

1. INTRODUÇÃO

As estruturas metálicas são muito utilizadas no ambiente industrial e na construção de equipamentos no geral, isso decorrente de suas propriedades e suas vantagens em relação a outros materiais.

Ao longo dos últimos anos essas estruturas estão sendo estudadas para que se faça seu correto dimensionamento (ZHANG et. al.,2019). Com o objetivo de melhor custo-benefício e performance de equipamentos, muitas empresas acabam realizando testes práticos que geram perdas de material, tempo e, conseqüentemente, capital.

Buscando evitar esse serviço oneroso, *softwares* estão sendo utilizados pois são capazes de simular esforços previamente através das ferramentas CAD e CAE, evitando assim custos de construção e tempo.

Entre estes *softwares*, destaca-se o *SolidWorks*, amplamente utilizado no dimensionamento de estruturas metálicas por ser muito intuitivo e capaz se realizar diversos tipos de simulações (GLODOVÁ; LIPTÁK; BOCKO, 2014).

2. OBJETIVOS

Objetivo geral: realizar a comparação do efeito dos esforços em um perfil metálico a partir de simulação de elementos finitos utilizando software de engenharia e cálculos analíticos.

Objetivos específicos:

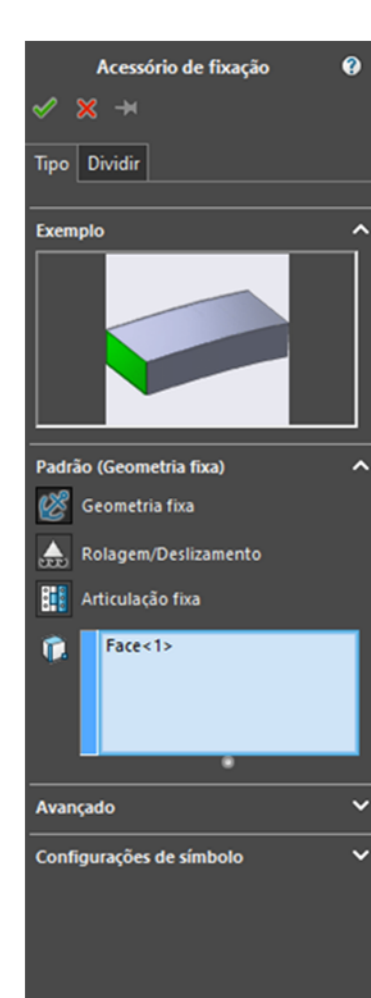
- Desenhar o elemento metálico;
- Simular o elemento conforme cargas identificadas;
- Calcular, para as mesmas cargas, o efeito dos esforços;
- Comparar os resultados da simulação com os obtidos por cálculos analíticos.

3. METODOLOGIA

Utilizando o *software Solidworks*, o elemento foi modelado, sendo ele um eixo metálico com 40mm de diâmetro e 300mm de comprimento, o material escolhido foi o SAE 1020.

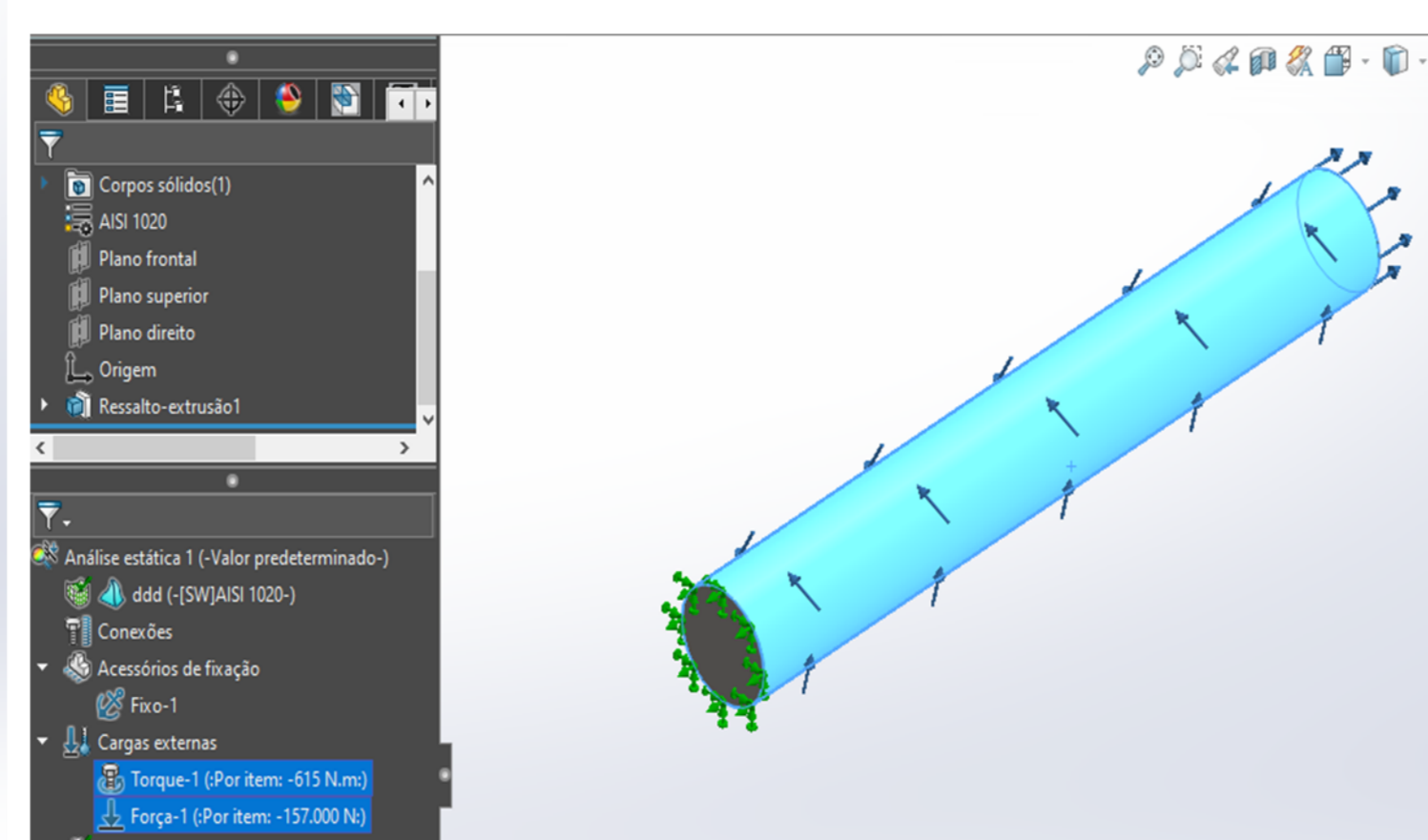
Posteriormente, no ambiente de simulação, foram definidas as condições de contorno, que são o material, as faces fixas, as cargas e a malha do elemento, conforme ilustrado na Figura 1 e na Figura 2.

Figura 1 – Definição da face fixa.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 2 – Cargas no elemento.



Fonte: Autoria Própria (2023).

No procedimento do cálculo analítico foram primeiramente calculadas a tensão normal e de cisalhamento no eixo, para isso utilizou-se a Equação 1 e a Equação 2:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T \cdot c}{J} \quad (2)$$

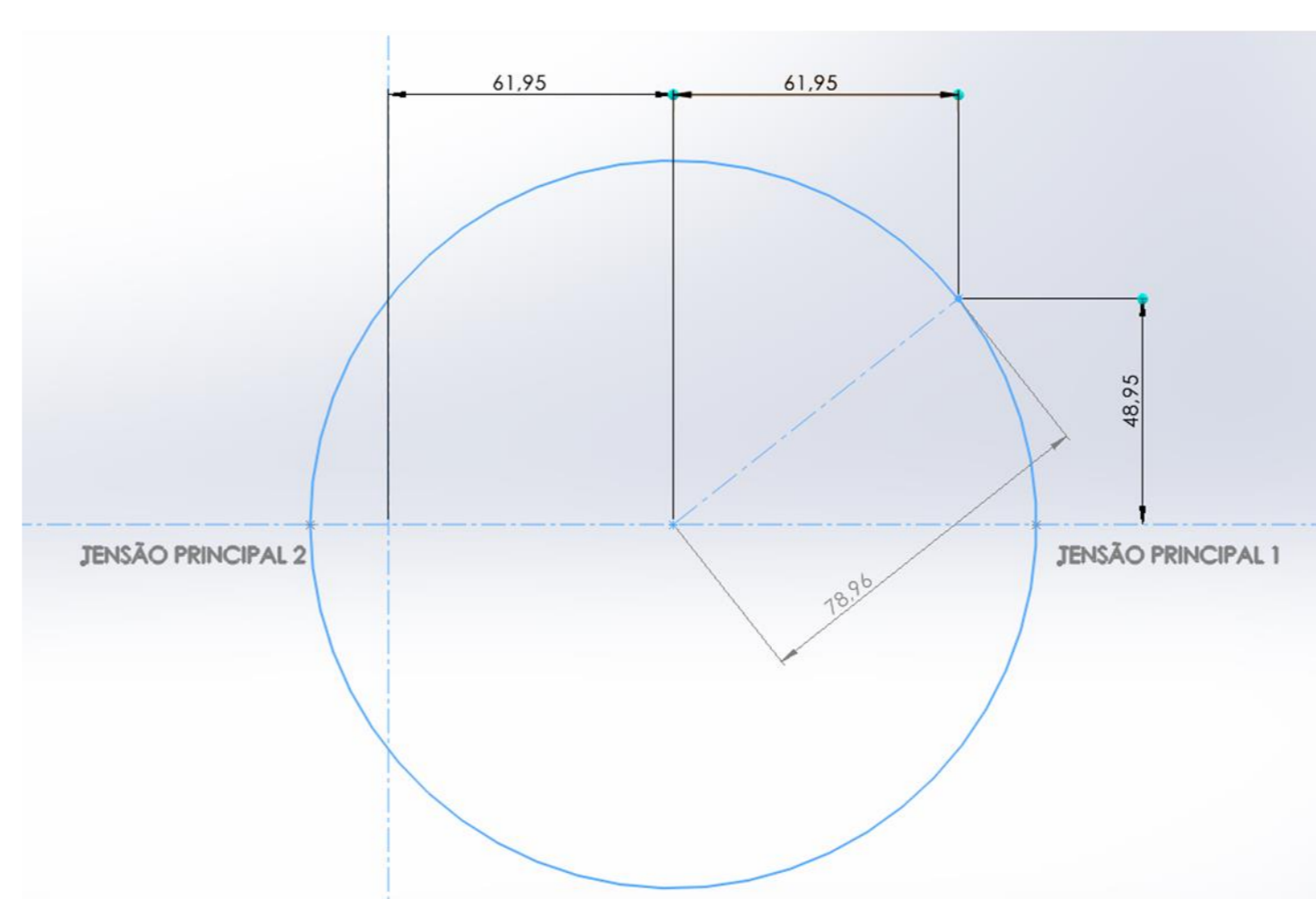
Para calcular a tensão equivalente de Von Mises, utilizou-se a Equação 3, os valores das tensões principais 1 e 2 foram encontradas através do círculo de Mohr.

$$\sigma_e^2 = \sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 \quad (3)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

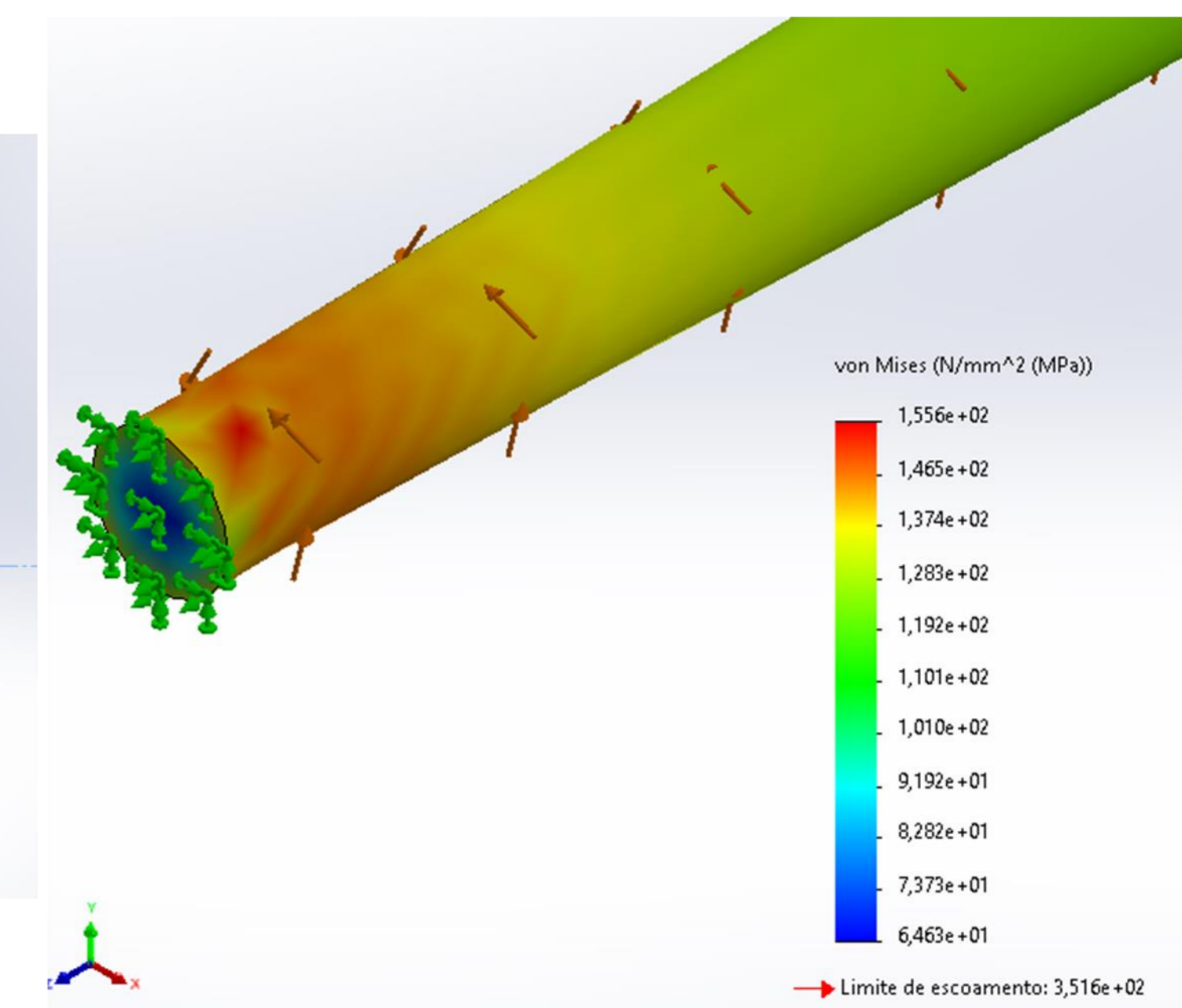
Utilizando a Equação 1 foi obtido o valor de tensão normal igual a 124,93 MPa. Para a tensão de cisalhamento foi utilizada a Equação 2 e o valor encontrado foi de 48,95 MPa. Utilizando estes valores foi construído o Círculo de Mohr para esta aplicação, conforme Figura 3.

Figura 3 – Círculo de Mohr construído.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 4 – Resultado da análise pelo Método de Elementos Finitos.



Fonte: Autoria Própria (2023).

As tensões principais 1 e 2 são, respectivamente:

$$\sigma_1 = + 61,95 + 78,96 = 140,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = + 61,95 - 78,96 = -17,01 \text{ MPa}$$

Aplicando estes valores na Equação 3, tem-se a tensão de Von Mises:

$$\sigma_e = \sqrt{(140,91)^2 - (140,91) \cdot (-17,01) + (-17,01)^2} = 150,1 \text{ MPa.}$$

Após a modelagem e definição das condições de contorno, foi executado o estudo de simulação, ilustrada na Figura 4.

No canto inferior direito da Figura 4, tem-se o resultado da simulação por elementos finitos. A plotagem indica a menor (64,63 MPa) até a maior (155,6 MPa) tensão existentes neste caso, na ordem de baixo para cima. Também é possível observar uma nota abaixo do gráfico indicada com uma seta vermelha, trata-se do limite de escoamento do aço SAE 1020, caso em algum ponto do eixo a tensão estivesse equivalente ao limite de escoamento a flecha vermelha estaria indicando dentro do gráfico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de realizar uma comparação de tensões utilizando diferentes métodos, foi desenvolvido um modelo tridimensional de um eixo metálico, no qual posteriormente foram aplicadas cargas de torção e tração, além de outras condições aplicadas através de um *software*, o método analítico foi executado com base nos cálculos de resistência do materiais.

Partindo dos resultados apresentados na simulação e nos cálculos analíticos, observou-se que os resultados dos dois métodos ficaram bastante próximos, o erro entre os valores foi igual de 3,67%.

É importante ressaltar a responsabilidade ao se realizar uma simulação numérica, pois a chance de cometer erros durante o processo são grandes, isso decorre das inúmeras condições de contorno distintas, diferentes cargas, materiais, tamanhos de malha, entre outras variáveis que o engenheiro deve estar preparado para definir, buscando assim o melhor resultado para seus projetos.

REFERÊNCIAS

ZHANG, Jingwen et al. Effect of welding sequences on the welding stress and distortion in the CFETR vacuum vessel assembly using finite element simulation. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, v. 175, p. 103930, 2019.

GLODOVÁ, Iveta; LIPTÁK, Tomáš; BOCKO, Jozef. Usage of finite element method for motion and thermal analysis of a specific object in SolidWorks environment. *Procedia Engineering*, v. 96, p. 131-135, 2014.