

PROJETO DE UM CHASSI TIPO BAJA SAE E ANÁLISE DE COLISÕES EM BAIXAS VELOCIDADES

MARCOS DANTAS DOS SANTOS¹, GEORGE HENRIQUE SOUZA DA SILVA², HUGO MARIO TAVARES JUNIOR³, ANTONIO CLAUDIO KIELING⁴

¹MSc. Professor em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus – AM. Fone:(92)98147-8343, marcosdantas73@hotmail.com

²Estudante em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus – AM. Fone:(92)98441-8058, george_henrique001@hotmail.com

³Dr. Professor em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus – AM. Fone:(92)99152-2692, hugo_tavares@hotmail.com

⁴Dr. Professor em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus – AM. Fone:(92)981522113, antonio.kieling@yahoo.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 – Fortaleza – CE, Brasil

RESUMO: Neste trabalho um modelo de chassi do tipo utilizado na competição acadêmica chamada Baja SAE é projetado e analisado. Para fins de análise estrutural, colisões frontais e traseiras são simuladas, uma vez que elas ocorrem frequentemente durante as diversas provas dinâmicas realizadas na competição. As colisões são consideradas quase estáticas baseado no critério de baixas velocidades de operação, na ordem de até 36 km/h. Nessa análise as deformações geradas pelas colisões na estrutura são determinadas para verificar que a estrutura do veículo se mantenha no regime elástico do material (AISI 1020), pois uma deformação plástica excessiva na estrutura do chassi pode fazer com que ele seja retirado da competição até devido reparo. Na elaboração do projeto foi utilizado o programa Autodesk Inventor 2016, e o programa ANSYS 16.0 foi empregado para análise numérica pelo método dos elementos finitos. As análises numéricas realizadas, na parte frontal e traseira, mostraram que, em nenhum ponto da estrutura da gaiola do piloto, atinge o valor limite elástico de 295 MPa do material. Portanto, não se faz necessário realizar aprimoramentos na estrutura do chassi em relação a esta condição de carregamento.

PALAVRAS-CHAVE: Chassi Baja SAE, elementos finitos, colisões elásticas.

PROJECT OF A BAJA SAE CHASSIS AND COLISION ANALYSES IN LOW SPEEDS

ABSTRACT: In this project, is designed and analyzed a chassis model used in an academic competition named Baja SAE. The Situations analyzed in this project are to be addressed simulations of frontal and rear collisions, situations that commonly occur during the various dynamic tests carried out during the competition. It is based on studies conducted of impacts conditions, structural analyzes made in this report are based in quasi-static impacts assumption due to the criterion of low operating speeds, on the order of up to 36 km/h. It is essential that the deflections generated by collisions on the structure will remain in the elastic line of the material (AISI 1020), because with a significant plastic deformation in the chassis frame, the vehicle can be removed from the competition until proper repair has been made. In project design was used Autodesk Inventor 2016 software and the ANSYS 16.0 software for numerical analysis by the finite element method. The numerical analyzes on the front and back, have shown that at any point the pilot's cage structure reaches the value of 295 MPa yield strength of the material. Therefore, it is not necessary carry out improvements to the chassis frame in relation to this loading condition.

KEYWORDS: Baja SAE Frame, Finite Element Method, elastic collisions.

INTRODUÇÃO

A *Society of Automotive Engineers* – SAE coordena a competição acadêmica intitulada Baja SAE, que envolve alunos de universidades em nível de graduação ou pós-graduação. Essa competição tem por finalidade o desenvolvimento (projeto e construção) de um veículo tripulado capaz de superar vários tipos de terrenos e obstáculos para competir com outras universidades em busca de inovações na área automobilística.

A competição BAJA SAE, ocorre geralmente em terrenos acidentados e com vários obstáculos. Durante a competição é comum acontecer colisões dos veículos entre si, e entre os veículos e obstáculos. Se durante as etapas da competição o veículo for danificado em uma eventualidade qualquer, a ponto de afetar a estrutura do carro, e for julgado não seguro por um dos juízes ou voluntários do evento ele pode ser impedido de voltar à competição até o devido reparo.

Baseando-se nesse quesito do regulamento da competição, é necessário sempre projetar o veículo para que seja resistente o suficiente para se evitar deformações plásticas em sua estrutura oriundas de impactos que ocorrem na competição, como colisões frontais e traseiras a velocidades baixas, e ser retirado do evento até o conserto devido do material.

MATERIAL E MÉTODOS

Com base no regulamento vigente da competição nacional Baja SAE Brasil de 2015 foi desenvolvido um modelo de treliças utilizando o programa CAD Autodesk Inventor 2016 para o chassi utilizável no evento. Em seguida, foi escolhido o material AISI 1020 para compor todos os seus elementos, por respeitar o critério estipulado no regulamento: aço com pelo menos 0,18 % de carbono.

O elemento principal do chassi foi composto de aços tubulares de 25,4 mm de diâmetro externo e espessura de parede de 3,0 mm, o elemento secundário de reforço estrutural também é um aço tubular, mas de diâmetro externo de 26,9 mm e 2,0 mm de espessura, e o outro elemento de suporte para o motor a transmissão e a direção tem dimensões de 40,0 × 20,0 mm com uma espessura também de 2,0 mm. O modelo então elaborado pode ser visualizado nas figuras 1 e 2.

Figura 1. Modelo da Gaiola do chassi Projetado.

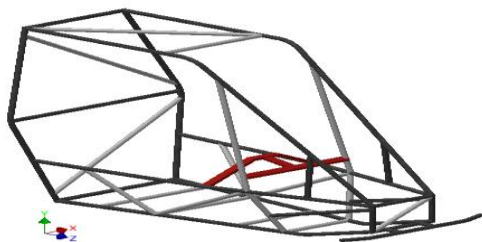
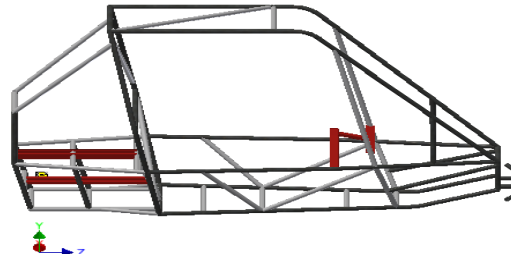
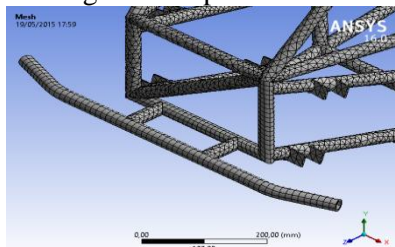


Figura 2. Estrutura do chassi projetado completa.



O modelo foi então exportado para o programa ANSYS 16.0 e depois de feitas as devidas otimizações para a análise, a malha de elementos foi gerada utilizando-se do gerador curvilíneo do ANSYS 16.0, sendo obtido no final um total de 313.500 nós e 147.831 elementos. A figura 3 fornece a ilustração dessa malha.

Figura 3. Vista da Malha gerada na parte frontal do chassi - ANSYS 16.



Para determinar a força de impacto necessária para a análise estrutural do chassi é empregado a equação de impulso:

$$I = mv_f - mv_i = \int F(t)dt \quad (1)$$

Onde I – Impulso; m – Massa do veículo completo com piloto; v_f – Velocidade final do veículo; v_i – Velocidade inicial do veículo; F – Força do impacto.

$$F \cdot \Delta t = m(v_f - v_i) \quad (2)$$

As velocidades relativas nas colisões que serão analisadas estão baseadas em velocidades comuns de percurso dos veículos que se adequam à teoria de Jones (1997, p.411-415) de impactos quase estáticos, compreendidas entre 20 e 30 km/h.

Para fins desse projeto será adotada a variação de tempo de 0,1 s, baseados em testes de colisão abordados no artigo técnico da ESSS (2009).

As forças de impacto foram calculadas aplicando a variação de temporal de 0,1 s e a massa do veículo incluindo o piloto de 280 kg, com base na massa de veículos de competições anteriores. Foram obtidas então as respectivas forças de impacto:

$F_1 = 15,54 \text{ kN}$ – relativo a velocidade inicial de 20 km/h;

$F_2 = 23,33 \text{ kN}$ – relativo a velocidade inicial de 30 km/h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As forças de impacto de intensidades 15,54 kN e 23,33 kN, relativas às velocidades de 20 km/h e 30 km/h, respectivamente, são aplicadas no sentido contrário ao movimento do veículo de modo a representar esses dois casos de colisão frontal. Essas forças são aplicadas diretamente no para-choque do veículo e distribuídas ao longo do seu comprimento para simular uma força contrária de modo a desacelerá-lo quase instantaneamente e com o objetivo de medir as tensões geradas. Os relatórios da análise podem ser observados nas figuras 4 e 5.

Figura 4. Tensões (critério de von Mises) no impacto frontal a 20km/h.

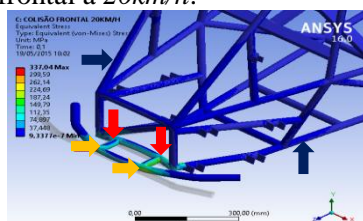
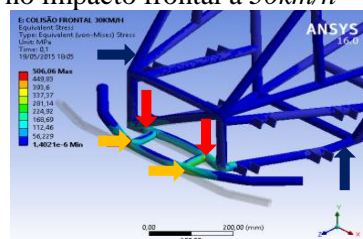


Figura 5. Tensões (critério de von Mises) no impacto frontal a 30km/h



Foi empregado o limite elástico de 295 MPa para aço AISI 1020, com base em informações do comportamento mecânico obtido na literatura para esse tipo de material.

Na colisão frontal a 20 km/h a tensão nas junções do para-choque com o seu elemento fixador atinge o valor de 337 MPa. Nos demais pontos da estrutura do veículo as tensões permanecem dentro do regime elástico. Ou seja, o para-choque cumpre a sua finalidade para a qual ele foi projetado: absorver impactos.

Na colisão a 30 km/h foi relatado picos de tensões de 506 MPa exatamente nos mesmos pontos de máximo da primeira análise, porém não foi detectado nenhum outro ponto com tensões acima de 295 MPa nos elementos da gaiola do piloto.

Para as colisões traseiras também foram aplicadas as forças relativas à desaceleração, simulando o veículo parado e travado, sendo impactado por outro veículo nas velocidades mencionadas. As análises foram geradas e os resultados das tensões obtidas podem ser visualizados nas figuras 6 e 7.

Figura 6. Tensões (critério de von Mises) no impacto traseiro a 20km/h.

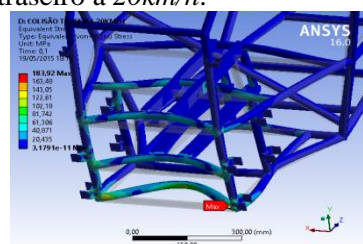
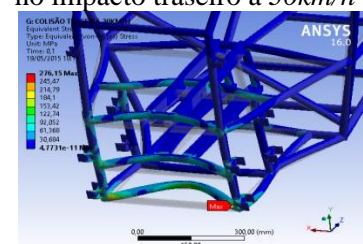


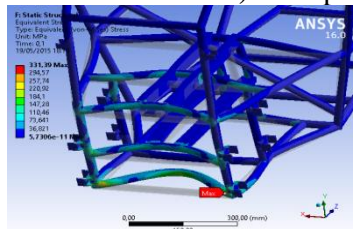
Figura 7. Tensões (critério de von Mises) no impacto traseiro a 30km/h



Analisando os resultados foi possível notar que em ambas as colisões, a 20 e 30 km/h, as tensões não atingiram o limite de elasticidade definido. Portanto, as deformações permanecem no regime elástico e com uma grande margem de folga.

Para finalizar a análise foi empregada a velocidade de 36 km/h, máxima velocidade permitida para análise quase estática. Utilizando o mesmo princípio acima (equação (2)), foi calculada a força de desaceleração e obtido o valor de 28,00 kN para sua intensidade. Ela foi dividida em três partes e cada parte aplicada nos três elementos da gaiola do motor (vide figura (2)), produzindo os resultados numéricos que podem ser acompanhados na figura 8.

Figura 6. Tensões (critério de von Mises) no impacto traseiro a 36 km/h



Com a velocidade de 36 km/h e o critério falha de von Mises adotado, o programa ANSYS detectou um máximo de 331,39 MPa para as tensões, portanto, fora regime elástico do material.

CONCLUSÃO

Com base num processo quase estático foram analisadas as tensões pelo método dos elementos finitos no chassi destinado para a competição BAJA SAE.

Tanto na colisão frontal quanto na colisão traseira, a 20 e 30 km/h, as tensões permanecem dentro do regime elástico na gaiola do piloto. Entretanto, na colisão frontal a 30 km/h a tensão atingiu níveis elevados apenas no para-choque e somente numa pequena região localizada na junção do tubo principal do para-choque e o seu elemento fixador no chassi. Logo, como o para-choque não é considerado pela competição um item obrigatório e sim uma garantia de reforço da estrutura este impacto não seria razão para a sua desclassificação.

É possível garantir que a estrutura do chassi é eficaz, estável e resistente o suficiente para o seu principal propósito neste projeto estudado, cumprindo assim o objetivo geral da competição.

REFERÊNCIAS

- ANSYS Inc. "ANSYS Tutorials." 2015.
- AZEVEDO, Álvaro F. M. Método dos Elementos Finitos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.
- BAJA SAE. Regulamento Baja SAE, Ementa 2, Capítulo 5. São Paulo: SAE, 2012.
- BAJA SAE. Regulamento Baja SAE, Ementa 3, Capítulo 7. São Paulo: SAE, 2012.
- BARROS NETO, Benício de, SCARMINIO, Ieda Spacino, BRUNS, Roy Edward. Como Fazer Experimentos. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- ESSS. "Aplicações de 'crashworthiness' utilizando o LS-DYNA." ESSS. 2009. http://www.esss.com.br/blog/wp-content/uploads/2009/08/ESSS_Artigo_Tecnico_20.pdf (acesso em 13 de Junho de 2015).
- GOLDSMITH, W. The Theory and Physical Behavior de Colliding Solids. Courier Dover Publications, 1960.
- JONES, N. Structural Impact. Cambridge University, 1997.
- OLIVEIRA, F. C. G. Contribuição ao desenvolvimento de uma estrutura veicular tipo spaceframe usando o método dos elementos finitos e métodos heurísticos de otimização numérica. Dissertação para obtenção do título de Mestre em engenharia mecânica, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- WATERMAN, Brendan. J. Design and Construction of a Space-frame Chassis. University of Western Australia, 2011.