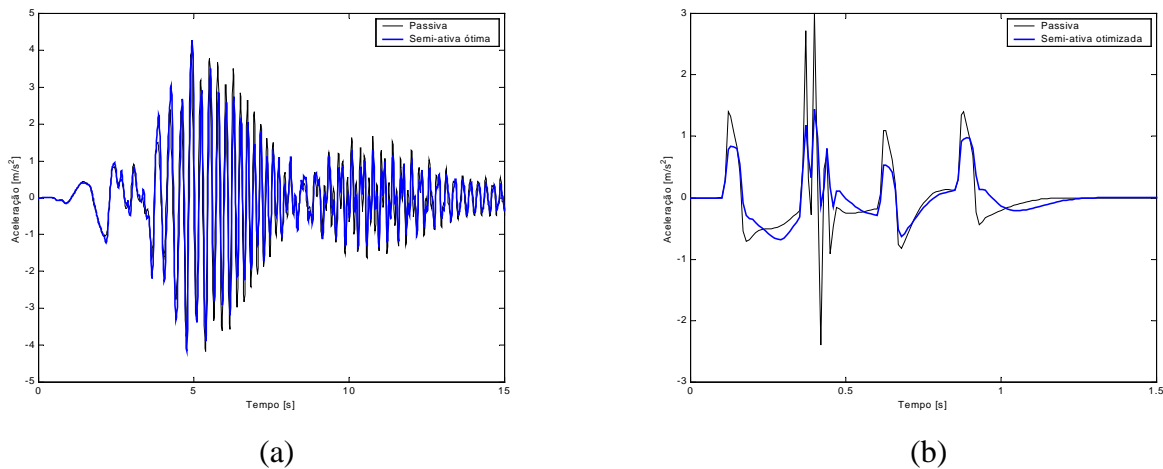


Figura 6. Resultados de aceleração vertical do CG da estrutura no modelo simplificado:

- (a) Comparação entre o sistema passivo e semi-ativo ótimo, com excitação por varredura em freq.;
- (b) Comparação entre o sistema passivo e semi-ativo ótimo, com excitação por obstáculos na pista.

6.3. Modelo Completo do Veículo

Com o controlador otimizado em 2 etapas, o próximo passo foi a verificação de seu desempenho quando aplicado ao modelo mais completo de veículo. Os resultados obtidos são mostrados de forma comparativa na Fig. (7). Os valores para o nível RMS da aceleração da estrutura são $0,15 \text{ m/s}^2$ para o sistema de amortecimento passivo, $0,18 \text{ m/s}^2$ para o sistema semi-ativo inicial (usado como ponto de partida na otimização do modelo de um quarto de veículo) e $0,10 \text{ m/s}^2$ para o sistema semi-ativo otimizado em 2 etapas (com base de regras e funções de pertinência).

A análise destes resultados mostra que a implementação do controlador inicial, intuitivo, implicaria em uma redução de desempenho, uma vez que a aceleração RMS da estrutura é 20,90 % maior que a obtida com o sistema passivo. Entretanto, o controlador otimizado para o caso do modelo simplificado proporcionou uma redução no nível RMS da aceleração da estrutura de 43,11%.

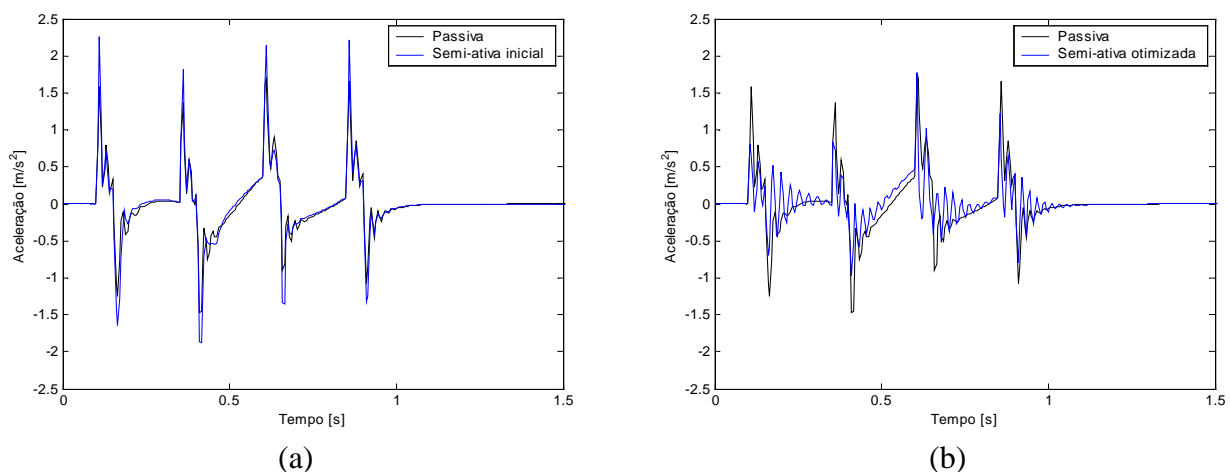


Figura 7. Resultados de aceleração vertical do CG da estrutura no modelo completo:

- (a) Comparação entre o sistema passivo e semi-ativo inicial;
- (b) Comparação entre o sistema passivo e semi-ativo otimizado.

7. CONCLUSÕES

A metodologia usada para a definição de um controlador fuzzy otimizado para o modelo completo do veículo se mostrou adequada considerando o incremento de desempenho obtido quando comparado ao controlador intuitivo proposto e ao próprio sistema de amortecimento passivo.

O método de algoritmos genéticos mostrou-se adequado à otimização dos controladores fuzzy, uma vez que foi obtido um significativo incremento no desempenho do sistema analisado.

O aumento da complexidade dos modelos computacionais representativos da realidade tecnológica dificulta a tarefa de elaborar um controlador intuitivo eficiente, uma vez que podem existir vários parâmetros físicos relevantes para o desempenho do sistema interagindo de forma complexa.

As ferramentas computacionais utilizadas para a modelagem e simulação do comportamento dinâmico de veículos têm permitido um grande avanço no que diz respeito à análise de modelos sofisticados. Isto é de grande importância para os casos em que a análise pretendida envolve condições específicas de operação como frenagem, aceleração e estabilidade em curva.

A análise de situações que agregam um elevado grau de complexidade aos modelos matemáticos dificulta a aplicação dos procedimentos de otimização em função do grande esforço computacional necessário à avaliação das funções objetivo e critérios de desempenho. Desta forma, técnicas de condensação de modelos podem ser usadas para ampliar as possibilidades de análise.

8. REFERÊNCIAS

- Al-Holou, N., d. S., and Shaout, A., 1995, "The Development of Fuzzy Logic Based Controller for Semi-Active Suspension System", Fuzz/IEEE, 0-7803-2428-5/95.
- Dixon, J. C., 1999, "The Shock Absorber Handbook", SAE Publications Grp. ISBN 0-7680-0050-5.
- Hac, A., and Youn, I., 1993, "Optimal Design of Active and Semi-active Suspensions Including Time Delay and Preview" ASME Transactions, Vol. 115, pp. 498-508.
- Hashiyama, T., Behrendt, S., Furuhashi, T., Uchikawa, Y., 1995, "Fuzzy Controllers for Semi-Active Suspension System Generated through Genetic Algorithms", Fuzzy/IEEE, 0-7803-2559-1/95.
- Karnopp, D., 1990, "Design Principles for Vibration Control Systems using Semi-Active Dampers", ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Vol. 112, pp. 448-455.
- Leal, M. F., Borges, J.A.F., Butkewitsch, S., 2001, "A Case Study on the Response Surface Method Applied to the Optimization of the Dynamical Behavior of Vehicles", SAE Technical Paper Series No. 2000-01-3850 - X Congresso e Exposição Internacionais de Tecnologia da Mobilidade, São Paulo, Brasil.
- Nicolas, C. F., Landauluze, J., Castrillo E., Gaston, M., and Reyero, R., 1997, "Application of Fuzzy Logic Control to the Design of Semi-Active Suspension Systems", Fuzz/IEEE, 0-7803-3796.
- Nürnberger, A., Nauck D., and Kruse R., 1999, "Neuro-Fuzzy Control Based on the NEFCON Model: Recent Developments," Soft Computing: A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications, Vol. 2, No. 4, pp. 168-182.
- Pham, D. T., and Karaboga, D., 1998, "Intelligent Optimisation Techniques", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 1-85233-028-7.
- Vaculín, O., Kortüm, W., Schwartz, W., 1996, "Analysis and Design of Semi-Active Damping in Truck Suspension - Design-by-Simulation", Proc. Internat. Symp. on Advanced Vehicle Control, AVEC'96, Aachen.
- Valásek, M., Kortüm, W., Sika, Z., Magdolen, L., Vaculín, O., 1998, "Development of Semi-Active Road-Friendly Truck Suspension", submitted to Control Engineering Practice.

THE STUDY OF A SEMI – ACTIVE SUSPENSION SYSTEMS BY MEANS OF VIRTUAL PROTOTYPES

Abstract

Computer simulation is a powerful research and development tool in many engineering fields, specially in the automotive industry. A virtual prototype is developed by means of the integration of CAD/CAE technologies, aiming at the study of the dynamical behaviour of vehicles. The mathematical model of the vehicle is defined within a virtual environment, using the software ADAMS™. Along the model development, the authors have searched for the high fidelity representation of the features of a Mini – Baja prototype, detailing its most important components (suspensions, steering system, transmission, tires, etc.), as well as its interface with the environment, by means of the contact between the tires and the track surface. With the rising necessity for the study of new technologies regarding the dynamical behaviour of vehicles, a semi – active suspension sub – model has been introduced into the global vehicle model. This approach comprises the implementation of variable dampers through the control tools available within the software MATLAB™. This technological alternative has shown to be interesting due to its low cost relative to an active suspension and also because of the perspective of obtaining good performances from the comfort and stability viewpoints. Indeed, this work deals with the optimization of a vehicle suspension control system, represented by means of a virtual prototype, using Artificial Intelligence techniques such as Fuzzy Logic and Genetic Algorithms.

Keywords: Vehicle dynamics, Semi – active suspension system, Numerical Simulation