



EFEITO DO TAMANHO DO ELEMENTO FINITO NO TEMPO DE SIMULAÇÃO E ACURÁCIA DE RESULTADOS

Diego Andrade Pereira, diegoandrade_senai@yahoo.com.br¹
João Carlos de Jesus Santos, jcarlosengmec@gmail.com²
Paulo Franklin Tavares Santos, p.franklintavares@gmail.com³
Hugo Magalhães Mafra, hugo_m_mafra@hotmail.com⁴
Antônio Pereira Santos, aps.engenheiro@gmail.com⁵

¹Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE,

²Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE

³Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE

⁴Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE

⁵Universidade Federal de Sergipe - UFS, Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze, São Cristóvão - SE

Resumo. Neste estudo, buscou-se analisar a influência da densidade de uma malha em um ensaio de elementos finitos (FEA), com o intuito de verificar a variação da precisão dos resultados e o tempo total de simulação. Para a análise foi utilizada uma peça de um equipamento industrial a qual foi submetida a um ensaio de compressão, variando assim parâmetros da malha, logo os resultados foram comparados com o valor de tensão normal (σ).

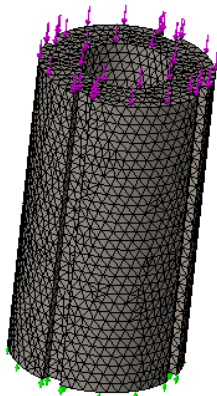
Palavras chave: Elementos finitos; Tamanho global do elemento; simulação CAE.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que as ferramentas computacionais CAE (Computer aided engineering) representam um recurso de relevada importância na validação de projetos de engenharia, principalmente nos casos mais complexos, portanto os estudos que envolvem suas metodologias e modelos matemáticos são um desafio na prospecção de novas soluções para problemas da sociedade.

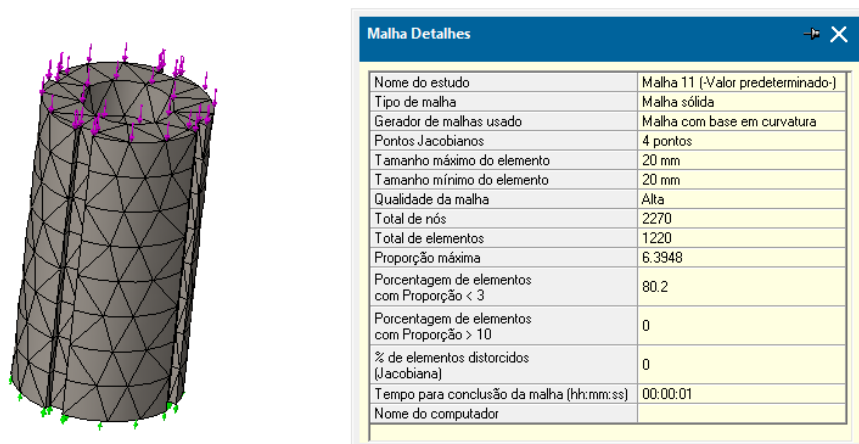
O tipo de malha utilizada em uma análise de elementos finitos é uma ação tomada pelo projetista, onde comumente é levado em consideração aspectos como, nível de precisão dos resultados, geometria de peça e tempo de simulação, este tempo pode variar sensivelmente em função das características da malha escolhida, logo pode afirmar que uma malha para um resultado rápido ou escopo de projeto possui um número relativamente baixo de nós nas junções dos elementos, em contrapartida sabe-se que malhas para projetos finais de grande precisão e que envolvem responsabilidade técnica possuem um elevado número de elementos e nós. É possível observar logo abaixo na Fig. 1 e Fig.2 respectivamente, o exemplo de uma malha considerada grossa com um número menor de elementos e uma considerada fina com um número maior de elementos

Figura 1. Malha Fina



Malha Detalhes	
Nome do estudo	Malha 11 (-Valor predeterminado-)
Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado	Malha com base em curvatura
Pontos Jacobianos	4 pontos
Tamanho máximo do elemento	5 mm
Tamanho mínimo do elemento	5 mm
Qualidade da malha	Alta
Total de nós	57451
Total de elementos	37911
Proporção máxima	3.7444
Porcentagem de elementos com Proporção < 3	99.8
Porcentagem de elementos com Proporção > 10	0
% de elementos distorcidos (Jacobiana)	0
Tempo para conclusão da malha (hh:mm:ss)	00:00:03
Nome do computador	

Figura 2. Malha Grossa

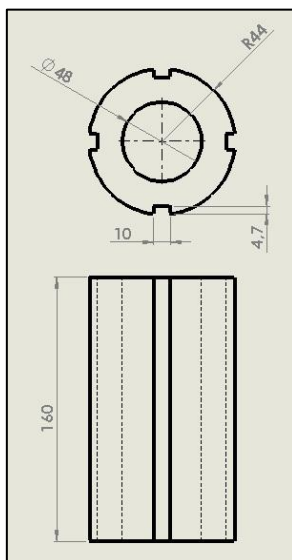


2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Modelo Para Ensaio

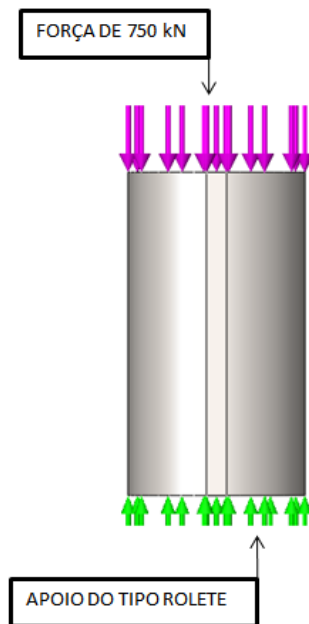
Para o presente trabalho foi realizada uma simulação estática em uma bucha de aço AISI 1020 de tensão de escoamento 351,57 MPa, comprimento total de 160 mm e área de seção transversal de 4076,36 mm², conforme se observa na Fig. 3.

Figura 3. Desenho Técnico do Modelo



O modelo paramétrico da bucha foi submetido a um carregamento axial de compressão de módulo 750 kN, e possui em uma de suas extremidades um engaste do tipo rolete/deslizamento, que restringe qualquer movimento do modoesentido axial Fig. 4.

Figura 4. Forças e Restrições do Modelo



2.2. Valor Real de Tensão Normal (σ)

A análise através do método dos elementos finitos pode ser descrita como a discretização de um meio contínuo em pequenos elementos por meio de aproximações alcançadas com a confecção de uma matriz de rigidez e de uma respectiva malha ou grade que tem o objetivo de sintetizar os resultados.

Logo, é possível inferir que os valores de tensão apresentados pelo método não representam o valor real do esforço no modelo, e sim uma aproximação discreta das variáveis analisadas a depender da malha utilizada.

A fim de se obter o valor real da tensão normal a qual o modelo paramétrico está sendo submetido estaticamente, foi efetuado um cálculo simples de tensão normal, demonstrado na Eq. (1) onde foram relacionados a força e área anteriormente informadas, conforme abaixo:

$$\sigma = \frac{F}{A} \longrightarrow \sigma = \frac{750 \text{ kN}}{4076,36 \text{ mm}^2} \longrightarrow \sigma : 183,98 \text{ Mpa} \quad (1)$$

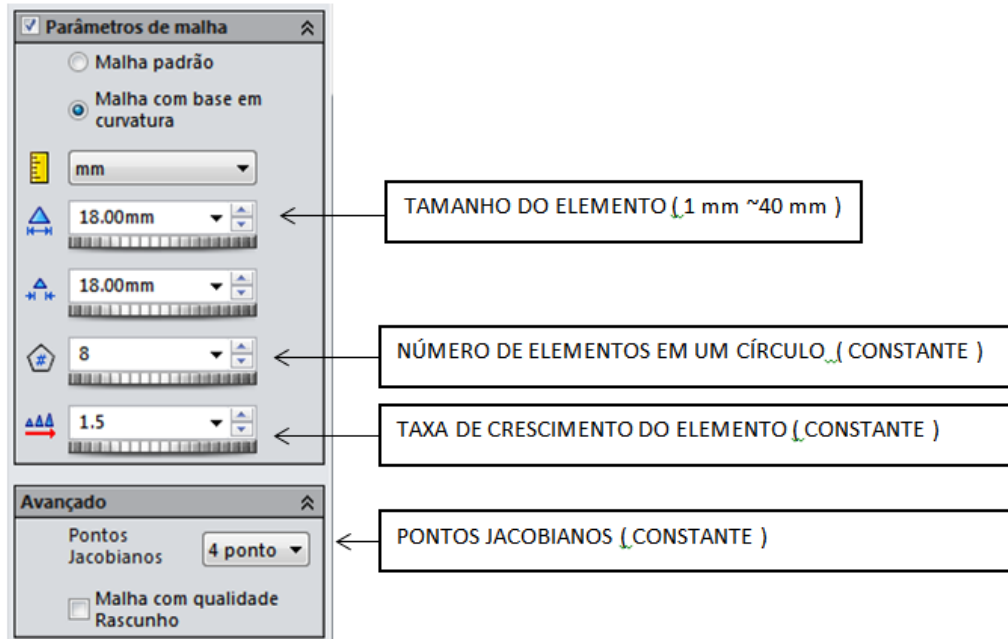
2.3. Parâmetros de Simulação

Para esta simulação foi utilizado um computador doméstico tipo notebook, de marca Acer, com um processador i3 de 2,3 GHz, 4 GB de memória RAM instalada, e um sistema operacional Windows 7 (64 Bits), o software utilizado foi o Solidworks 2015.

Inicialmente foi configurado um setup para o processamento das informações onde optou-se por utilizar uma malha com base em curvatura em decorrência do modelo tridimensional possuir uma geometria cilíndrica.

Durante a realização dos testes foram mantidos constantes variáveis como o número mínimo de elementos em um círculo (8), taxa de crescimento do elemento (1,5) e número de pontos jacobianos (4), Todavia foram analisados tamanhos distintos de elemento Global (2 mm ~ 40 mm) com o objetivo de verificar a influência de cada um destes nos parâmetros de tempo de simulação e precisão dos resultados, segue abaixo a configuração das malhas utilizadas Fig. 5.

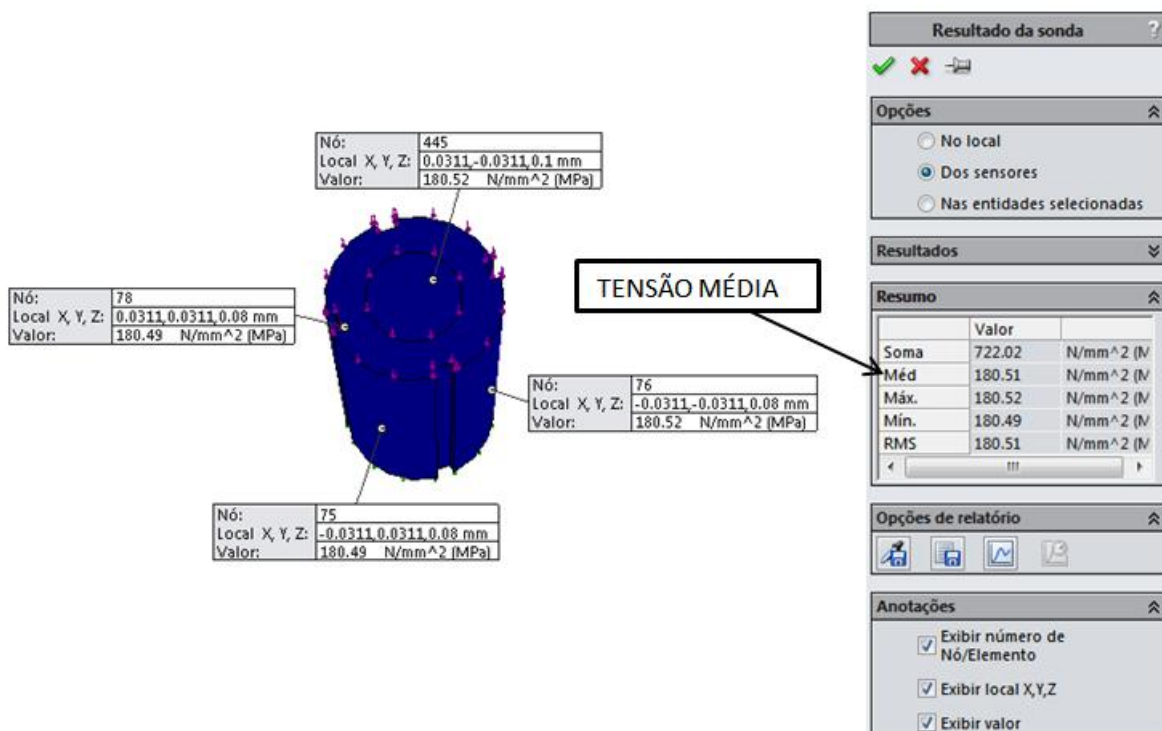
Figura 5. Características da Malha



2.4. Determinação da Acurácia

Em seguida procedeu-se com o nível de precisão dos resultados que foi obtido através da aplicação de 4 sondas (sensores) defasados 90° na superfície cilíndrica e periférica da peça, sendo usado a média destes 4 valores a fim de se obter uma tensão normal média (σ), a qual o modelo da bucha está submetido conforme Fig. 6.

Figura 6. Sondas Aplicada



Nas simulações para a determinação da precisão dos resultados foi utilizada uma variação de elementos globais de 2mm a 40mm, sendo que após cada análise dos resultados de tensão foi aplicado a seguinte fórmula abaixo para tornar possível a obtenção dos valores de precisão em porcentagem, tendo como referência o valor real da tensão calculado que foi de 183,98 MPa Eq. (2).

$$\text{Aproximação do Resultado (\%)} = \frac{\text{Tensão Normal Média} \times 100}{\text{Valor Real de Tensão Normal}} \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados um total de 38 ensaios, onde os resultados estão expostos na Tab. 1.

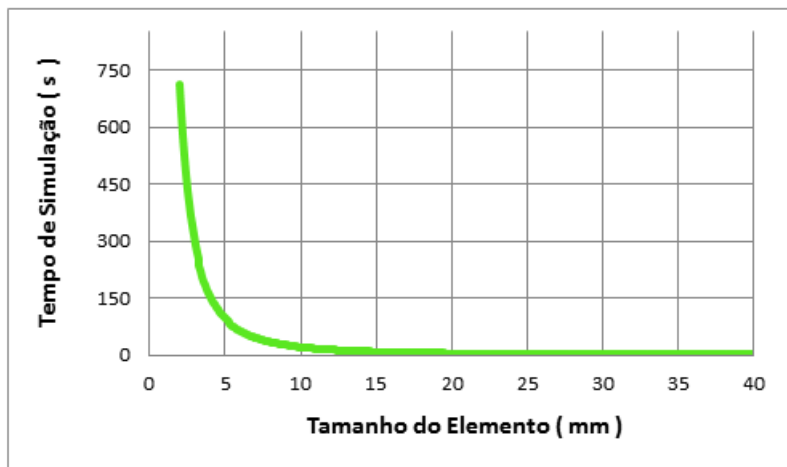
Tabela 1. Resultados das Simulações

Tamanho do Elemento (mm)	Aproximação do Resultado (%)	Tempo de Simulação (s)
2	99,94	842
3	99,92	458
4	99,9	137
5	99,87	98
6	99,85	73
7	99,8	68
8	99,77	25
9	99,7	21
10	99,64	18
11	99,55	14
12	99,51	13
13	99,4	12
14	99,36	8
15	99,33	6
16	99,3	6
17	99,18	5
18	99,08	5
19	99,06	5
20	99,01	4
30	98,3	3
40	98,1	2

3.1. Tempo de Simulação

De acordo com os resultados foi possível obter o gráfico do comportamento do tempo de simulação com a variação do tamanho do elemento Fig. 7.

Figura 7. Tempo de Simulação x Tamanho do Elemento

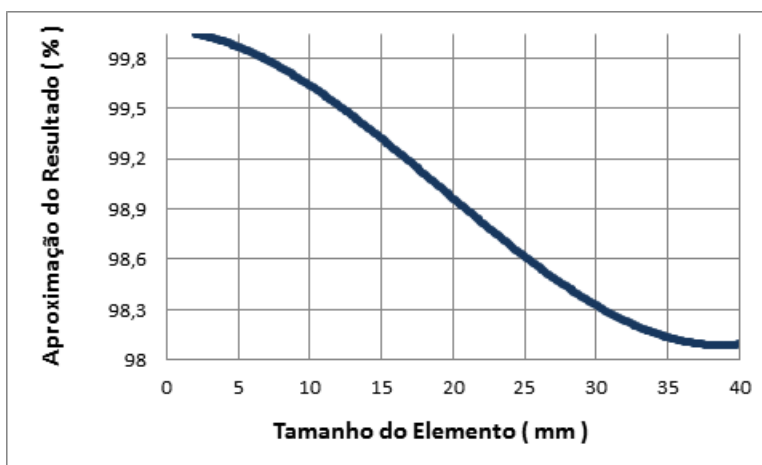


Logo, percebeu-se que o gráfico do resultado obedece os parâmetros de uma função potência onde se verifica um decréscimo do tempo de simulação com o aumento do elemento global.

3.2. Aproximação do Resultado

De acordo com os resultados foi possível obter o gráfico do comportamento da aproximação/precisão dos resultados com a variação do tamanho do elemento Fig. 8.

Figura 8. Aproximação do Resultado x Tamanho do Elemento



Logo, percebeu-se que o gráfico do resultado obedece os parâmetros de uma função polinomial de 3º Ordem onde se verifica um decréscimo da precisão dos resultados com o aumento do elemento global.

4. CONCLUSÃO

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi relacionar de forma direta dados sintetizados por meio de uma análise de compressão realizada com o método de elementos finitos no software Solidworks Simulation, logo foi possível inferir que conforme diminui o tamanho do elemento global e se deixa a malha com uma qualidade maior, o tempo de simulação cresce sensivelmente, sendo importante ressaltar que para tamanhos muito pequenos esse tempo cresce de forma abrupta.

Outro importante aspecto a ser considerado é que ainda com a diminuição do tamanho do elemento, existe uma precisão maior dos resultados sendo este aspecto indispensável em projetos que envolvem grande responsabilidade.

Portanto, chegou-se a conclusão de que cabe ao profissional da área de engenharia escolher de acordo com estes e alguns outros critérios não abordados neste trabalho uma qualidade de malha e tamanho ideal de elemento global, a fim de se obter uma melhor produtividade e acurácia no trabalho envolvido.

5. REFERÊNCIAS

Azevedo, F. M. A., 2003, *Método dos Elementos Finitos*, 1º Edição

Beer, F. P.; E. Johnston, R Jr., Dewolf, J. T.; Mazurek, D. F., 2015, *Mecânica dos Materiais*, 7º Edição

Echer, L., 2012, *Análise de uniões soldadas através do método da tensão estrutural via elementos finitos*, Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Fialho, A.B., 2008. *COSMOS plataforma CAE do solidworks*. São Paulo, 1ª edição.

Gil, F.S.L., 2015. *Análise de qualidade de malha de elementos finitos e validação de situação de caso real de viga biapoada*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.