



METODOLOGIA NUMÉRICA PARA AVALIAÇÃO DA LESÃO NA CABEÇA DE PEDESTRES ADULTOS E CRIANÇAS EM SITUAÇÕES DE IMPACTO COM O CAPÔ DE AUTOMÓVEIS

Ismael Coutinho, ismael_coutinho@yahoo.com¹
Antônio Ferreira Ávila, aavila@netuno.lcc.ufmg.br¹
Bruno Pockszevnicki, bruno@visiongraphic.com.br²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - CEP 31270-901 - Belo Horizonte - MG - Brasil
Telefone +55 (31) 3409-5145 | FAX +55 (31) 3409-3526

² Vision Graphic Design, Departamento de Cálculo Estrutural (CAE)
Av. José Faria da Rocha, 2162 - 2º Andar - Eldorado - CEP 32315-040 - Contagem - MG - Brasil
Telefone +55 (31) 3395-3233 | FAX +55 (31) 3395-3233

Resumo: *É crescente a preocupação mundial no desenvolvimento de tecnologias capazes de proporcionar maior segurança a vítimas de acidentes automotivos. Estatisticamente entre as situações mais críticas está o atropelamento de pedestres, ciclistas e motociclistas. Entre os casos de morte e lesão grave o impacto da cabeça aparece como a principal causa. Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma metodologia numérica para avaliação da gravidade de uma lesão na cabeça provocada pelo impacto com o capô de um veículo em adultos e crianças. Os procedimentos adotados foram baseados em experimentos empíricos desenvolvidos pelo órgão de regulamentação de segurança veicular EEVC (European Enhancement Vehicle Committee).*

Palavras-chave: *Segurança, Pedestre, HIC, FEM, ABAQUS Explícito*

1. INTRODUÇÃO

É crescente a preocupação mundial no desenvolvimento de tecnologias capazes de proporcionar maior segurança a vítimas de acidentes automotivos. Conforme Kleiven (Kleiven, 2006), 78% das mortes em acidentes de trânsito são devidas à lesões na cabeça. Entre os envolvidos, os pedestres são os mais vulneráveis a sofrer lesões graves. No mundo, 65% dos 1,17 milhões e acidentes fatais no trânsito vitimaram os pedestres (Untaroiu, et al., 2008). A maior parte dos acidentes automotivos acontece nas áreas urbanas e em relativamente baixas velocidades, entre 25km/h e 50km/h (Svoboda, et al., 2003). A forma do veículo, a velocidade de colisão e a altura e posição do pedestre são os principais fatores que influenciam na cinemática do atropelamento. Basicamente, em função destas variáveis é definida a área de colisão entre a vítima e o veículo. Estatisticamente a cabeça é impactada contra o capô e o pára-brisa. Estes são portanto os principais componentes automotivos responsáveis por lesões letais no trânsito. O potencial de lesão desses componentes deve ser investigado e minimizado ao máximo no desenvolvimento de novos projetos (Shahbeyk, et al., 2003).

Diante disso, este trabalho visa desenvolver uma metodologia numérica, aplicando os conceitos dos elementos finitos, para avaliar o potencial de lesão associado a componentes automotivos. Dessa forma, os veículos poderão ser classificados e ranqueados conforme o risco que oferecem aos pedestres, constituindo uma base de referência para as construtoras de veículos e seus clientes. Os procedimentos empregados nesta pesquisa foram principalmente baseados na norma elaborada pelo comitê europeu EEVC (European Enhancement Vehicle Committee) (EEVC Working Group 17 Report, Setembro, 2002) o critério HIC (Head Injury Criteria) será adotado para mensuração do grau de lesão na cabeça.

2. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

A formulação genérica que governa o comportamento dos corpos no domínio de tempo é conhecida como a 2ª lei de Newton e é apresentada na Eq. (1).

$$m \cdot \ddot{u}(t) + c \cdot \dot{u}(t) + k \cdot u(t) = F(t) \quad (1)$$

Onde:

- m é a matriz de massas (consistente ou discreta);
- k é a matriz de rigidez da estrutura;
- c é a matriz de amortecimento;
- $\ddot{u}(t)$ é o vetor de aceleração;
- $\dot{u}(t)$ é o vetor de velocidade;
- $u(t)$ é o vetor de deslocamentos;
- $F(t)$ é o vetor de forças externas.

A situação de impacto que este trabalho pretende representar numericamente, envolve efeitos não-lineares oriundos das grandes deformações e das próprias leis constitutivas dos materiais, bem como efeitos significativos de inércia associados à velocidades de impacto entre os corpos. Problemas dinâmicos dessa natureza são mais facilmente tratados numericamente pelo denominado método de integração explícito. O termo explicitamente se refere ao fato de que o estado final de cada incremento é baseado apenas nos deslocamentos, velocidades e acelerações do início do incremento. Esta formulação considera acelerações constantes em cada incremento. Portanto, para que o método produza resultados satisfatórios, o tempo de integração deve ser suficientemente pequeno, de modo que a aceleração seja aproximadamente constante durante o incremento. Dessa forma, a análise comumente requer milhares de incrementos para ser concluída.

O algoritmo de integração explícito utilizado pelo Abaqus, software de elementos finitos adotado, é baseado no método de Newmark. Este algoritmo é classificado como condicionalmente estável pois requer um incremento no tempo inferior a um determinado valor, denominado tempo crítico, para que as equações de movimento não sejam distorcidas por um erro acumulado ao longo das iterações.

Para sistemas discretos, como é o caso dos modelos em elementos finitos, o incremento no tempo deve ser pequeno o suficiente para excitar todos os modos de vibração e frequências naturais do modelo. Para isso, a onda de choque, que se propaga na velocidade do som, deve percorrer todos os nós do modelo. Assim é fundamental, para assegurar a confiabilidade dos resultados, que o incremento no tempo considerado no cálculo seja inferior ao tempo necessário para que uma onda de choque percorra a menor distância entre dois nós do modelo. Essa formulação pode ser expressa em termos matemáticos conforme apresentado na Eq. 2.

$$\Delta t_{cr} = \frac{l_c}{\sqrt{\frac{E}{\rho}}} \quad (2)$$

Onde:

- l_c é a menor distância entre dois nós do modelo
- E é o módulo de elasticidade
- ρ é a massa específica

3. MODELOS NUMÉRICOS DAS CABEÇAS DE ADULTO E CRIANÇA

O objetivo do trabalho é reproduzir numericamente os ensaios empíricos realizados pelo EEVC para classificação de automóveis quanto ao risco que oferecem de lesão ao pedestre. Segundo (EEVC Working Group 17 Report, Setembro, 2002), o modelo da cabeça de pedestres é representado por uma esfera de alumínio revestida por uma camada de borracha. As características peculiares dos modelos do adulto e da criança são apresentadas na Tab. (1) e na Fig. (1).

Tabela 1. Propriedades dos modelos de cabeça do adulto e da criança

Característica	Adulto	Criança
Massa	4,8kg	2,5kg
Momento de inércia	0,0125kg·m ²	0,0036kg·m ²

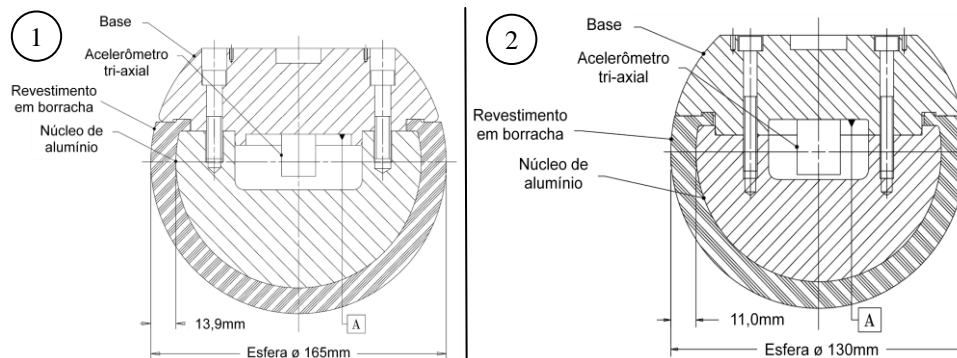


Figura 1 - Modelos das cabeças do adulto (1) e da criança (2)

4. DESCRIÇÃO DO MODELO EM ELEMENTOS FINITOS

Os modelos de cabeça tanto do adulto como da criança foram modelados com elementos tridimensionais de 1º ordem do tipo C3D8 e C3D6. Em sua formulação, estes elementos utilizam integração completa, tornando o cálculo mais custoso computacionalmente em relação aos elementos com pontos de integração reduzidos. Mas por outro lado, estes elementos não são suscetíveis aos denominados "modos de deformação espúrios", que geram erros na energia de deformação do modelo.

A teoria da elasticidade e a Lei de Hooke foram utilizadas para descrever o comportamento do alumínio que compõe o núcleo do modelo das cabeças. As propriedades mecânicas adotadas foram: módulo de elasticidade (E) de 70.000MPa, massa específica (ρ) de 2.700kg/m³ e coeficiente de Poisson (ν) de 0,33.

O revestimento em borracha, diferentemente do núcleo de material isotrópico, segue a lei constitutiva de Ogden. Este tipo de formulação é comumente utilizada para descrever o comportamento de materiais hiperelásticos altamente não-lineares e ligeiramente compressíveis. O comportamento deste tipo de material é apresentado na Fig. 2 e a teoria é baseada na energia de deformação do material, expressa matematicamente pela Eq. (3).

$$U = \sum_{i=1}^N \frac{2 \cdot \mu_i}{\alpha_i^2} \cdot (\bar{\lambda}_1^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_2^{\alpha_i} + \bar{\lambda}_3^{\alpha_i} - 3) + \sum_{i=1}^N \frac{1}{D_i} \cdot (J_{el} - 1)^{2 \cdot i} \quad (3)$$

Onde:

$$J_{el} = \text{deformação volumétrica elástica} = \frac{J}{J_{th}}$$

$$J = \text{deformação volumétrica}$$

$$J_{th} = \text{deformação volumétrica térmica}$$

$$\bar{\lambda}_i = J^{-1/3} \cdot \lambda_i \rightarrow \bar{\lambda}_1 \cdot \bar{\lambda}_2 \cdot \bar{\lambda}_3 = 1$$

$$\lambda_i = \text{alongamento}$$

$$N, \mu_i \text{ e } \alpha_i \text{ são constantes características do material}$$

Os coeficientes μ_i e α_i não precisam ser inteiros ou positivos. No entanto, valores particulares podem causar instabilidade numérica.

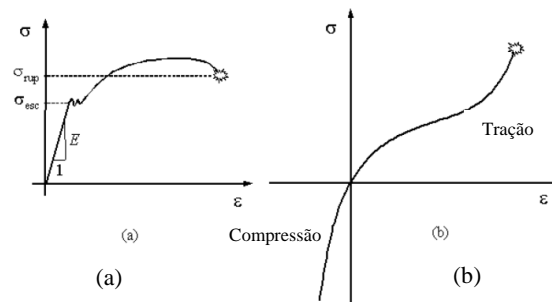


Figura 2. Comportamento de materiais dúcteis (a) e materiais hiperelásticos (b)

O capô foi representado numericamente através de elementos do tipo casca S3 e S4, de 1ª ordem com três e quatro nós. Estes elementos utilizam em sua formulação integração completa, onde os modos espúrios (hourglass) são eliminados. Os reforços estruturais, comumente conhecidos como ossatura/nervuras de reforço e o revestimento externo, principais elementos estruturais do capô, são construídos em aço, material isotrópico com tensão de escoamento de 161MPa e tensão última de 379MPa (ensaios quase estáticos), têm, respectivamente, 0,8mm e 0,7mm de espessura. O módulo de elasticidade adotado foi de 205GPa.

5. O TESTE DE CERTIFICAÇÃO

5.1. Procedimentos

O EEVC realiza empiricamente um teste para certificação das devidas características de seus modelos de cabeça do adulto e da criança. O mesmo ensaio será adotado para validação do modelo numérico. O procedimento é apresentado na Fig. (3).

- Os modelos de cabeça são suspensos por um fio com comprimento de no mínimo 2,0m;
- O denominado ângulo de suspensão entre o plano da base da cabeça e o plano horizontal é ajustado entre 25° e 90°;
- O eixo do punção é alinhado com o centro de gravidade dos modelos;

- O punção é arremessado a uma velocidade de 7m/s no caso do ensaio com o modelo de cabeça da criança e a 10m/s no caso do adulto;
- As acelerações dos centros de gravidade do modelo de cabeça do adulto e da criança são medidas e comparadas com os valores de referência estabelecidos pela norma.

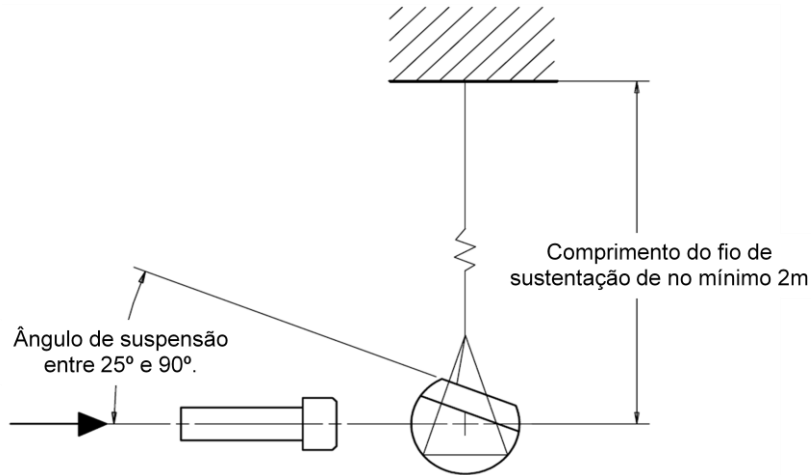


Figura 3. Procedimento esquemático do teste de certificação dos modelos de cabeça

Conforme especificações da norma EEVC, o punção utilizado no teste de certificação deve ter massa de 1.0 ± 0.01 kg, incluindo todos os componentes em movimento, e 70mm de diâmetro.

Para representação numérica do fio de sustentação dos modelos de cabeça foram utilizados elementos especiais dedicados para representação de conexões, os CON3D2. Eles são elementos unidimensionais que permitem ajustar os graus de liberdade dos dois nós que o compõem de modo a representar uma determinada conexão. Para modelagem do fio foram liberados todos os graus de rotação nos dois nós dos 400 elementos utilizados.

5.2. Objetivos

Conforme especificação da norma EEVC, as acelerações dos modelos de cabeça devem estar entre: 405,0G e 495,0G para o modelo de cabeça da criança e 337,5G e 412,0G para o modelo de cabeça do adulto.

5.3. Resultados

A Fig. (4) apresenta a aceleração no centro de gravidade do modelo de cabeça do adulto durante o teste de certificação.

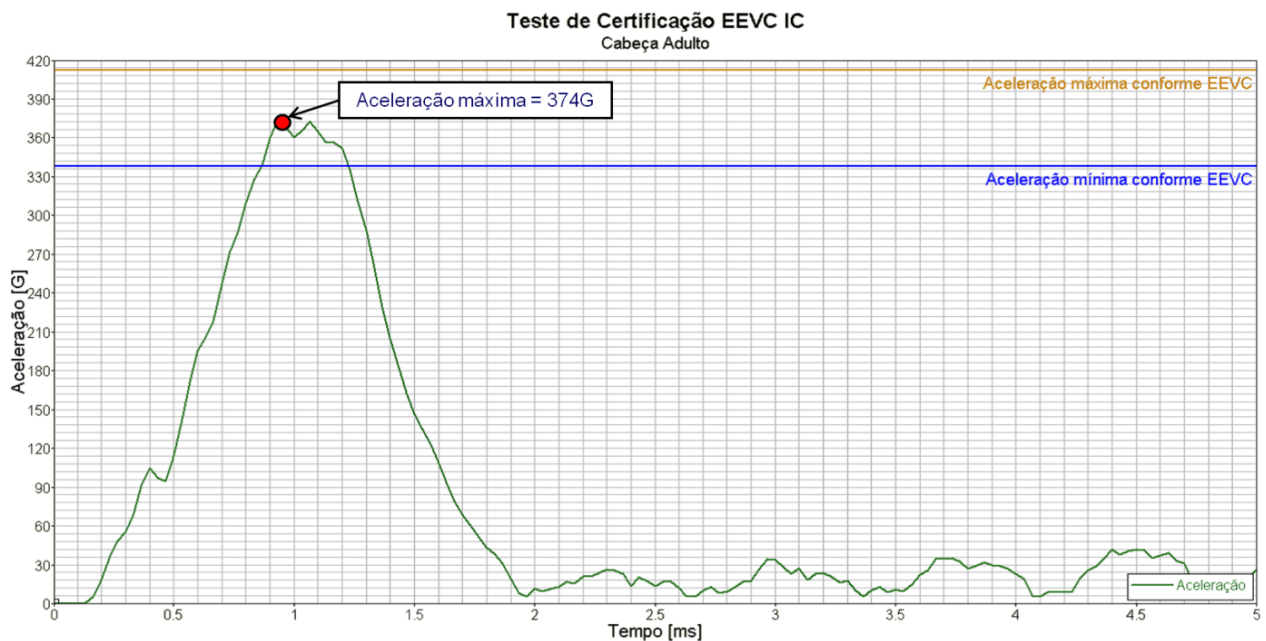


Figura 4. Aceleração no modelo de cabeça do adulto - Teste de certificação

A Fig. (5) apresenta a aceleração no centro de gravidade do modelo de cabeça da criança durante o teste de certificação.

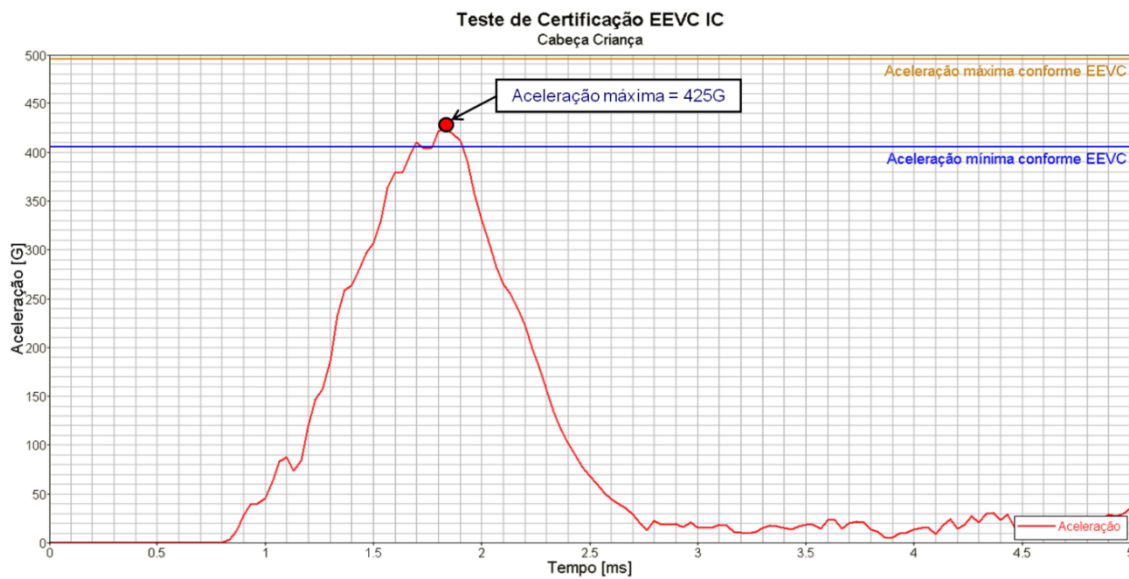


Figura 5. Aceleração no modelo de cabeça da criança - Teste de certificação

6. HIC

O HIC (Head Injury Criterion) é amplamente utilizado como forma de se mensurar o potencial de lesão na cabeça através das acelerações lineares (Marjoux, et al., 2007). Foi inicialmente proposto pelo NHSA (National Highway Traffic Safety Administration) em 1972 baseando-se no trabalho de (Gadd, 1966).

O valor padrão de HIC é calculado pela Eq. (4):

$$HIC = (t_2 - t_1) \cdot \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} a(t) \cdot dt \right]^{2,5} \quad (4)$$

O HIC é determinado através da curva resultante da aceleração nas três direções. As acelerações são consideradas em G's, múltiplos da aceleração da gravidade (9810mm/s²). O intervalo de tempo varia conforme o tipo de estrutura impactada. Para situações onde há contato entre a cabeça e outras partes, o intervalo de tempo não deve ser maior do que 15ms. Caso se deseje calcular o HIC para situações onde não há impacto da cabeça, o intervalo de tempo considerado pode ser de até 36ms.

7. TESTES DE IMPACTO DAS CABEÇAS COM O CAPÔ

7.1. Pontos de impacto da cabeça analisados

O modelo do capô assim como os pontos de impacto da cabeça analisados são apresentados na Fig. (6) e foram definidos dentro da região de teste especificada pela norma EEVC (EEVC Working Group 17 Report, Setembro, 2002).

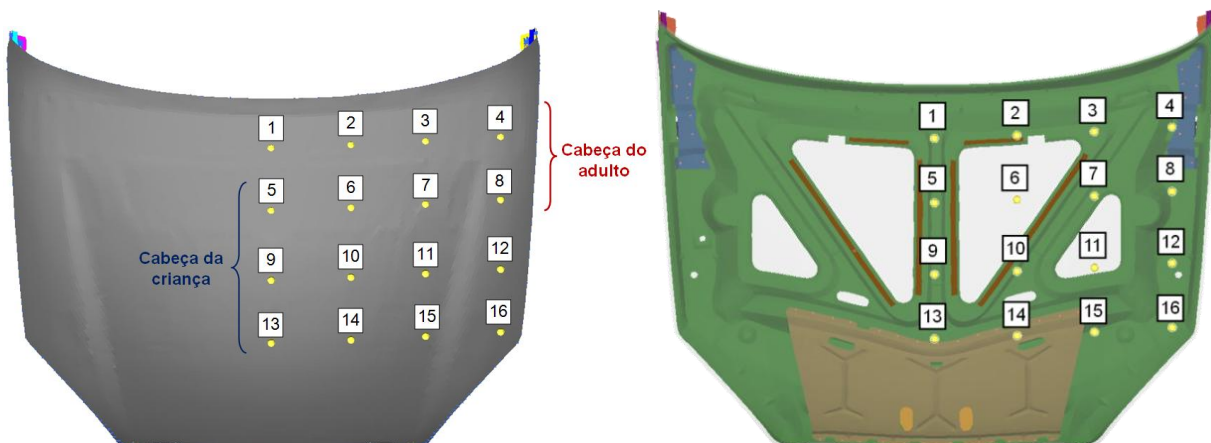


Figura 6. Pontos de impacto da cabeça analisados

7.2. Condições de contorno da análise

A Fig. (7) apresenta as condições de contorno consideradas na análise numérica de impacto das cabeças com o capô.



Figura 7. Condições de contorno na análise do potencial de lesão do capô

7.3. Procedimentos do ensaio

Conforme norma EEVC (EEVC Working Group 17 Report, Setembro, 2002), a cabeça do adulto deve ser arremessada contra o capô em um ângulo de 65° em relação ao solo. Enquanto que a cabeça da criança deve ser arremessada com uma inclinação de 50°. A velocidade de impacto deve ser de 40km/h para o ensaio com ambas as cabeças.

7.4. Valor de HIC máximo

Como critério de projeto será adotado o mesmo valor recomendado pela norma EEVC: 1000HIC. Situações de impacto da cabeça com valores superiores a 1000 têm grandes probabilidades de causar lesões graves às vítimas, sejam elas adultos ou crianças (Marjoux, et al., 2007).

7.5. Avaliação da influência do material do capô no HIC

No desenvolvimento de componentes automotivos é importante conhecer a influência da tensão de escoamento e do módulo de elasticidade do material do revestimento externo e da ossatura do capô no potencial de lesão. Para tal, propõe-se a reavaliação do ponto crítico, aquele com o valor de HIC mais elevado, considerado as curvas de material apresentadas na Fig. (8). O Material 2 possui a tensão de escoamento 30% menor em relação à do Material 1. O Material 3 possui o módulo de elasticidade 30% menor em relação ao Material 1.

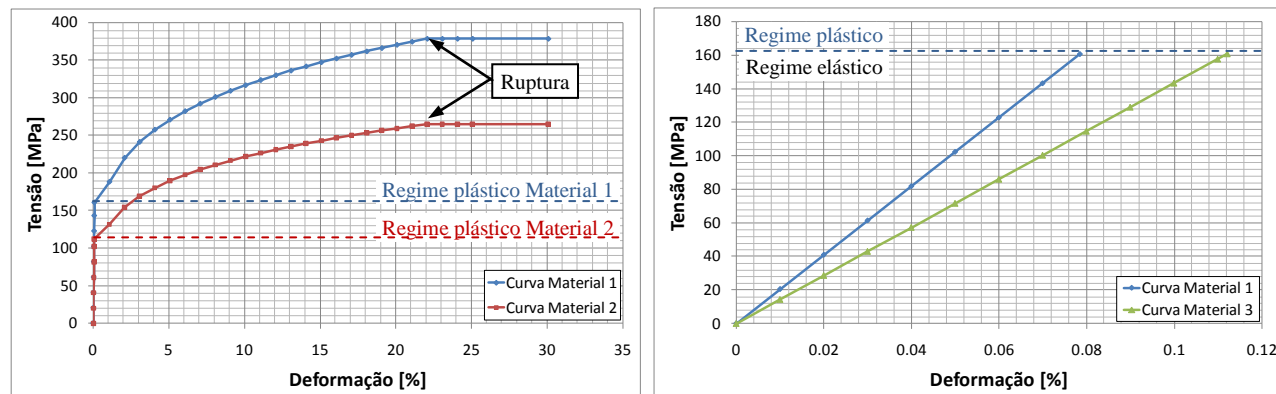


Figura 8. Curvas de Tensão [MPa] x Deformação [%] dos materiais avaliados

8. RESULTADOS

8.1. Resultados dos testes de impacto com as cabeças do adulto e da criança

A Fig.(9) apresenta a deformação do capô e a curva de aceleração da cabeça no Ponto 13, identificado como o mais crítico.

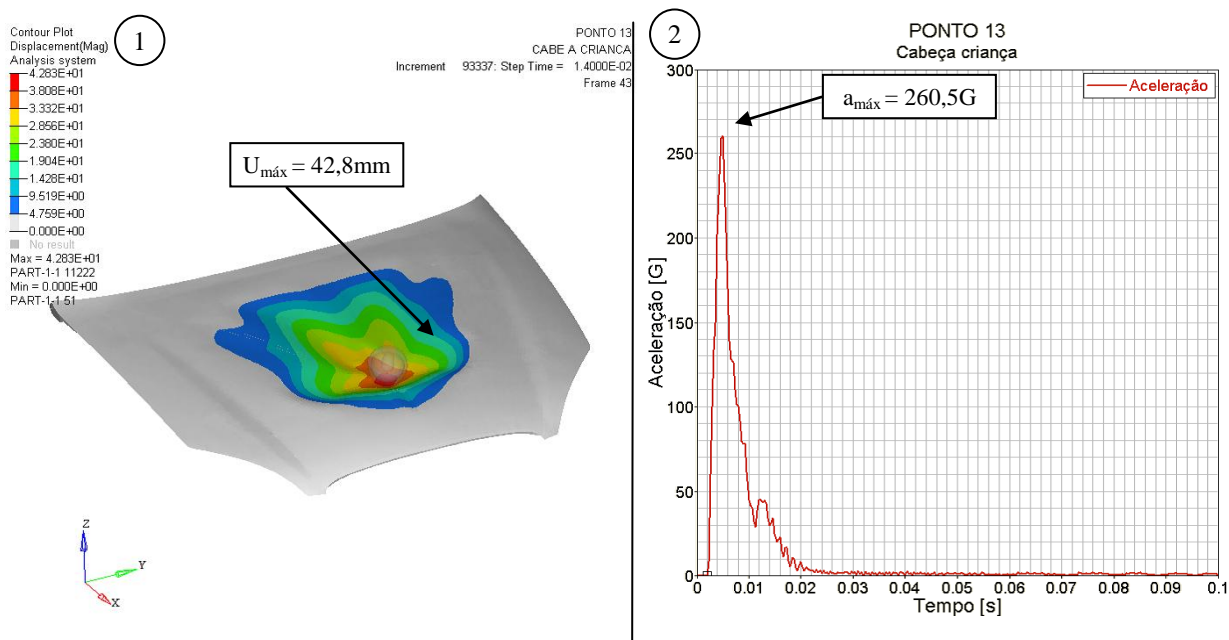


Figura 9. Deslocamento (1) e aceleração (2) no impacto do modelo de cabeça da criança no Ponto 13

A partir das curvas de aceleração da cabeça são calculados os valores de HIC para cada ponto analisados. A Tab. (2) Tabela 2 apresenta os resultados.

Tabela 2. Valores de HIC nos pontos analisados

Ponto	HIC	
	Adulto	Criança
Ponto 1	277	-
Ponto 2	210	-
Ponto 3	399	-
Ponto 4	667	-
Ponto 5	393	819
Ponto 6	463	967
Ponto 7	483	923
Ponto 8	390	873

Ponto	HIC	
	Adulto	Criança
Ponto 9	-	1033
Ponto 10	-	1043
Ponto 11	-	1306
Ponto 12	-	700
Ponto 13	-	1919
Ponto 14	-	1273
Ponto 15	-	1420
Ponto 16	-	482

8.2. Resultados dos testes para avaliação da influência do material do capô no HIC

Os valores de HIC no Ponto 13, identificado como o mais crítico, são apresentados na Tab. (3) nas três situações propostas.

Tabela 3. Valores de HIC para o impacto da cabeça de criança no Ponto 13 considerando os 3 materiais analisados

Ponto analisado	HIC		
	Material 1	Material 2	Material 3
Ponto 13	1919	1596	1738

9. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os valores de HIC superiores a 1000, conforme critério de projeto adotado, foram destacados em vermelho na Tab. (2). O valor máximo de HIC nos ensaios com a cabeça do adulto foi de 605, no Ponto 4, e nos ensaios com a cabeça da criança foi de 1900, no Ponto 13. Observa-se que os pontos mais críticos são aqueles próximos à reforços do capô, para fixação das dobradiças no caso do Ponto 4 e da fechadura no caso do Ponto 13. Os resultados sugerem portanto que quanto mais rígido o ponto impactado, maior será o HIC, ou seja, maior a possibilidade de lesão grave.

Os valores de aceleração dos modelos numéricos das cabeças do adulto e da criança durante o teste de certificação se encontram próximos aos limites inferiores estabelecidos pela norma EEVC. Tal fato indica, portanto, que os resultados produzidos pela simulação numérica tendem a minimizar os valores do HIC, que são diretamente proporcionais à aceleração.

Os resultados dos pontos de 5 a 8 apresentam valores de HIC superiores para o ensaio com o modelo de cabeça da criança em relação ao ensaio com a cabeça do adulto. Conforme estabelece a 2ª Lei de Newton, a menor massa da cabeça da criança favorece maiores acelerações e por isso maiores valores de HIC. A análise indica portanto maior índice de gravidade para situações de atropelamento de crianças.

A redução de 30% na tensão de escoamento do material do revestimento externo e da ossatura provocou uma redução de 17% no HIC do Ponto 13. Esta modificação se mostrou mais eficiente para minimizar os riscos de lesão grave do que a modificação no módulo de elasticidade, que reduzido na mesma proporção, 30%, provocou uma diminuição de apenas 9% no HIC. Portanto, visando a segurança de vítimas de atropelamento, na seleção dos materiais a serem empregados deve-se dar preferência àquele que apresenta menor tensão para um determinado nível de deformação quando comparado aos demais.

As energias envolvidas durante as análises devem ser verificadas para validação dos resultados e mensuração dos erros acumulados pela integração numérica explícita. Conforme recomendado pela bibliografia, a energia total deve ser constante e a energia de deformação artificial deve ser desprezível quando comparada aos valores reais da energia de deformação. A Fig. (10) apresenta as energias durante o ensaio de certificação e o de impacto da cabeça contra o capô.

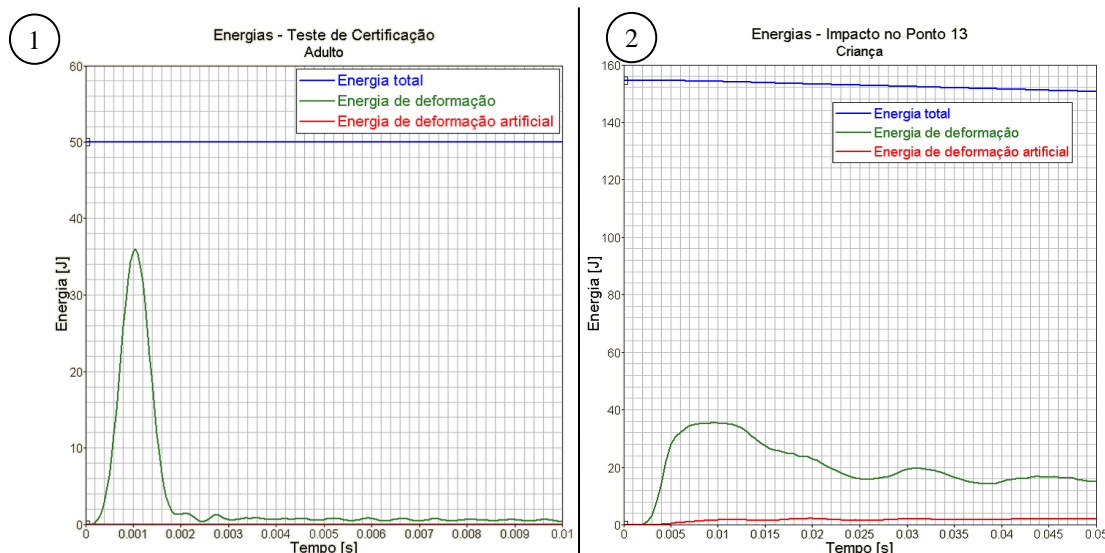


Figura 10. Energias durante os testes de certificação (1) e impacto da cabeça de criança no Ponto 13 (2)

No ensaio de certificação dos modelos de cabeça da criança e o adulto a energia total apresentou uma variação desprezível. E a energia artificial de deformação foi insignificante quando comparada com a energia de deformação real. Portanto, os resultados foram condizentes com o recomendado e os resultados da análise validados. Já no impacto da cabeça da criança com o Ponto 13, o mais crítico, a energia total apresentou uma variação de 3,5% e a energia artificial de deformação 1,7% no instante de máxima aceleração. Considera-se, portanto que o balanço de energia está dentro dos limites aceitáveis. Comportamento similar foi identificado nos demais pontos analisados. O capô quando impactado pode apresentar deformações capazes de provocar contato com componentes adjacentes, modificando drasticamente as condições de análise. Neste trabalho não foram considerados componentes adjacentes ao capô. Fica como sugestão de trabalhos futuros esta implementação para maior fidelidade dos resultados numéricos em relação aos resultados de um teste empírico.

10. CONCLUSÃO

Os resultados das simulações via método de elementos finitos demonstraram que a condição mais crítica de impacto de uma criança no projeto analisado é na parte central inferior, próximo da região frontal. Esta região é coincidente com as nervuras internas de reforço do capô. O HIC crítico calculado atingiu um valor de 1900, o que segundo a literatura é indicativo de um trauma craniano grave. A metodologia apresentada possibilita a simulação do impacto da

cabeça de um adulto ou criança no capô de um automóvel de forma bem próxima da realidade. Este tipo de ferramenta pode ser utilizada como uma forma de se alterar os projetos de veículos visando melhoria das condições de segurança e do pedestre em caso de atropelamento.

11. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte fornecido pela Vision Graphic Design e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais.

12. REFERÊNCIAS

- Carter E. L. e Neal-Sturgess R. N.** APROSYS in-depth database of serious pedestrian and cyclist impacts with vehicles // International Journal of Crashworthiness. - Londres, Inglaterra : [s.n.], 2008.
- EEVC Working Group 17 Report** IMPROVED TEST METHODS TO EVALUATE PEDESTRIAN PROTECTION AFFORDED BY PASSENGER CARS. - Setembro, 2002.
- Fredriksson Rikard, Håland Yngve e Yang Jikuang** EVALUATION OF A NEW PEDESTRIAN HEAD INJURY PROTECTION SYSTEM WITH A SENSOR IN THE BUMPER AND LIFTING OF THE BONNET'S REAR PART.
- Gadd C.W.** Use of a weighted – impulse criterion for estimating injury hazard [Periódico]. - 1966.
- Hoss Leonardo** Modelos Constitutivos Hiperelásticos para Elastômeros Incompressíveis: Ajuste, Comparação de Desempenho e Proposta de um Novo Modelo. - Porto Alegre : [s.n.], Março, 2009.
- Kleiven S.** Evaluation of head injury criteria using a finite element model validated against experiments on localized brain motion, intracerebral acceleration, and intracranial pressure // International Journal of Crashworthiness. - Estocolmo, Suécia : Taylor & Francis, 2006.
- Marjoux Daniel [et al.]** Head injury prediction capability of the HIC, HIP, SIMon and ULP criteria - Daniel Marjoux *, Daniel Baumgartner, Caroline Deck, R'emy Willinger - Universit'e Louis Pasteur, IMFS, 2 rue Boussingault, F-6700 Strasbourg, France - Received 5 October 2006; re [Periódico] // Universidade de Louis Paster. - 2007.
- Marjoux Daniel Baumgartner, Caroline Deck, R'emy Willinger** Head injury prediction capability of the HIC, HIP, SIMon and ULP criteria - Daniel Marjoux *, Daniel Baumgartner, Caroline Deck, R'emy Willinger - Universit'e Louis Pasteur, IMFS, 2 rue Boussingault, F-6700 Strasbourg, France - Received 5 October 2006; re [Periódico] // Universidade de Louis Paster. - 2007.
- Ogden R. W.** Non-linear Elastic Deformations [Artigo] // Ellis Horwood Ltd.. - 1984.
- Shahbeyk S., Kamalan A. e Osanlou M.** A comparative study on vehicle aluminum and steel hood assemblies // International Journal of Crashworthiness. - Teerã : [s.n.], 2003.
- Svoboda J., Solc Z. e Cizek V.** Analysis of collision between pedestrian and Small Cars. - Praga, República Checa : [s.n.], 2003.
- Tinard V. [et al.]** Influence of pedestrian head surrogate and boundary conditions on head injury risk prediction // International Journal of Crashworthiness. - Londres : Taylor & Francis, Junho, 2009. - Vol. 14. - 3.
- Untaroiu Costin D. [et al.]** A study of the pedestrian impact kinematics using finite element dummy models: the corridors and dimensional analysis scaling of upper-body trajectories // International Journal of Crashworthiness. - Virginia, EUA : [s.n.], 2008. - Vol. 13. - 5.
- Willinger R. e Baumgartner D.** Human head tolerance limits to specific injury mechanisms // International Journal of Crashworthiness. - Strasbourg, França : Taylor & Francis, 2003.
- Xu Jun e Li Yibing** Crack analysis in PVB laminated windshield impacted by pedestrian head in traffic accident // International Journal of Crashworthiness. - Pequim : Taylor & Francis, Janeiro, 2009. - Vol. 14. - 1.

13. DIREITOS AUTORAIS

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



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

NUMERICAL PROCEDURE FOR ADULT AND CHILD HEAD INJURY EVALUATION IN IMPACT SITUATIONS AGAINST VEHICLE BONNET

Ismael Coutinho, ismael_coutinho@yahoo.com¹

Antônio Ferreira Ávila, avila529@hotmail.com¹

Bruno Pockszevnicki, bruno@visiongraphic.com.br²

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - UFMG
Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - CEP 31270-901 - Belo Horizonte - MG - Brasil
Telefone +55 (31) 3409-5145 | FAX +55 (31) 3409-3526

² Vision Graphic Design, Computer Aided Engineering Department (CAE)
Av. José Faria da Rocha, 2162 - 2º Andar - Eldorado - CEP 32315-040 - Contagem - MG - Brasil
Telefone +55 (31) 3395-3233 | FAX +55 (31) 3395-3233

Abstract: *The global concern regarding development of new technologies capable of providing enhanced safety to automobile accidents victims is enlarging. Statistically, pedestrians, bikers and motorbikers accidents are the most serious ones. Among severe injury and death cases, head impact appears as the main cause. The objective of this work is the development of a numerical procedure to evaluate head injury level caused by vehicle bonnet impact against child and adult heads. The procedures adopted was based on experimental tests of vehicle safety group EEVC (European Enhancement Vehicle Committee).*

Keywords: *Pedestrian, Safety, HIC, FEM, ABAQUS Explicit*