

## SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO ENTRE UM SER HUMANO E UM VEÍCULO

W. Chagas e V. R. Velloso Silva

Universidade Federal de São João del Rei, Departamento de Engenharia Mecânica, Praça Frei Orlando, 170, São João del Rei, Minas Gerais, Brasil – CEP. 36307-904.

**Key words:** Technique of Multibody Systems, impact, human, vehicle.

**Abstract.** *The occupants's protection of a vehicle has been getting better significantly along the last two decades, thanks to companies that have been developing patents to collect a great number of innovations of transport safety, as airbags, seatbelts that reduce the effect "whipped" in having beaten for back, among others. In this work, a numeric simulation was accomplished, using the Technique of Multibody Systems (MBS), obtaining results of the forces that act in the head and in other parts of the human body during the impact with a vehicle, as well as the point of larger probability of impact of the head. This work will be constituted in an important tool for the understanding of the authorities of MERCOSUL, in order to the implantation of these protection mechanisms to the pedestrians in our countries.*

**Palavras-chave :** Técnica de Sistemas de Multicorpos, impacto, ser humano, veículo.

**Resumo.** *A proteção dos ocupantes de um veículo tem melhorado significativamente ao longo das duas últimas décadas, graças a empresas que têm desenvolvido patentes que cobrem um grande número de inovações de segurança veicular, como airbags, cintos de segurança que diminuem o efeito "chicotada" em batidas por trás, entre outras. Neste trabalho, foi realizada uma simulação numérica, utilizando a Técnica de Multicorpos (MBS), obtendo resultados das forças que agem na cabeça e em outras partes do corpo humano durante o impacto com um veículo, assim como o ponto de maior probabilidade de impacto da cabeça. Este trabalho constituir-se-á numa ferramenta importante para a conscientização das autoridades do MERCOSUL, a fim da implantação destes mecanismos de proteção aos pedestres em nossos países.*

## 1. INTRODUÇÃO

Alguns problemas da atualidade como escassez de recursos, diminuição de custos e aumento da qualidade, levam os projetistas da área de Engenharia Mecânica a buscarem, cada vez mais, ferramentas computacionais para simulação numérica de seus modelos, garantindo-lhes alta confiabilidade antes mesmo da confecção de um protótipo.

Existe uma série de ferramentas computacionais disponíveis no mercado como ADAMS, DADS, IMP, DIMAC, que usam Técnica de Sistemas de Multicorpos. Essa técnica é utilizada para solução de sistemas mecânicos com vários graus de liberdade. O movimento deste tipo de sistema é descrito por equações diferenciais denominadas "equações dinâmicas de movimento". No passado, a obtenção dessas equações era realizada manualmente através da aplicação de princípios básicos em suas variadas formas.

Todavia, com a crescente complexidade devida à incorporação de vários componentes que se deseja estudar, este processo tornou-se complicado para obtenção do modelo matemático e passível de erros. Verifica-se, também, uma certa dificuldade de se incorporar mudanças no projeto e mesmo pequenas variações nas propriedades inerciais e geométricas do modelo. Desta forma, foram desenvolvidas programas de computadores para agilizar o processo de resolução, fazendo-se necessário o amplo conhecimento destas ferramentas pelos engenheiros projetistas, pois tempo de projeto representa custo agregado no produto final.

## 2. TÉCNICA DE SISTEMA DE MULTICORPOS (MBS)

A técnica de multicorpos pode nos fornecer dados mais precisos dos esforços gerados pelo movimento dos corpos. Os esforços gerados entre os membros podem ser estudados nas regiões de junção destes, como por exemplo braço e antebraço. Através desses dados pode-se, posteriormente, fazer uma análise das tensões geradas nas articulações.

Com o desenvolvimento de ferramentas de *software* e aprimoramento do *hardware*, está cada vez mais rápido obter resultados a partir de modelagem MBS para serem utilizados em projetos de sistemas mecânicos.

O desenvolvimento depende basicamente de uma iteração de três importantes áreas: Dinâmica, Matemática, Computação. Na dinâmica encontra-se a modelagem e descrição dos sistemas através da formulação de equações de movimento do sistema, na matemática os métodos de resolução das equações envolvidas numérica e simbolicamente, e na computação, o desenvolvimento de *software* que permita a rápida geração de programas de simulação e *hardware* que permita a redução do tempo computacional.

Para os programas destinados a sistemas multicorpos, suas vantagens estão sendo comprovadas na facilidade de manipulação, manutenção, na sua modularidade e no uso de suas características, que permitem uma maior aproximação do programa com o problema real.

## 3. FERIMENTOS NA CABEÇA (HCI)

As estatísticas de fatalidades que foram reduzidas devido aos *airbags*, novas características dos cintos de segurança e sistemas contra o efeito do movimento brusco da cabeça em batidas

por trás têm deixado mais claro os perigos de ser um pedestre. Nos países da comunidade européia, os pedestres atingidos por carros representam mais de 20% de todas as fatalidades de trânsito. Na Ásia, cerca de 30% dos pedestres morrem nos acidentes de trânsito.

Cerca de 80% das fatalidades ocorrem quando a cabeça do pedestre bate no capô ou na estrutura do pára-brisa, enquanto que a maioria dos restantes ocorre quando o pedestre é arremessado para a rua.

A comissão da comunidade européia está cada vez mais preocupada com as tendências de fatalidade com pedestres. Em julho/2001 foi estabelecido um acordo que delineou uma série de novos testes para assegurar que a violência com que a cabeça de um pedestre não ultrapasse 1000 ferimentos na cabeça - HCI (*Head Injury Criteria*), quando a cabeça bate num carro a 35 km/h.

O HCI é uma medição baseada em aceleração aceita internacionalmente para determinar a violência contra a cabeça. Os valores de HCI baixo de mil indicam que o risco de ferimento mortal é de 15% ou menos. No entanto, a curva sobe exponencialmente. Para um HCI de 2000, o risco de morte é de pouco menos de 90%.

A Autoliv, empresa que possui mais de 3 mil patentes que cobrem um número de inovações de segurança veicular, anunciou em junho/2001 o desenvolvimento de um capô ativo, um novo sistema que poderia reduzir significativamente o risco de ferimentos graves e fatais em pedestres atropelados por carros. O design patenteado é composto por sensores no pára-choque dianteiro do carro que enviam sinais para dois atuadores, que então inflam a parte traseira do capô, fazendo com que a cabeça do pedestre faça contato com uma superfície deformável, ao invés de partes rígidas da estrutura do veículo, conforme Fig. 1. Com este novo dispositivo de segurança, os valores de HIC foram reduzidos em até 90%, chegando ao patamar abaixo de 800 ferimentos na cabeça, conforme Fig. 2. Os testes foram feitos para duas velocidades diferentes : (1) 30 km/h , (2) 40 km/h. (Broge, J. L., 2001).

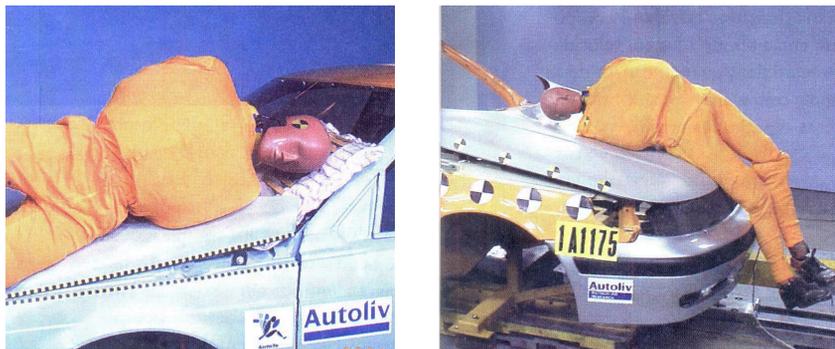


Figura 1 - Ensaios realizados no laboratório da Autoliv para desenvolvimento da proteção inflável

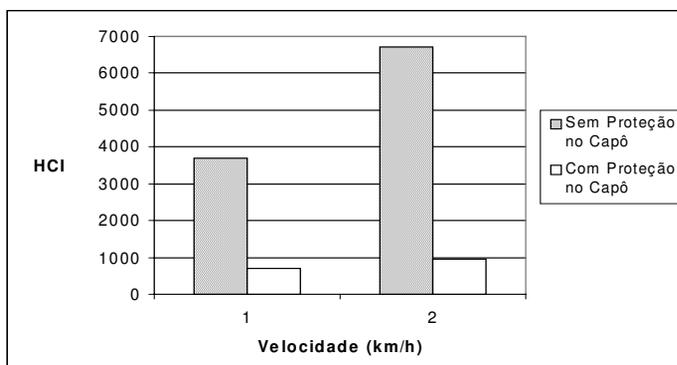


Figura 2 - Gráfico da redução de ferimentos na cabeça com a proteção no capô

#### 4. SIMULAÇÃO NUMÉRICA

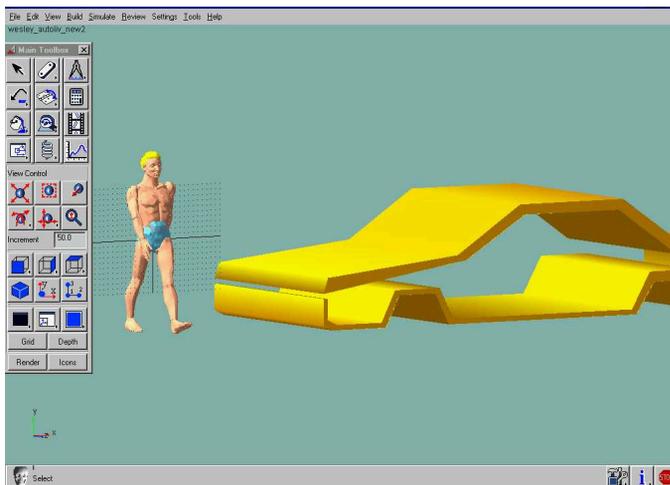
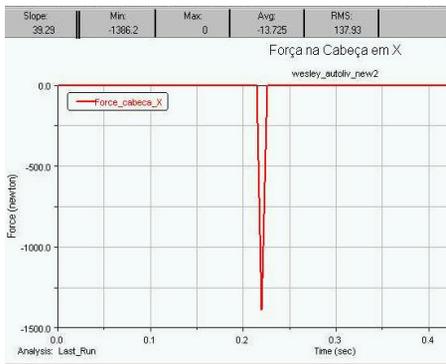


Figura 3 – Montagem para realização da Simulação Numérica

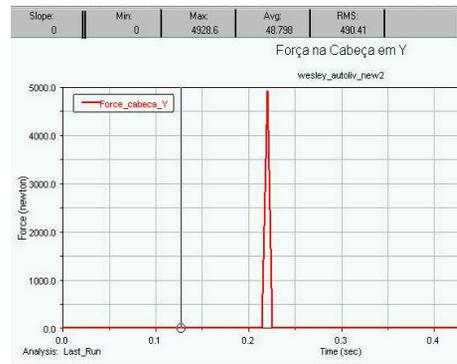
Neste trabalho, foi realizada uma simulação numérica, utilizando a Técnica de Multicorpos (MBS), obtendo resultados das forças que agem na cabeça e em outras partes do corpo durante o impacto, assim como o ponto de maior probabilidade de impacto da cabeça no veículo. A montagem para realização da simulação está exibida na Fig. 3. O ser humano ensaiado possui uma estatura de 1778 mm e massa de 77 kg, sendo gerado a partir do banco

de dados “GeBod” desenvolvido pela força aérea norte americana. O veículo foi extrudado a partir de um perfil geratriz. Sua massa foi atribuída de 870 kg. Neste veículo foi inserida uma junta de deslocamento, cuja velocidade foi fixada em 11,12 m/s, conforme o acordo da comunidade européia.

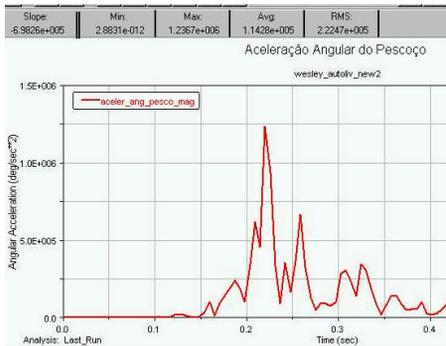
Foram obtidos gráficos da força na cabeça, na direção  $x$  e  $y$ , no instante em que o pedestre colide com o capô, bem como as acelerações angular e translacional do pescoço, conforme Fig. 4.



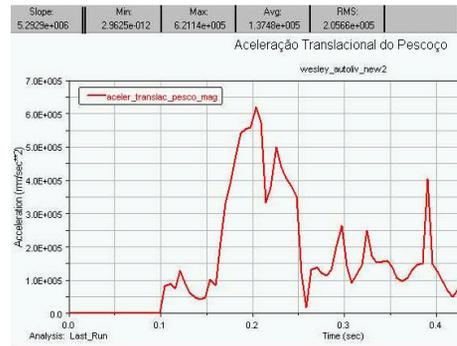
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4 – Resultados obtidos na Simulação Numérica: (a) Força na cabeça na direção  $x$ ; (b) Força na cabeça na direção  $y$ ; (c) Magnitude da aceleração angular do pescoço; (d) Magnitude da aceleração translacional do pescoço.

## 5. RESULTADOS E CONCLUSÕES

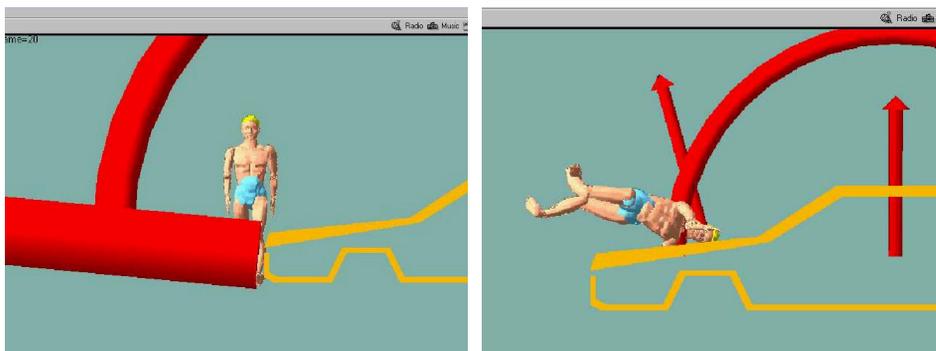


Figura 5 – Vetores Força no momento da Simulação Numérica

Os valores obtidos nesta simulação, conforme Fig. 5, mostram a violência do impacto na cabeça durante a colisão com um veículo a uma velocidade de 11,12 m/s. A força gerada na cabeça no momento do impacto com o automóvel possui uma componente na direção  $x$  de 1386,2 N e na direção  $y$  de 4928,6 N, sendo a magnitude do vetor força em torno de 5120 N. A aceleração angular máxima no pescoço foi de  $1,24 \times 10^6 \text{ }^\circ/\text{s}^2$  e a aceleração translacional foi de  $6,21 \times 10^5 \text{ mm/s}^2$ .

Estes resultados confirmam a alta probabilidade de fatalidade durante o acidente. Isto mostra a necessidade de um estudo mais detalhado, a fim de alertar autoridades e motoristas para a força gerada no corpo humano durante o impacto com um veículo, a uma velocidade permitida legalmente dentro da via urbana.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BROGE, J. L., 2001. *A Autoliv Salvando Ativamente Vidas*. Revista de Engenharia Automotiva e Aeroespacial (SAE BRASIL), nº 8, ano 2, pp 50 – 52.
- ENGIN, A. E. & CHEN, S. M., 1986. *Statistical Data Base for the Biomechanical Properties of Human Soulder Complex – I: Kinematics of the soulder Complex*. ASME J. Biomech. Eng., pp 108 – 221.
- JOHNSTON, R. C. & SMIDT, G. L., 1982. *Measurement of the Joint Motion during Walking*. J. Bone Jt. Surg, 51-A, pp 1083 – 1094.
- VELLOSO SILVA, V. R., 1999. *Análise estrutural de uma bicicleta através de simulação Conjunta de técnica de sistemas de multicorpos e elementos finitos*. Tese de Doutorado. USP.