

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica
Disciplina: PEF 3302 – Mecânica das Estruturas I

Tutorial – Programa ABAQUS 2023

1. Problema de chapa com orifício sujeita a tração

Trata-se de um problema de estado plano de tensão onde tem-se como objetivo principal mostrar as bandas de tensão que ocorrem na chapa e desenhar as curvas de variação de tensão ao longo dos eixos de simetria. Aproveitando a simetria do problema, pede-se trabalhar só com a região mostrada na *Figura 1*.

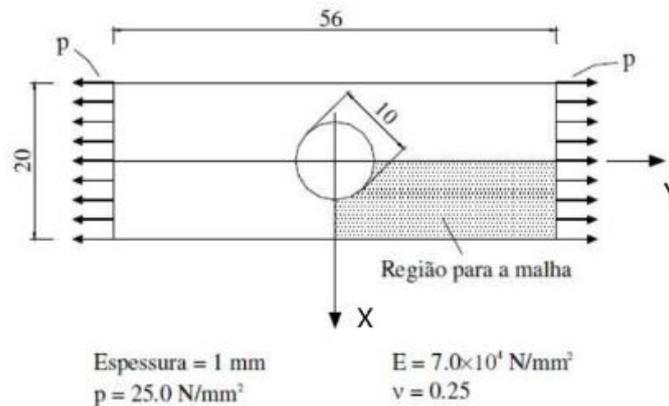


Figura 1

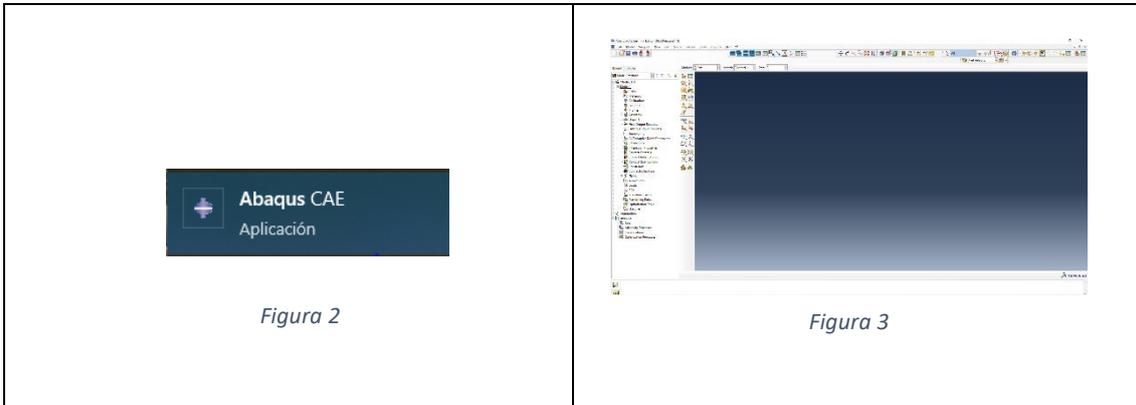
2. Resolução

A resolução foi dividida em 9 partes:

Nro.	Partes
1	Início
2	Part
3	Property
4	Assembly
5	Step
6	Load and boundary conditions
7	Mesh
8	Job
9	Visualization

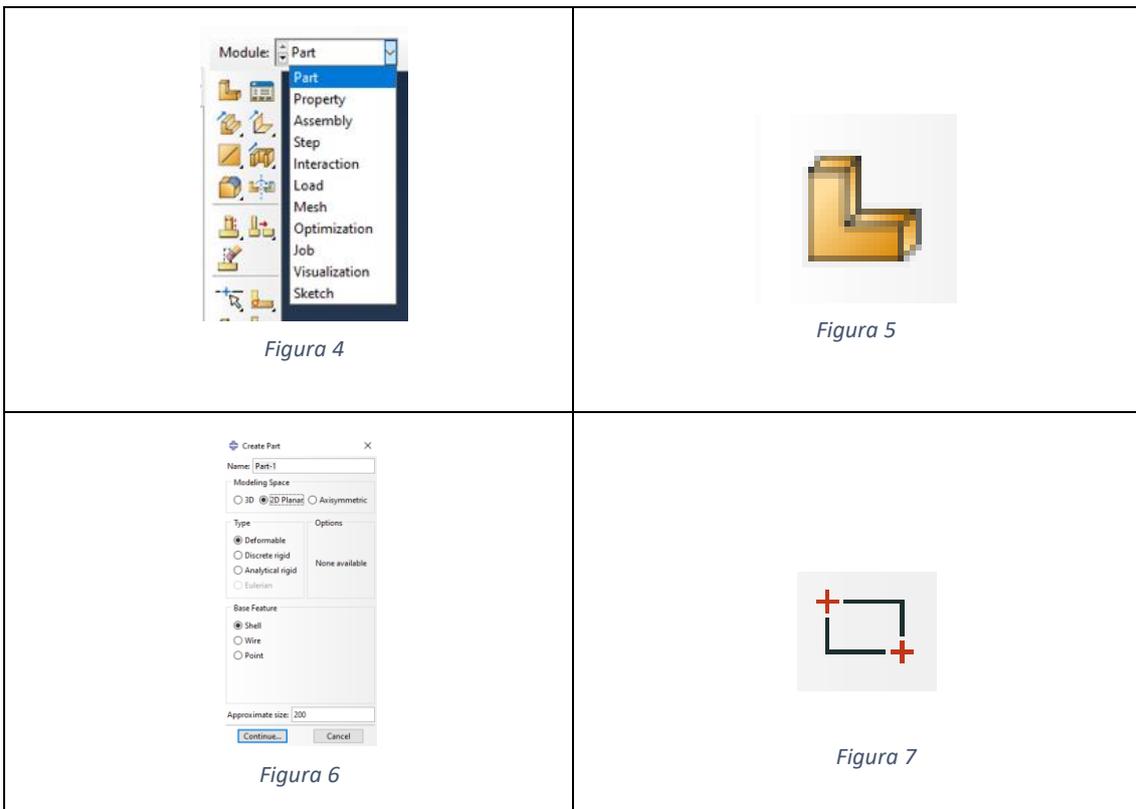
2.1. Início

O ícone do software é mostrado na *Figura 2*. Após clicar nele vai aparecer a tela principal mostrada na *Figura 3* onde estão todos os comandos para resolver o problema.



2.2. Part

Primeiro e criado um retângulo de dimensões 10 mm x 28 mm, para obter ele é preciso abrir a janela da *Figura 4* e entrar em “Part”, logo clicar no ícone da *Figura 5*, para depois seguir avançando na sequência de figuras até chegar a *Figura 11* onde é mostrado o “sketch” do retângulo.



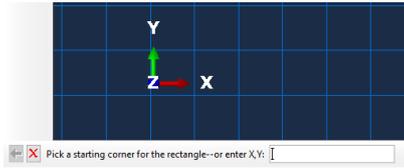


Figura 8

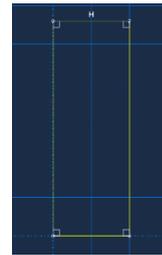


Figura 9

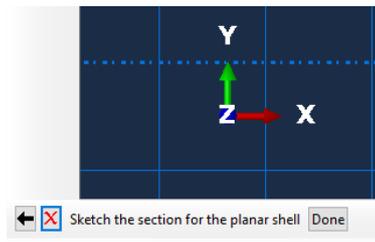


Figura 10

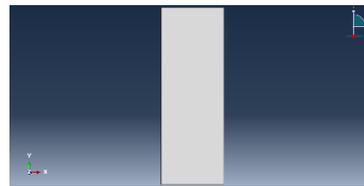


Figura 11

Depois, é criada uma circunferência de raio igual a 5 mm, para depois cortar sua interseção com o retângulo criado anteriormente. Para obter o retângulo recortado seguir o caminho da *Figura 12* até *Figura 16*.

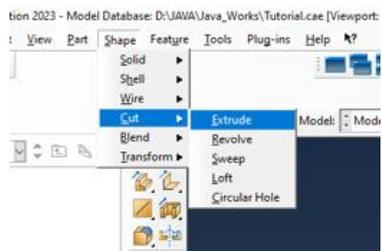


Figura 12



Figura 13

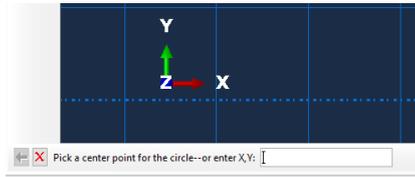


Figura 14

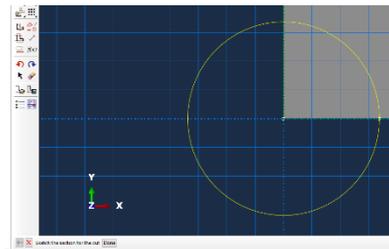


Figura 15

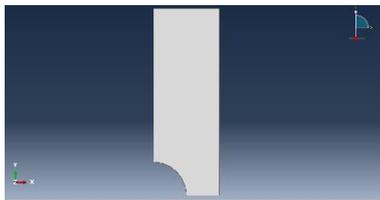


Figura 16

2.3. Property

Nessa parte se define as propriedades como o material, tipo e espessura; para depois poder atribuí-las á chapa. Para entrar nesta parte, clicar na janela principal no item “Property” como indica a *Figura 17*.

Para criar um material, clicar no ícone da *Figura 18* e continuar a sequência até a *Figura 20*, que é onde se coloca o Módulo de elasticidade o coeficiente de Poisson.

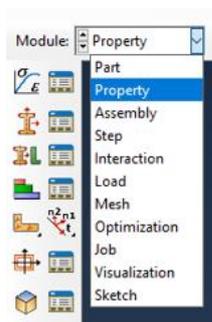


Figura 17

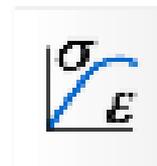
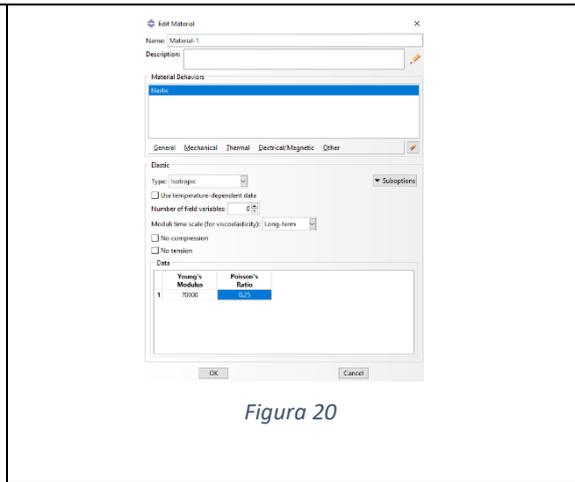
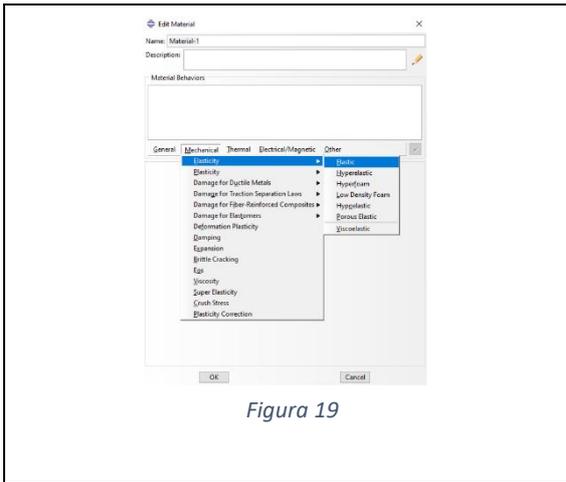
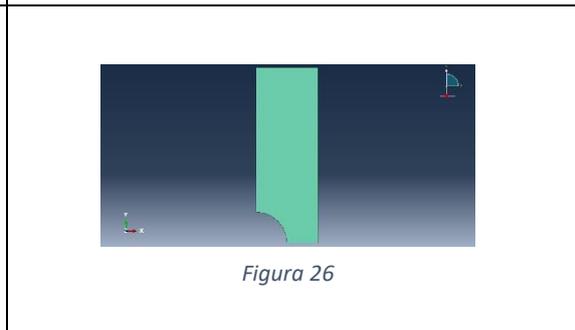
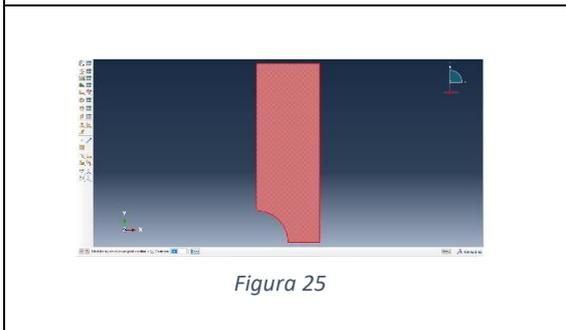
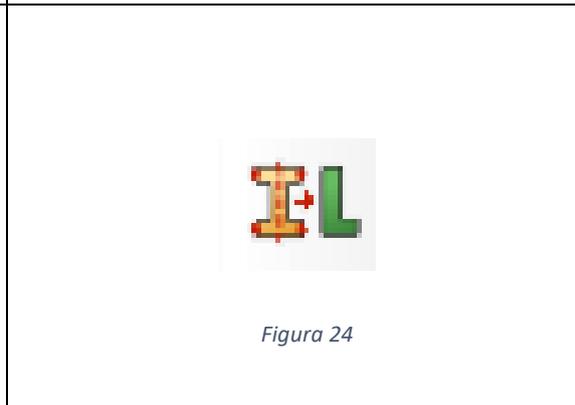
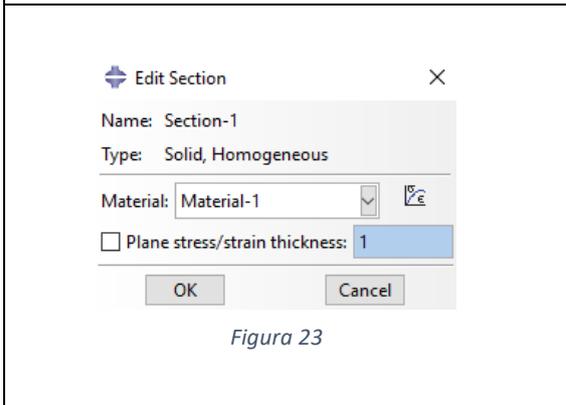
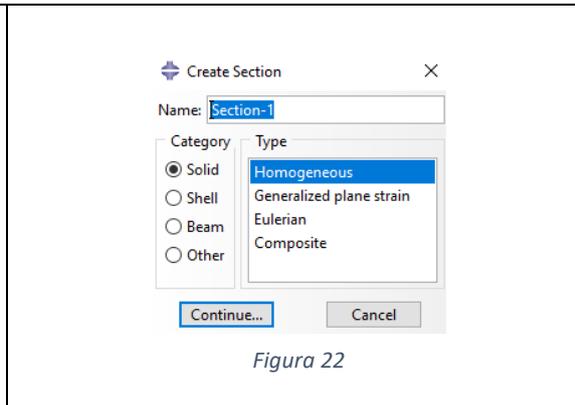
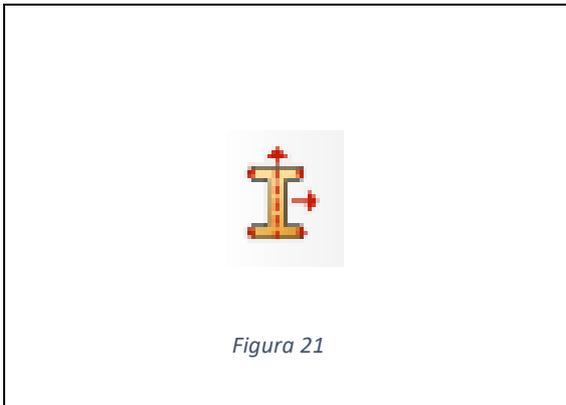


Figura 18



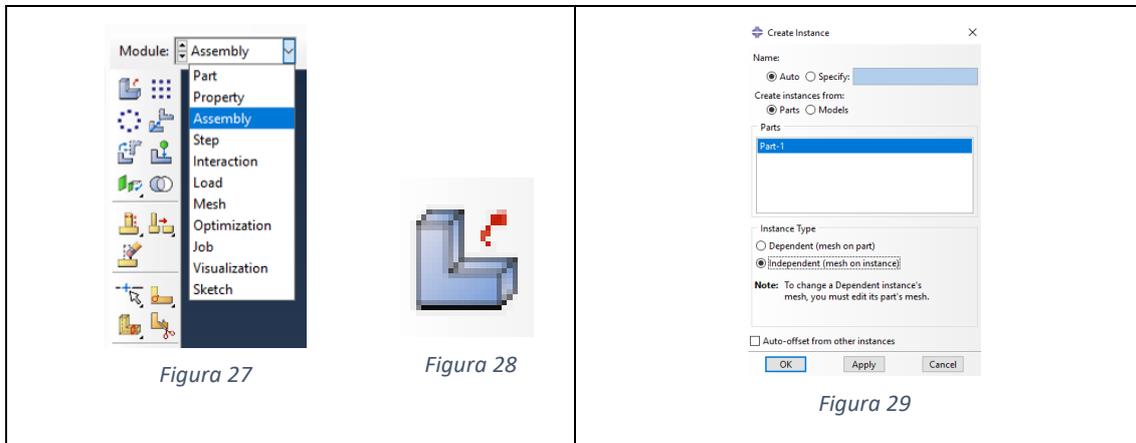
Para criar uma “Section” seguir a seqüência desde a *Figura 21* até *Figura 23*.

Para atribuir aquela “Section” à chapa seguir a seqüência desde a *Figura 24* até *Figura 26*.



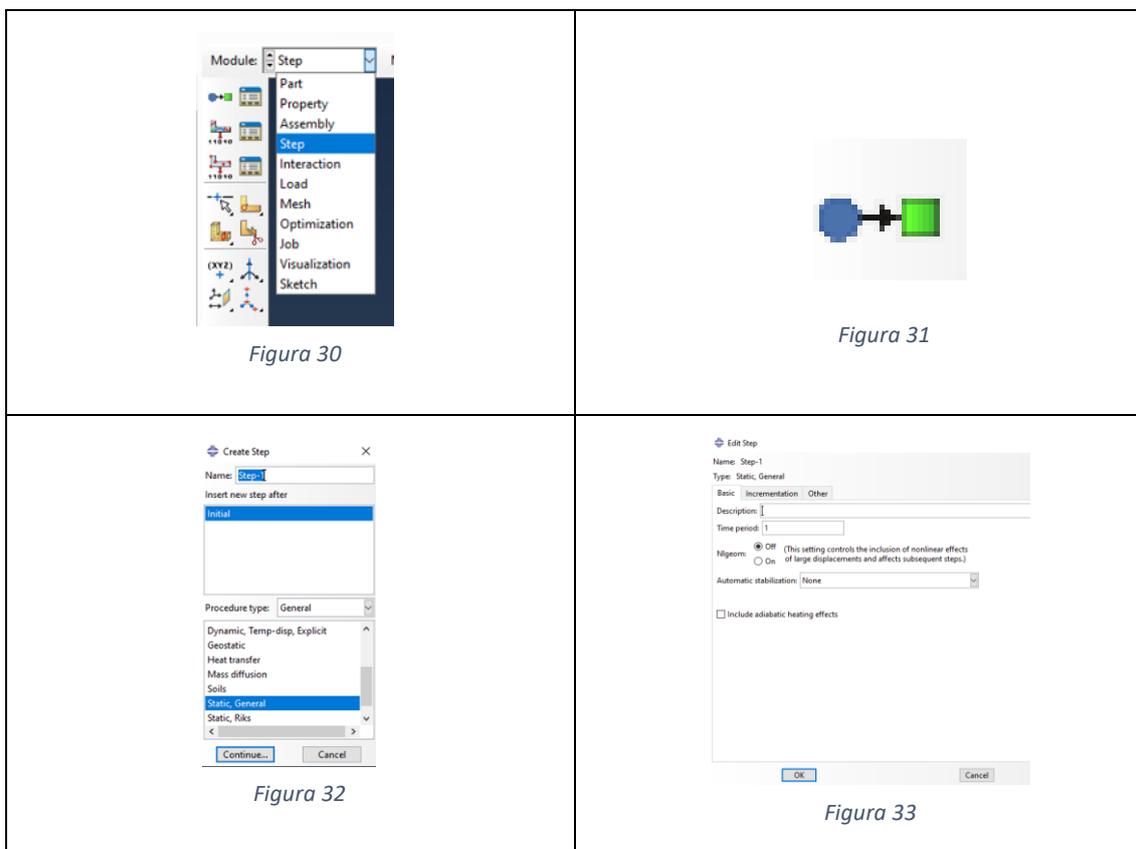
2.4. Assembly

Para poder gerar a malha que discretiza a chapa, e preciso criar uma “instance” de tipo independente para que a malha adote a geometria da “part” criada. Seguindo as instruções da *Figura 27* até *Figura 29* a “instance” é criada.



2.5. Step

Aqui se define que o problema a resolver é de tipo estático linear, então o processo para obter a solução só precisa de um passo de carga, chamado Step-1. Para criar o “Step” seguir as instruções da *Figura 30* até *Figura 33*.



2.6. Load and boundary conditions

Nessa parte serão colocadas na chapa as duas condições de contorno e a força de superfície. Para começar clicar em “Load” como mostra a *Figura 34*.

Para colocar a força de superfície, seguir a sequência desde a *Figura 35* até *Figura 39*.

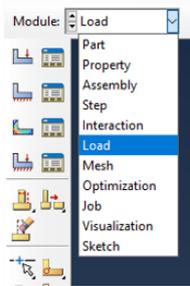


Figura 34

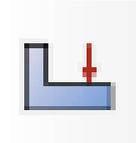


Figura 35

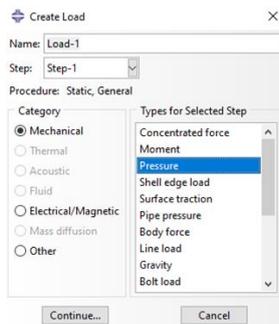


Figura 36

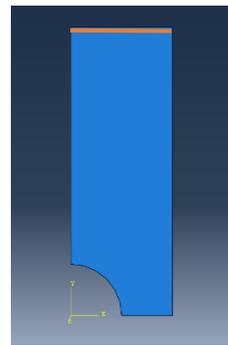


Figura 37

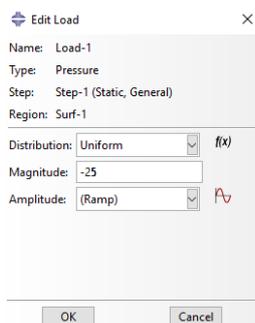
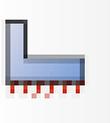
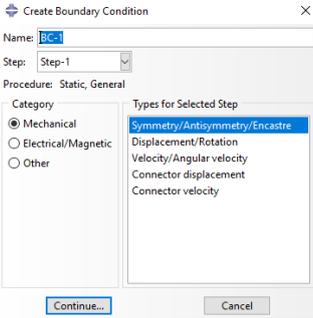
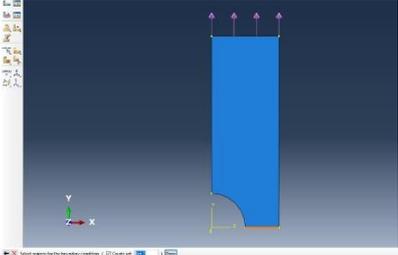
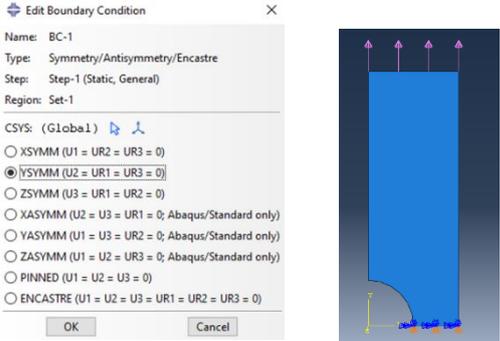


Figura 38

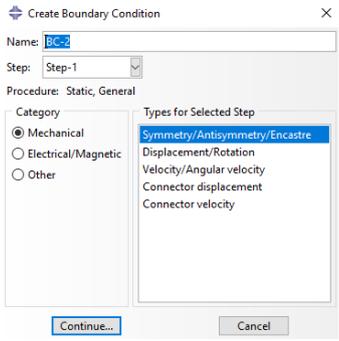
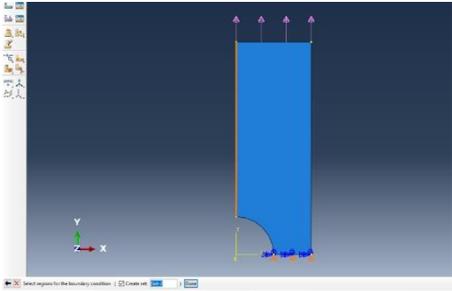


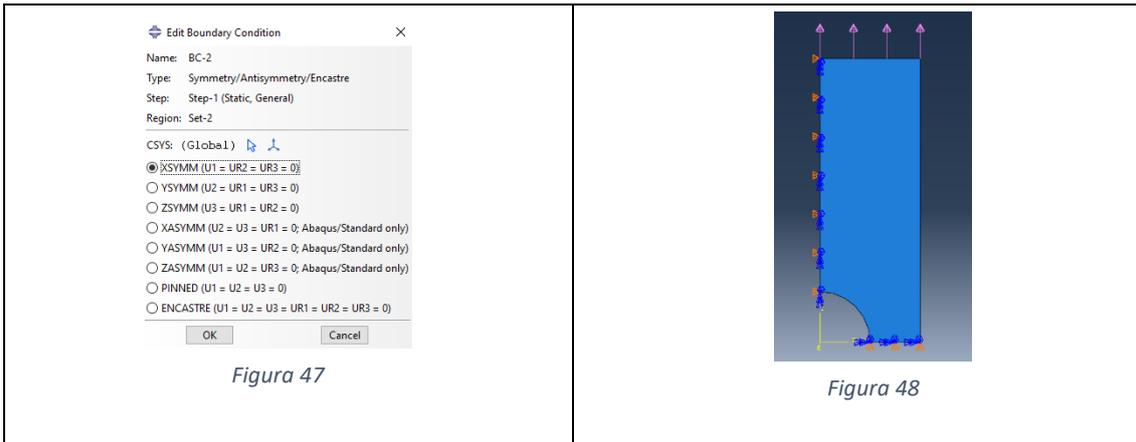
Figura 39

Para colocar a condição de contorno 1, seguir a sequência desde a *Figura 40* até *Figura 44*. Nessa aresta o deslocamento na direção “y” foi restringido.

 <p><i>Figura 40</i></p>	 <p><i>Figura 41</i></p>
 <p><i>Figura 42</i></p>	 <p><i>Figura 43</i></p> <p><i>Figura 44</i></p>

Para colocar a condição de contorno 2, primeiro clicar no ícone da *Figura 40*, logo seguir a sequência desde a *Figura 45* até *Figura 48*. Nessa aresta o deslocamento na direção “x” foi restringido.

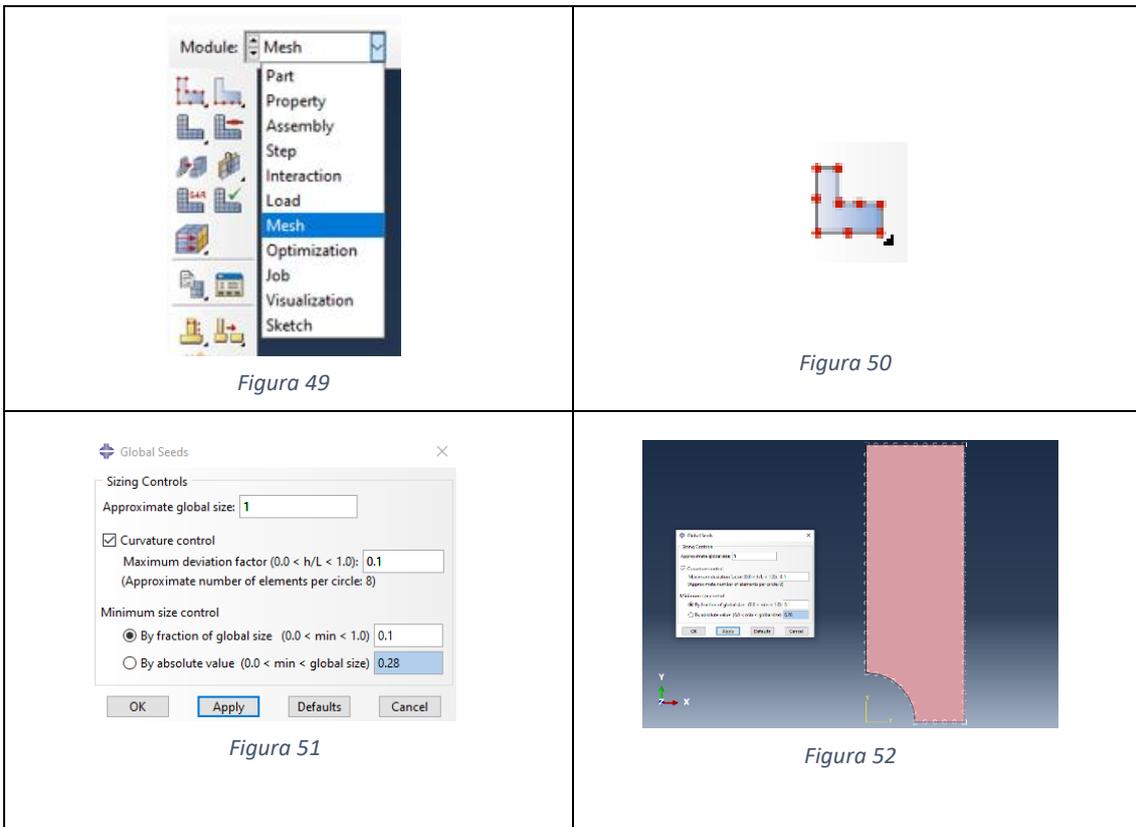
 <p><i>Figura 45</i></p>	 <p><i>Figura 46</i></p>
---	--



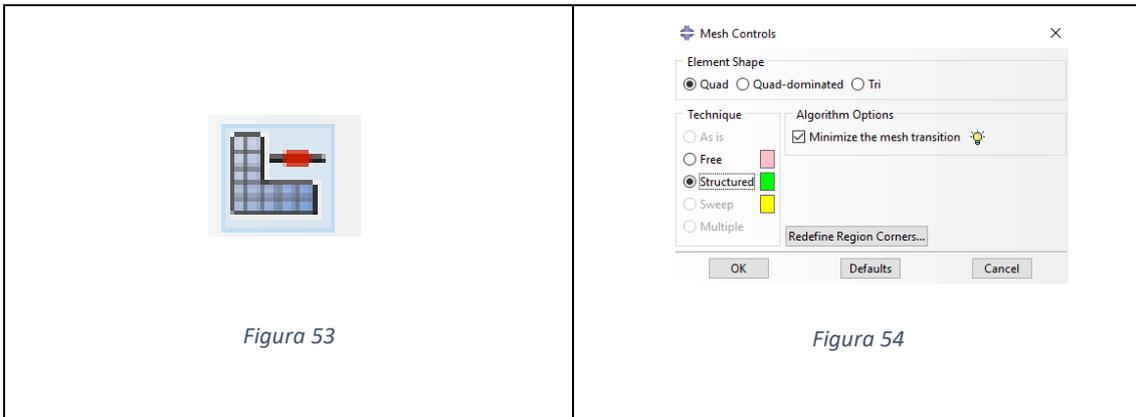
2.7. Mesh

Aqui se define como a malha vai ser refinada, além do tipo de elemento e as funções de interpolação a ser utilizadas. Para entrar nesta parte clicar em “Mesh” como indica a *Figura 49*.

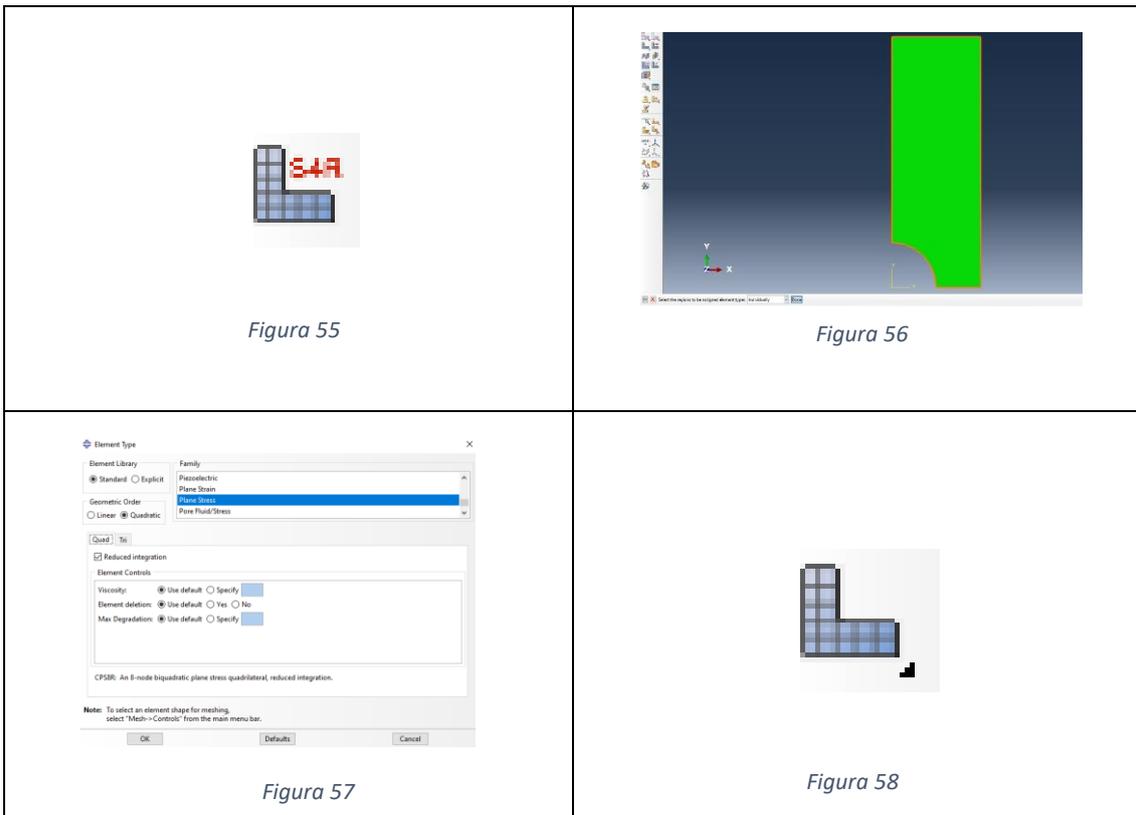
Para cada aresta da chapa se colocam divisões de 1 mm. Para conseguir aquelas divisões seguir a sequência desde a *Figura 50* até *Figura 52*.

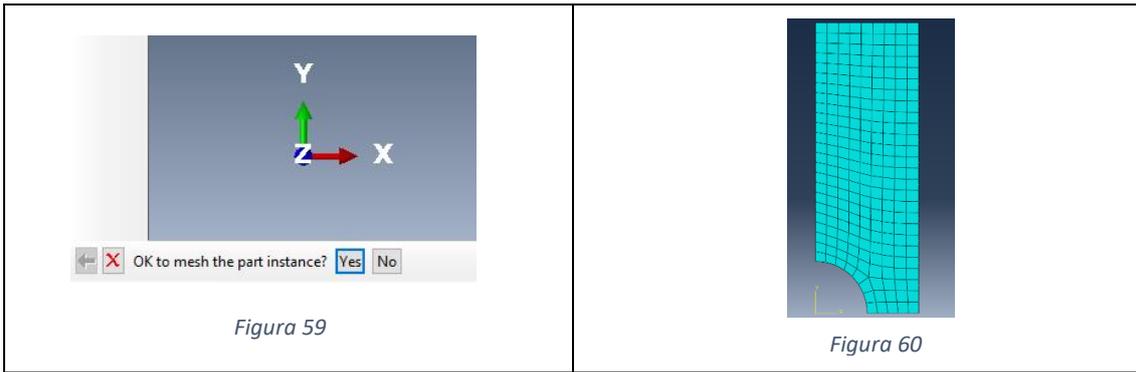


Para escolher a forma do elemento clicar no ícone da *Figura 53* e preencher a janela como mostra a *Figura 54*. Nesse exercício os elementos serão quadriláteros estruturados.



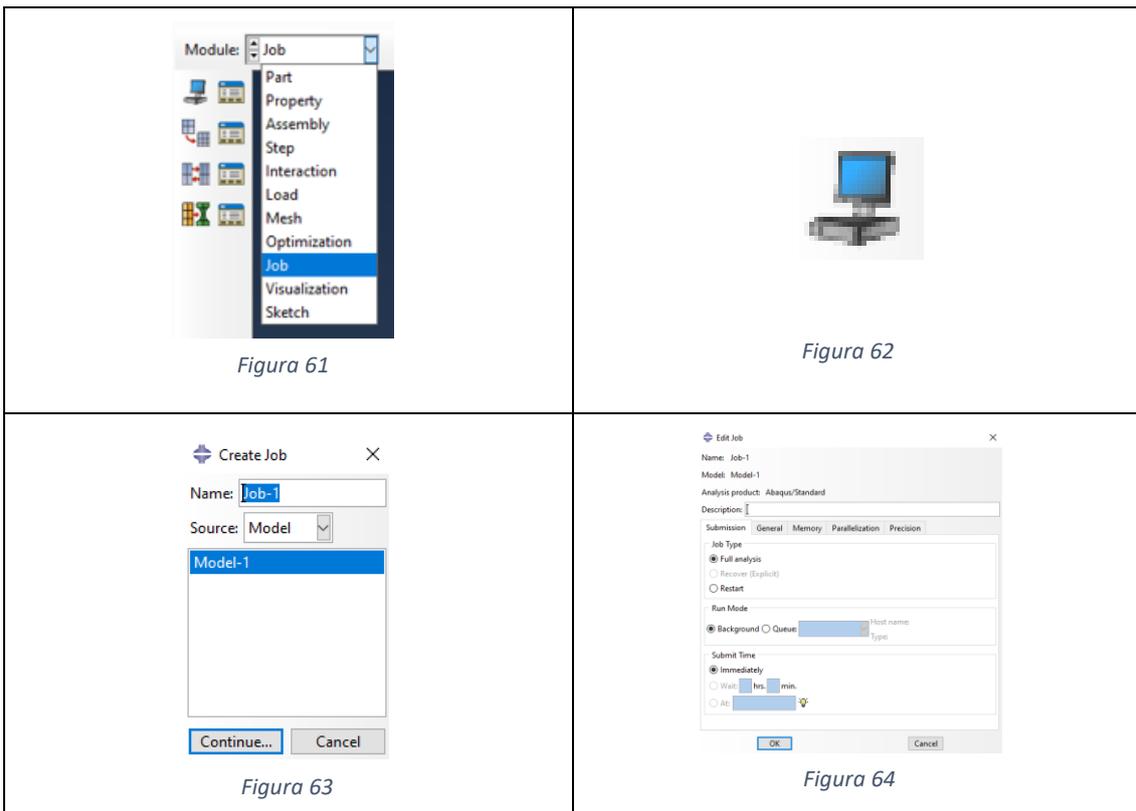
Para escolher o tipo de elemento finito e suas funções de interpolação seguir a sequência desde a *Figura 55* até *Figura 57*. Os elementos são da família tipo “Plane Stress” e suas funções de interpolação são quadráticas, quer dizer que o elemento quadrilateral vai ter 8 nós; por tanto, a solução vai ser mais acurada. Finalmente para gerar a malha clicar no ícone da *Figura 58* e o resultado é mostrado na *Figura 60*.

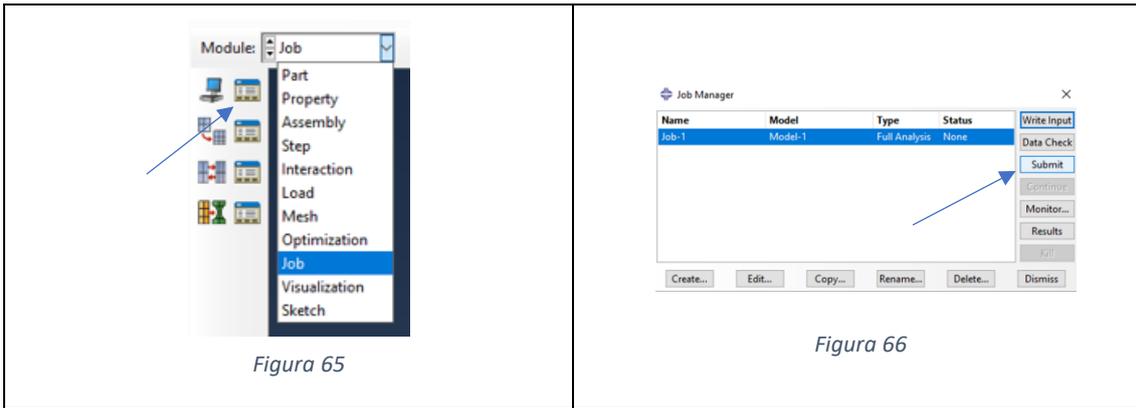




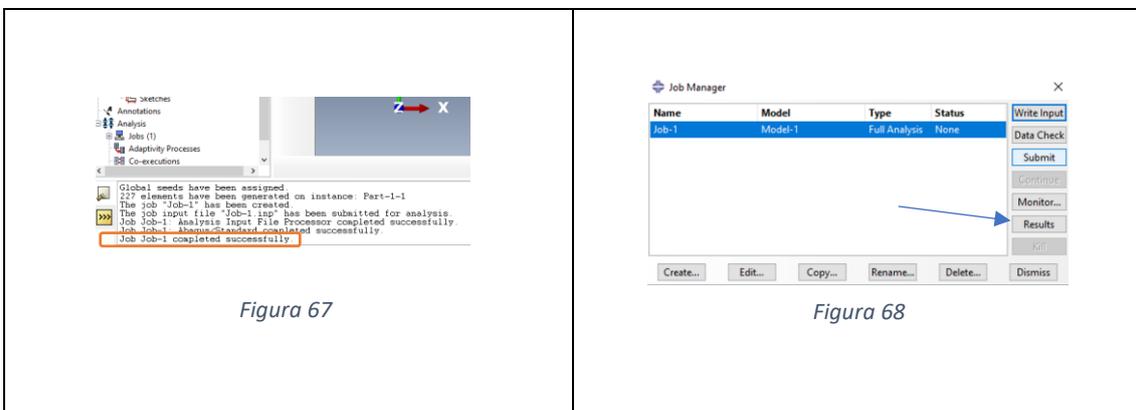
2.8. Job

Essa é a parte final do pré-processamento. É preciso criar um “Job” para que o software possa processar o problema. Uma vez criado o “Job” ao clicar em “Submit” (Figura 66) o solver do ABAQUS vai processar o problema usando todos os arquivos de entrada criados nas partes anteriores. Finalmente, clicando em “Results” (Figura 68) o usuário entrará na parte de post-processamento e poderá visualizar todos os resultados: bandas de tensão, de deslocamento, valores em cada nó, etc. Para fazer todo o mencionado acima, seguir a seqüência desde a Figura 61 até Figura 68.





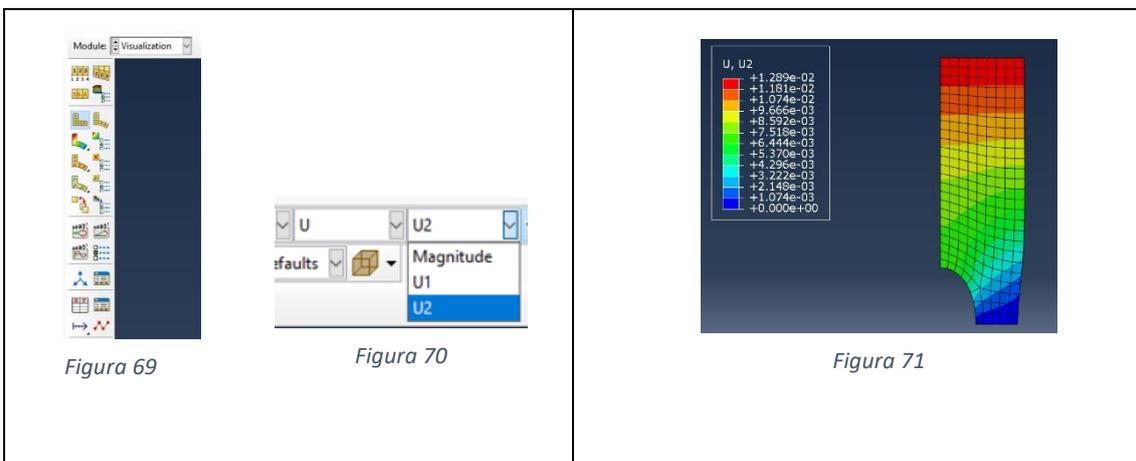
Na janela de conversa da *Figura 67* fala que o “Job” foi realizado com sucesso, então pode-se clicar logo em “Results”.



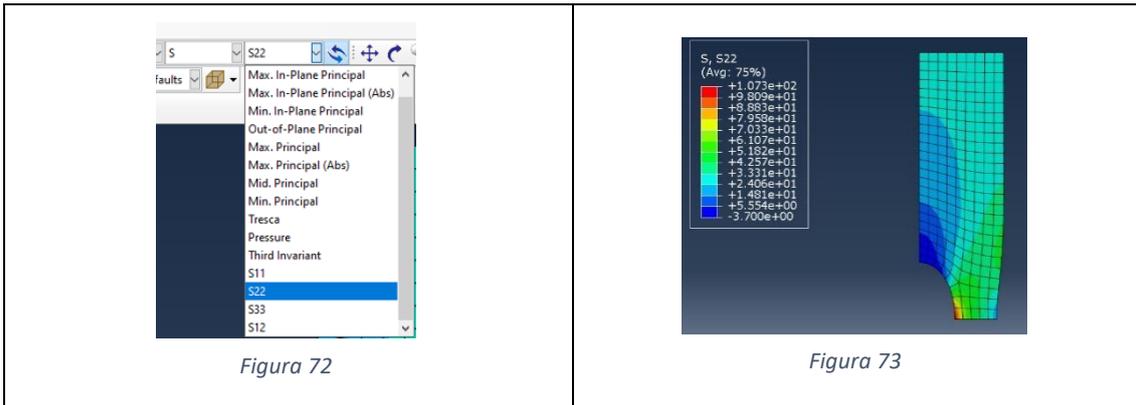
2.9. Visualization

Essa parte pertence ao post-processamento (“Visualization” *Figura 69*). Ajuda a mostrar os resultados desejados do jeito que o usuário quiser. Por exemplo, para ver:

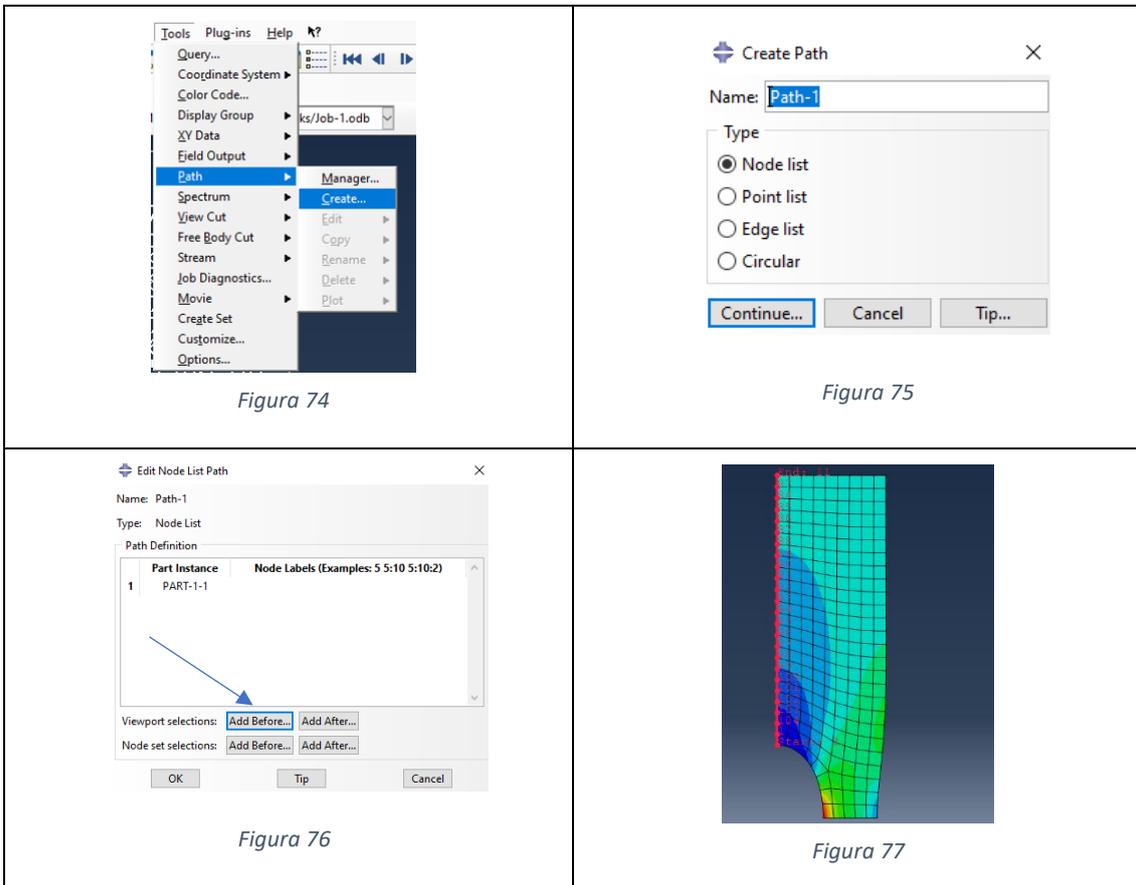
- Bandas de deslocamento na direção “y” (uy): seguir *Figura 70* e *Figura 71*.

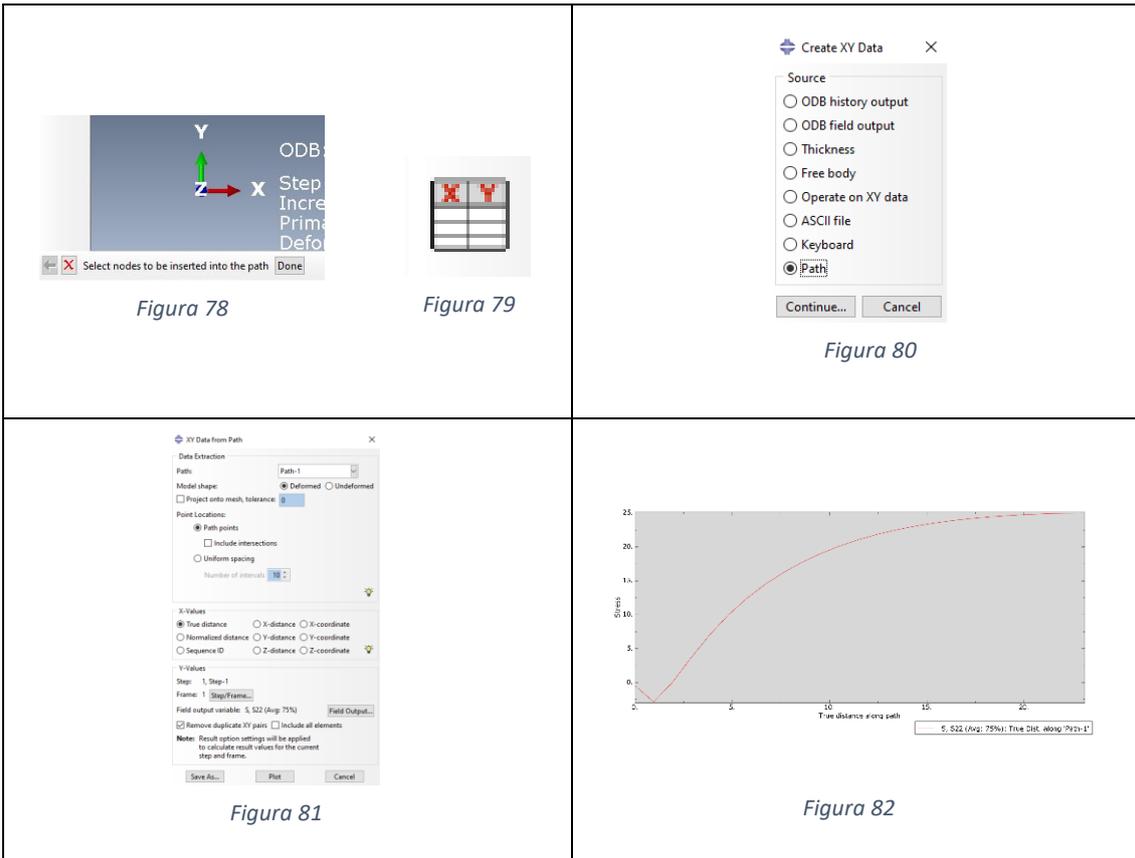


- Bandas de tensão na direção “y” (σ_{yy}): seguir *Figura 72* e *Figura 73*.

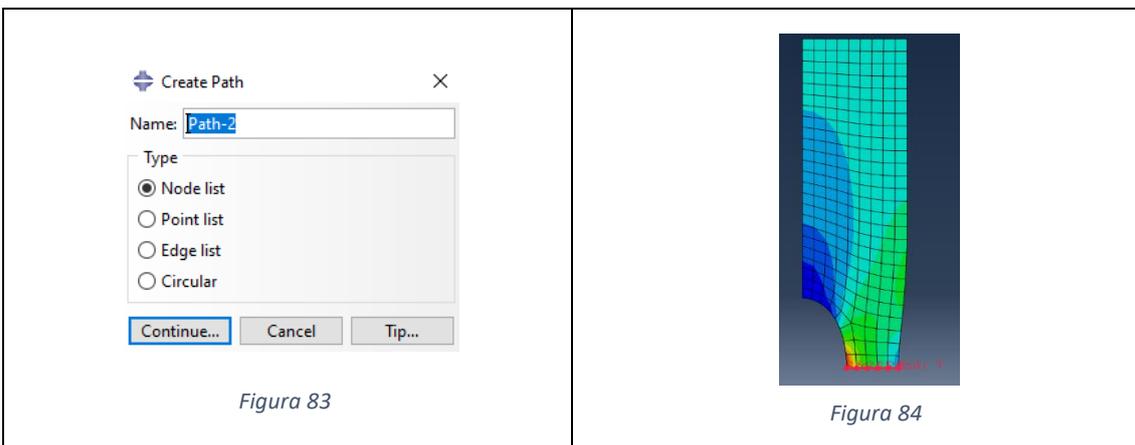


- Variação das tensões (σ_{yy}) ao longo do eixo vertical de simetria: seguir *Figura 74* até *Figura 82*.





- Variação das tensões (σ_{yy}) ao longo do eixo horizontal de simetria: seguir *Figura 83* até *Figura 86*.



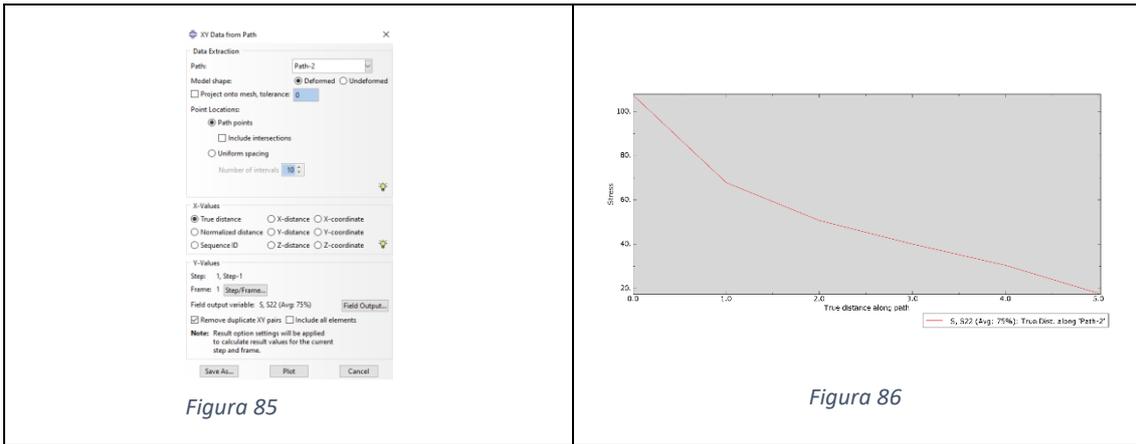


Figura 85

Figura 86

- Tensão (σ_{yy}) em um ponto específico da chapa: seguir Figura 87 e Figura 88.

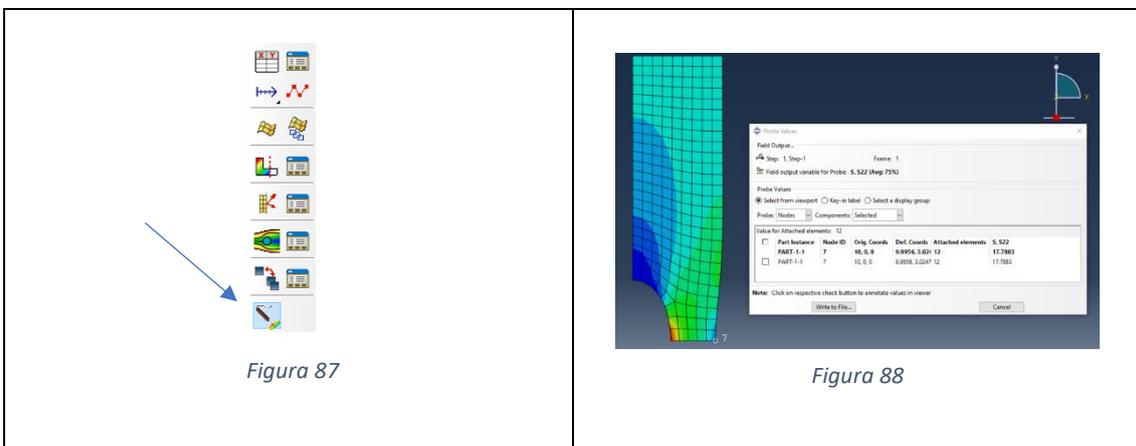


Figura 87

Figura 88