

OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA DO PEDAL DE FREIO DO PROTÓTIPO MINI BAJA FEI-42 2022

Gustavo Okada^{1,2}, André de Souza Mendes^{1,2}

¹ Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

² Equipe FEI Baja SAE

gustavo.okada@gmail.com asmendes@fei.edu.br

Resumo: Buscou-se neste trabalho otimizar o projeto do pedal de freio da Equipe FEI Baja SAE, por meio da análise computacional de elementos finitos e otimização topológica computacional. Os resultados se mostraram condizentes com o esperado, pois foram atingidos os objetivos de diminuir a massa do componente e verificar que o mesmo suporta as cargas estipuladas.

1. Introdução

Com o intuito de otimizar o pedal de freio do protótipo da Equipe FEI Baja SAE, levou-se em conta algumas informações importantes para iniciar a otimização, por exemplo, a relação de pedal ótima para o sistema de freios da equipe. Esta relação é fundamental pois para realizar a otimização topológica deste componente, é necessário ter as coordenadas dos pontos de fixação da haste do cilindro mestre e de pivotamento do próprio pedal. Além disso, levou-se em conta os pontos de fixação da pedaleira e dos pinos de interferência do projeto anterior da equipe para iniciar o processo de otimização.

2. Metodologia

Com a relação de pedal estipulada e a posição dos pinos estruturais, foi utilizado um primeiro design robusto para iniciar as análises estruturais no software *Ansys Workbench*.

Para início da análise, gerou-se uma malha com elementos de 2mm de tamanho. Para melhoria da malha, refinou-se a mesma nas regiões próximas aos pontos específicos, com elemento de tamanho de 1mm. Após a geração da malha, conforme Figura 1, considerou-se critérios estipulados pela *ESSS (Engineering Simulation and Scientific Software)*, como razão de aspecto menor que 5 e fator de *warping* menor que 10% para garantir a qualidade desta.

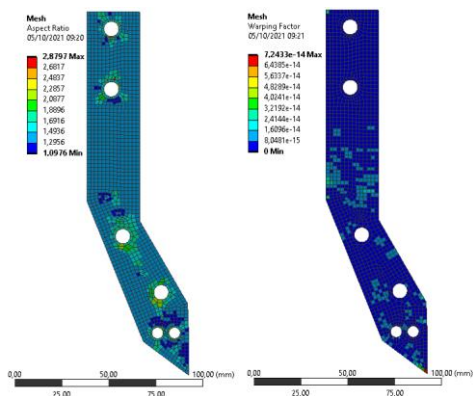


Figura 1 – Razão de aspecto e fator de *warping* da malha

Com a malha suficientemente satisfatória, aplicou-se as condições de contorno condizentes aos esforços reais sofridos pelo componente, sendo estes, suportes cilíndricos livres tangencialmente posicionados nos pontos da haste do cilindro mestre e de pivotamento, e a força aplicada pelo condutor exercida nos pontos de fixação da pedaleira do sistema, conforme Figura 2. Para o valor da força estipulada, considerou-se a máxima carga exercida pelo piloto no sistema, de acordo com as aquisições realizadas pela equipe com sensores de pressão nas linhas de freio.

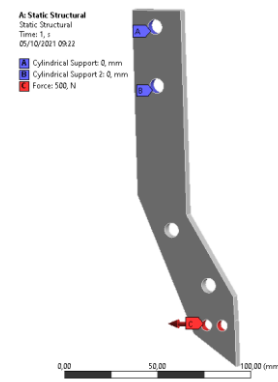


Figura 2 – Condições de contorno da análise estrutural

Após a aplicação das condições de contorno, realizou-se a análise estrutural com o intuito de obter a tensão máxima exercida no pedal, conforme Figura 3.

Obtido o valor da tensão máxima da análise, e visto que tal valor não se aproxima do limite de escoamento do material utilizado para o pedal, sendo este alumínio 6061-T6, iniciou-se a otimização topológica do componente.

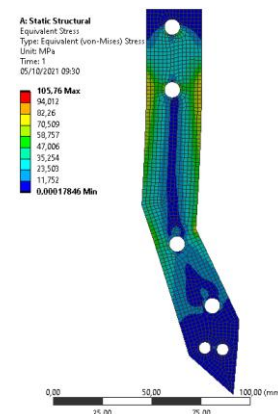


Figura 3 – Análise estrutural de tensão equivalente

Para realizar a otimização, foi estabelecido como propósito a redução da massa, e para isso, foi considerada toda a região do componente com exceção das faces dos pontos específicos, conforme Figura 4.

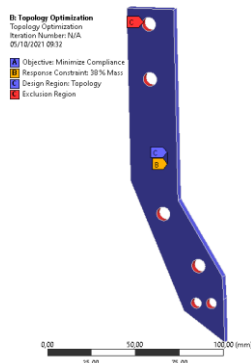


Figura 4 – Parâmetros para a realização da otimização topológica

Gerada então a otimização topológica do pedal de freio, obteve-se, conforme a Figura 5, as regiões onde seria possível a redução de material na chapa.

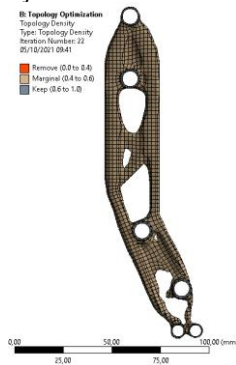


Figura 5 – Resultado da otimização topológica da geometria do pedal

Com as indicações das regiões que não necessitam de material, foi desenhada no software *Siemens NX* uma nova geometria de pedal com os alívios baseados na otimização realizada.

Em seguida foi realizada uma nova análise estrutural no *Ansys* com a nova geometria, com as mesmas configurações da malha utilizada anteriormente, para obter a nova tensão máxima do pedal, conforme Figura 6.

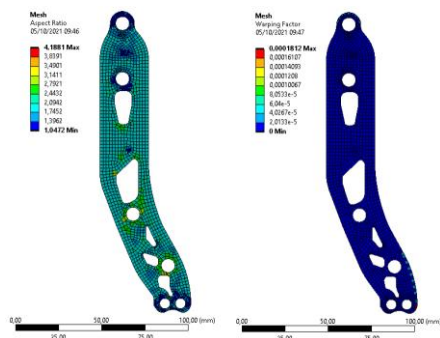


Figura 6 – Razão de aspecto e fator de *warping* da malha da nova geometria

3. Resultados

Os resultados considerados relevantes tratam não só da otimização topológica do componente, mas também das análises estruturais realizadas com intuito de obter as tensões máximas para o pedal sem alívios e após a otimização.

A tensão máxima obtida no pedal antes da otimização foi de aproximadamente 106 MPa, valor este

dentro do esperado, por estar bem abaixo do limite de escoamento do material do pedal.

Em seguida, obteve-se o resultado da otimização topológica, e após desenhada a geometria com os alívios no *Siemens NX*, comparou-se a massa do pedal sem alívios, sendo esta de 81,3g, com a massa do pedal após otimização de 61,9g. A tensão máxima da nova geometria se mostrou inferior à da geometria anterior, sendo esta aproximadamente 98 MPa, conforme Figura 7.

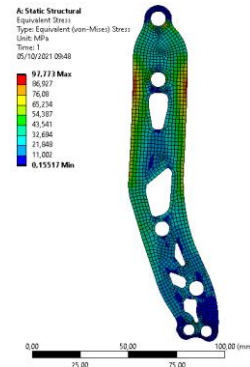


Figura 7 – Análise estrutural de tensão equivalente da geometria otimizada

4. Conclusões

Através dos resultados obtidos, foi possível tirar algumas conclusões do trabalho em questão. Primeiramente, em relação à análise estrutural do pedal sem os alívios de massa, a tensão obtida se mostrou condizente com o estipulado (valor abaixo do limite de escoamento do material utilizado), indicando assim a confiabilidade da malha gerada para análise e das condições de contorno definidas.

Posteriormente, em relação ao resultado da otimização topológica, é possível constatar uma redução de 24% da massa total do componente. Além do mais, o conjunto completo de componentes do pedal utilizado pela equipe conta com duas chapas similares de alumínio junto com uma pedaleira ajustável, ou seja, a redução total da massa no sistema com os alívios da otimização será de aproximadamente 39g.

Além da redução da massa gerada pela otimização topológica, a nova geometria da chapa do pedal foi analisada da mesma forma que o pedal sem os alívios. O resultado da tensão máxima obtido com a nova geometria se mostrou levemente inferior à anterior, fato causado possivelmente pela redução de possíveis concentradores de tensão na geometria otimizada do pedal.

5. Referências

[1] BENDSOE, M.P. *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*, 2004.

[2] MACHADO, Matheus Duarte; BENINI, Lucas. DIMENSIONAMENTO E OTIMIZAÇÃO DO PEDAL DE FREIO PARA UM VEÍCULO TIPO FÓRMULA SAE ELÉTRICO. In: ENGENHARIA ALÉM DO TRADICIONAL E O IMPACTO DA INDÚSTRIA 4.0, 2018, Universidade Federal de Viçosa UFV. [S. l.: s. n.], 2018.