

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

MODELAGEM MULTICORPOS DO MECANISMO BIELA MANIVELA INVERTIDO PARA APLICAÇÃO EM ENGENHARIA AUTOMOTIVA

João Paulo Moreira Bento, Maria Alzira de Araujo Nunes e Rita de Cássia Silva.

UnB, Universidade Brasília, Curso de Engenharia Automotiva.

Campus Gama - Área Especial de Indústria Projeção A - UnB, Setor Leste - CEP 72.444-240 - Gama - Distrito Federal.

E-mail para correspondência: joaopaulo.moreira.bento@gmail.com

Introdução

Os subsistemas que compõem um veículo automotor são basicamente cinco: o powertrain (conjunto motor/transmissão), freios, chassi/monobloco, carroceria e suspensão. Este último possui funções essenciais como isolar os ocupantes dos efeitos das irregularidades do perfil do solo em que trafega, além de garantir boas condições de dirigibilidade do veículo oferecendo estabilidade e segurança durante a condução (Milliken & Milliken 1995; Reimpell, 2001; Gillespie, 1992).

As suspensões podem ser dependentes e independentes, o que faz com que tenham diferentes arranjos construtivos ou de montagem. Estas diferenças de concepção podem fazer com que um tipo ou outro seja mais adaptado a um determinado tipo de veículo ou situação de uso (Dixon, 1996).

Nas suspensões independentes as rodas de um mesmo eixo podem mover-se verticalmente de forma independente, enquanto que nas dependentes isto não é possível (Dixon, 1996). Nas suspensões dependentes a cambagem das rodas é pouco afetada pela rolagem do chassi em trajetórias curvas, o que pode ser apontado como uma de suas principais vantagens (Gillespie, 1992). Para as suspensões independentes apontam-se como principais vantagens a incapacidade de transmissão de vibração de uma roda para outra e o maior espaço deixado pela inexistência de um eixo transversal ligando uma roda à outra.

Dentre as suspensões independentes (Trailing Arm, Double A, Multilink, Semi Trailing Arm etc.) a MacPherson é a mais comum. A Figura 1 ilustra este tipo de suspensão. Nos automóveis de passeio, ela pode ser encontrada no eixo dianteiro, mas pode também ser usada no eixo traseiro. Ela é composta basicamente de um braço transversal inferior (ou bandeja) e o conjunto mola-amortecedor que age como um braço de controle, isto faz com que o sistema de suspensão seja mais compacto e leve.



Figura 1 – Suspensão MacPherson (Fonte: http://www.subaru.pt/novo/10forester_drivability.html).

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver em software multicorpos, um modelo simplificado da suspensão MacPherson. Para tanto, primeiramente realizou-se o estudo do mecanismo biela-manivela que é um clássico dentre os mecanismos classificados como sendo de quatro barras. Este mecanismo é um dos sistemas mais utilizados na engenharia devido a sua simplicidade e versatilidade (<http://www.estv.ipv.pt/dep/CinematicaeDinamicadeMecanismos.pdf>), podendo ser encontrado em compressores e motores de combustão interna, entre outros usos.

Partindo-se do mecanismo biela-manivela, Fig.2(a), e fazendo com que a biela (link 3), seja indiretamente presa ao solo através da vinculação do link que representa o slider (conjunto *Box/link* – link 4), Fig.2(a), uma variação do mecanismo original surge, sendo denominado mecanismo biela-manivela

invertido, Fig.2(b). Segundo Jazar (2008), este sistema mecânico pode representar a cinemática e dinâmica de um ¼ de suspensão MacPherson e isto representa um dos aspectos motivador para este trabalho.

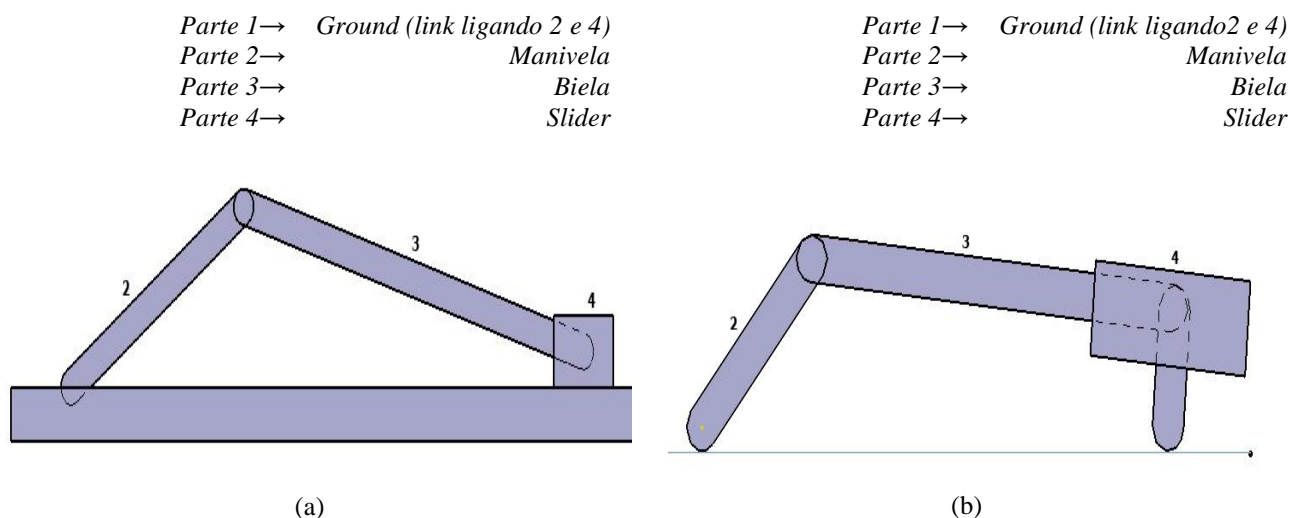


Figura 2 – Mecanismos de 4 barras (a) mecanismo biela-manivela. (b) mecanismo biela-manivela invertido.

Assim, conforme dito acima, um modelo do mecanismo biela-manivela invertido representativo de uma suspensão MacPherson será desenvolvido em software multicorpos, no caso ADAMS/View, que é muito utilizado na indústria automotiva. O modelo virtual proposto é simples e de fácil entendimento. Para o mecanismo em questão, Fig.2(b), serão apresentados os resultados referentes à cinemática do slider (conjunto *Box/link* – link 4), ou seja, velocidade e aceleração angulares. Este software permite a visualização da cinemática do mecanismo, algo que o modelo analítico não permite.

Metodologia de Construção do Modelo Biela Manivela Invertido: Aplicação do ADAMS/View

Neste item serão apresentadas as principais etapas no processo de construção do modelo biela manivela invertido. As dimensões das partes do mecanismo foram retiradas de Jazar (2008). A Figura 3 ilustra o referido mecanismo bem como as principais ferramentas utilizadas na construção do mesmo.

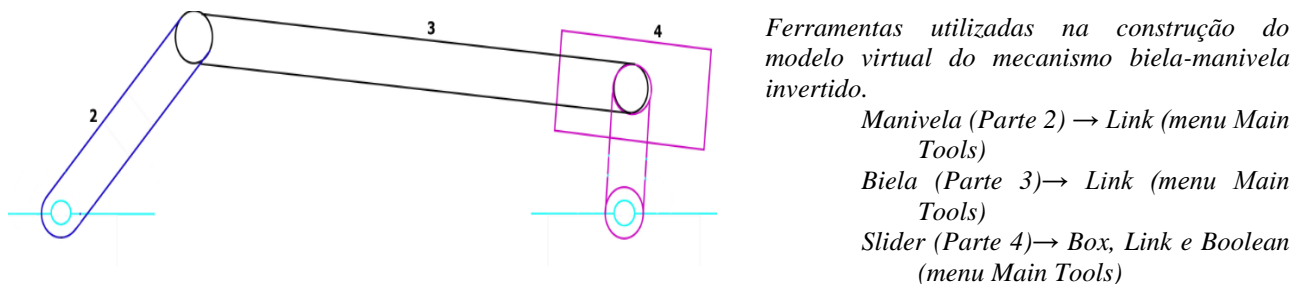


Figura 3 – Mecanismo biela-manivela invertido e as principais ferramentas utilizadas em sua construção.

Conforme ilustrado na Fig. 3, são duas as principais ferramentas utilizadas: o *Link* e o *Box*. O *Link* foi utilizado para a construção da manivela (2), da biela (3) e da haste do slider (4). Esta ferramenta necessita de informações relativas ao tamanho do componente, seu ponto de início (origem) e a direção.

No caso da manivela, adotaram-se as seguintes dimensões: comprimento de 0,01m, largura de 0,002m e profundidade de 0,002m. Já para a biela, adotaram-se as seguintes medidas: 0,0233m de comprimento, 0,002m de largura e 0,002m de profundidade e, finalmente, para a haste do slider têm-se: 0,005m de comprimento, 0,002m de largura e 0,002m de profundidade.

A manivela e a haste do slider, de acordo com Jazar (2008), têm como posições angulares iniciais as mostradas na Tab.1.

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

Tabela 1 – Posição angular inicial definida na modelagem.

Peça	Ângulo com a horizontal
Manivela (2)	45°
Haste do slider (4)	85°

A ferramenta *Box* foi utilizada unicamente para a criação do bloco correspondente ao slider. Utilizaram-se os mesmos passos da etapa anterior para a criação do *Box*. Neste modelo o comprimento é de 0,008m, a largura de 0,004m e a profundidade de 0,002m. A Figura 4(a) mostra a caixa de ferramentas utilizada na construção do *Link 2* para a modelagem da manivela e a Fig. 4(b) mostra a caixa de ferramentas utilizada na construção do *Link 4* para a modelagem do box do slider.



Figura 4 – Caixa de ferramentas utilizada na criação (a) do *Link 2* (manivela). (b) do *Link 4* (box do slider).

A ferramenta *Boolean* foi usada para uma única finalidade, unir a haste e o bloco do slider para formar uma única peça.

Uma vez definida a geometria do modelo, parte-se para a definição de juntas entre os elementos, a fim de inserir os movimentos do sistema. Neste mecanismo foram introduzidas quatro juntas: três revolutas e uma translacional. As juntas revolutas são utilizadas para permitir rotação, elas foram inseridas no contato *Ground* e haste do slider (4), Fig.2(b) e 3, no contato *Ground* e haste da manivela (2), Fig.2(b) e 3, e na união entre a manivela (2) e a biela (3). A junta translacional foi colocada na união entre a biela (3) e o bloco do slider (4), de modo a permitir o movimento da biela para frente e para trás. Finalizada esta parte, na junta *Ground/manivela* foi imposta uma velocidade angular constante de 15 rad/s.

O modelo completo é mostrado na Fig. 5.

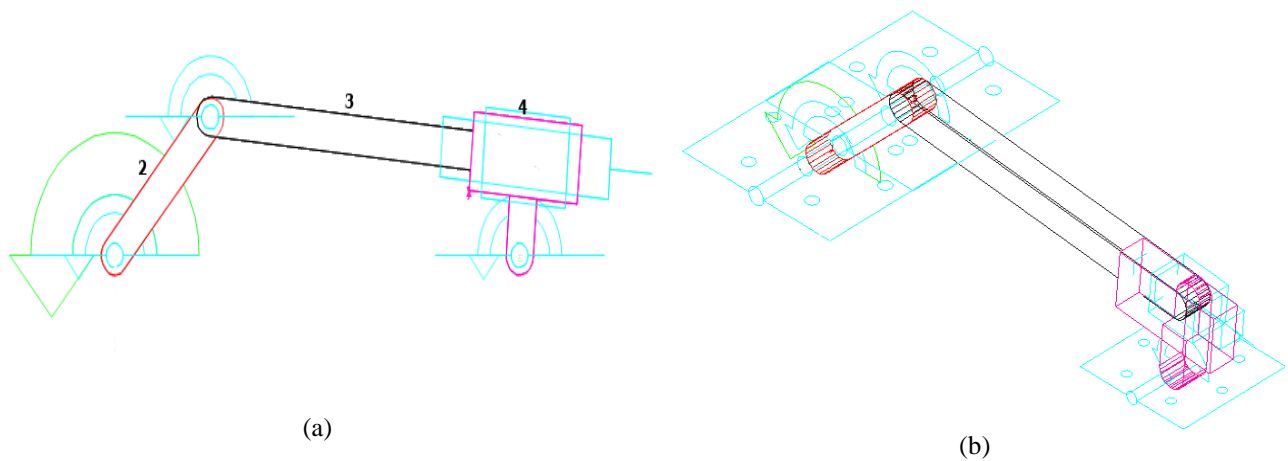


Figura 5 – Mecanismo biela-manivela invertido (a) Vista frontal. (b) Vista Isométrica.

Após o término da modelagem do mecanismo, o próximo passo consiste na simulação do sistema.

A simulação foi realizada com a ferramenta “*Interactive Simulation Controls*”, que está localizada na caixa de ferramentas do ADAMS/VIEW. A Figura 6 mostra os parâmetros utilizados para a simulação (*End Time = 0,5 e Step Size = 0,001*).

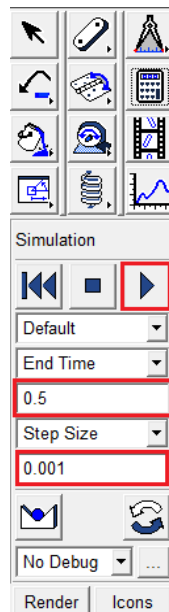


Figura 6 – Parâmetros utilizados para simulação do sistema.

Resultados referentes ao mecanismo biela manivela invertido

Neste item são mostrados os resultados obtidos a partir da simulação do modelo virtual, sendo os mesmos comparados com os resultados analíticos obtidos a partir da formulação analítica proposta por Jazar (2008) e Soni (1981), podendo assim validar o mecanismo virtual. Os resultados obtidos a partir da simulação, Fig.6, foram visualizados no módulo ADAMS/POSTPROCESSOR.

A Figura 7 apresenta a variação do ângulo do slider (*Link 4*) pela variação do ângulo da manivela (*Link 2*). Percebe-se que a manivela faz a rotação completa, variando seu ângulo de 0° a 360° , no entanto, a variação de ângulo do slider é em torno de 40° , variando entre 80° e 120° aproximadamente.

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
 Artigo CREEM2012

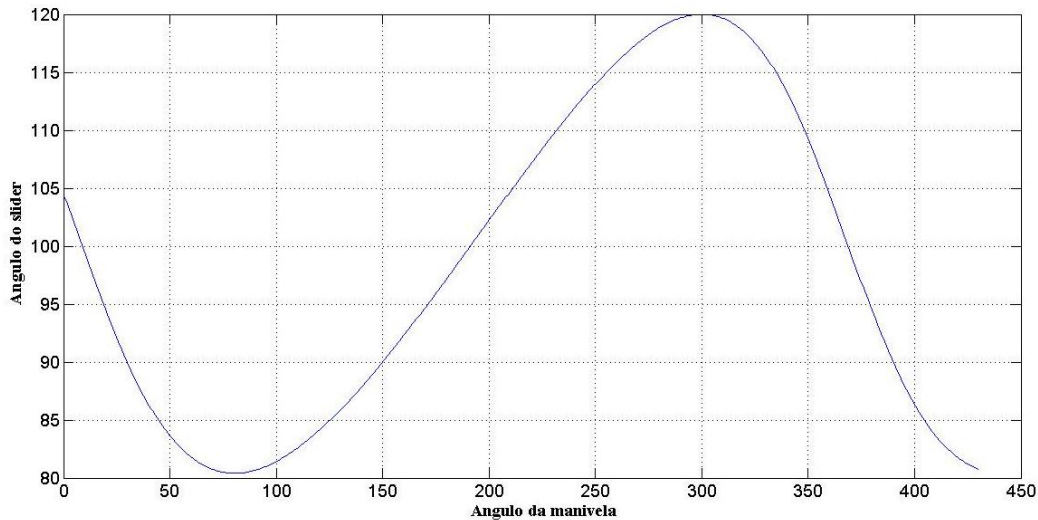


Figura 7 – Variação angular do slider (*Link 4*) em função da variação angular da manivela (*Link 2*).

A Figura 8 nos mostra o comparativo entre as velocidades angulares pelo tempo, obtidas analiticamente e pelo software ADAMS/VIEW. Percebe-se que há uma diferença entre os valores, mas como pode ser observada, essa variação é mínima, de aproximadamente 0,10 segundos.

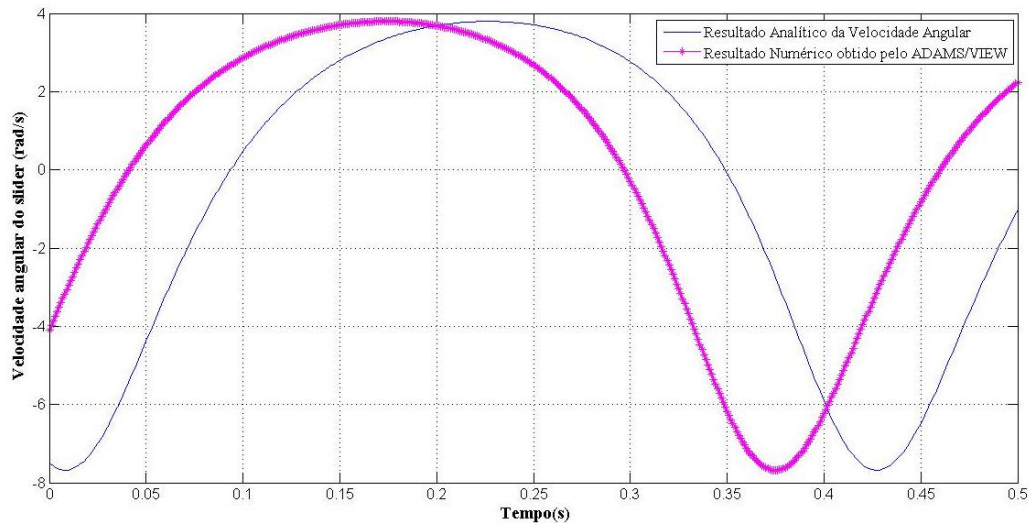


Figura 8 – Comparativo entre as velocidades angulares: analítica e a obtida pelo ADAMS/View.

A Figura 9 exibe o comparativo entre as acelerações angulares pelo tempo, obtidas analiticamente e pelo software ADAMS/View. Como ocorre no comparativo das velocidades angulares pelo tempo, na Fig. 9 também há uma pequena diferença entre os valores, mas como pode ser observada essa variação é mínima, de aproximadamente 0,10s.

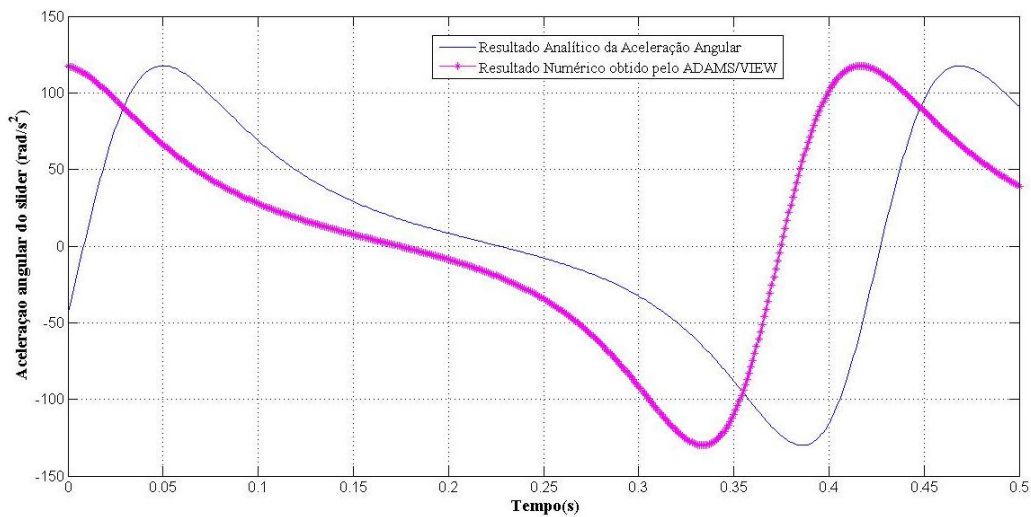


Figura 9 – Comparativo entre as acelerações angulares: analítica e obtida pelo ADAMS/View.

Conclusão

Este trabalho apresenta a modelagem em software multicorpos do mecanismo biela-manivela invertido. Este mecanismo, conforme visto em literatura pertinente, é representativo de um modelo simplificado de uma suspensão Macpherson. Este sistema pode ser considerado uma variação do clássico mecanismo de quatro barras o biela-manivela, que é representativo do funcionamento e modelagem de diversos sistemas mecânicos existentes na engenharia.

O modelo foi construído utilizando o software de análise e simulação ADAMS/View. Softwares multicorpos podem auxiliar os estudantes de engenharia a entender o funcionamento de variados mecanismos e no caso do presente trabalho, o ADAMS/View representa uma destas ferramentas.

Foi mostrado que os resultados obtidos a partir da simulação no módulo ADAMS/View e aqueles obtidos analiticamente (formulação disponível na literatura) são coerentes e bem próximos. Percebe-se que a diferença no eixo do tempo está em torno de 0,10s. Desta forma, conclui-se que a modelagem virtual proposta em ADAMS/View se mostra representativa da formulação analítica proposta na literatura.

Referências Bibliográficas

- Departamento De Engenharia Mecânica E Gestão Industrial Da Escola Superior De Tecnologia De Viseu. "Cinemática e Dinâmica de Mecanismos". Disponível em: <http://www.estv.ipv.pt/dep/CinematicaeDinamicadeMecanismos.pdf>. Acesso em: 16 de junho 2012.
- Dixon, J.C. "Tires, Suspension and Handling", 2 ed. Cambridge University Press, 1996.
- Gillespie, T.D, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", Ed. SAE Internacional, Warrendale, USA, 1992.
- Jazar, N.R., "Vehicle Dynamics Theory and Application", 1 Ed. Springer, 309 p., 2008.
- Milliken W.F., Milliken D.L, "Race Car Vehicle Dynamics", Ed. SAE Internacional, Warrendale, USA, 1995.
- Reimpell, J., Stoll, H., Betzler, J. "The Automotive Chassis: Engineering Principles", 2 Ed. Butterworth Heinemann, Oxford University, 2001.
- Soni, H.A. "Mechanism Synthesis and Analysis", 2 ed. Hemisphere publishing Corporation, 1981.