

# ANÁLISE ESTÁTICA LINEAR DE UM PUXADOR USANDO O ABAQUS 6.12 STUDENT EDITION

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:

Neste exemplo vamos analisar um puxador, feito de aço, submetido a um carregamento estático. Puxadores de aço são utilizados em uma grande variedade de objetos. Neste exemplo vamos assumir que o puxador em questão é um dos puxadores usados para levantar um vaso de pressão, conforme mostra a figura 1. Além disso, assume-se que o puxador está devidamente soldado ao vaso de pressão. De acordo com o American Petroleum Institute Standard 650, puxadores de tanques de petróleo devem ser capazes de resistir a carga, aplicada de uma maneira razoável, de duas vezes o peso do tanque vazio, usando-se o fator de segurança 4. O objetivo da nossa análise é então determinar a máxima carga que pode ser aplicada no puxador para que não ocorra plastificação na peça. Pode-se considerar a fixação da solda como engaste perfeito em nosso modelo.

### 1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

As dimensões do puxador são:

$$h = 0,127 \text{ m}$$

$$b = 0,0762 \text{ m}$$

$$d = 0,0508 \text{ m}$$

$$t = 0,00254 \text{ m}$$

Já que a espessura é pequena e o carregamento é vertical, pode-se assumir que se trata de um problema plano de tensões.

### 1.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

O material é assumido como elástico linear com Módulo de Young  $E=0.2 \cdot 10^{12}$  Pa, com tensão limite de escoamento  $S_y = 0.25 \cdot 10^9$  e coeficiente de

Poisson  $\nu = 0,25$ . Assume-se também que a carga total está aplicada em uma região de  $30^\circ$  em torno do eixo vertical.

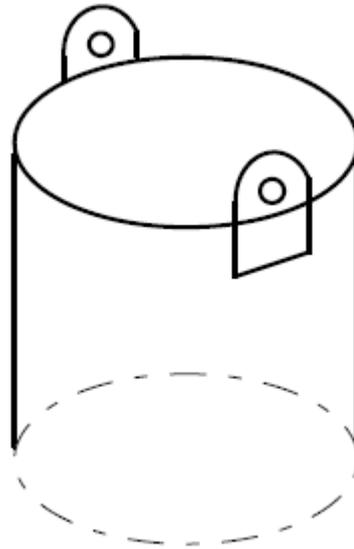


Figura 1. Esquema do vaso com o puxador

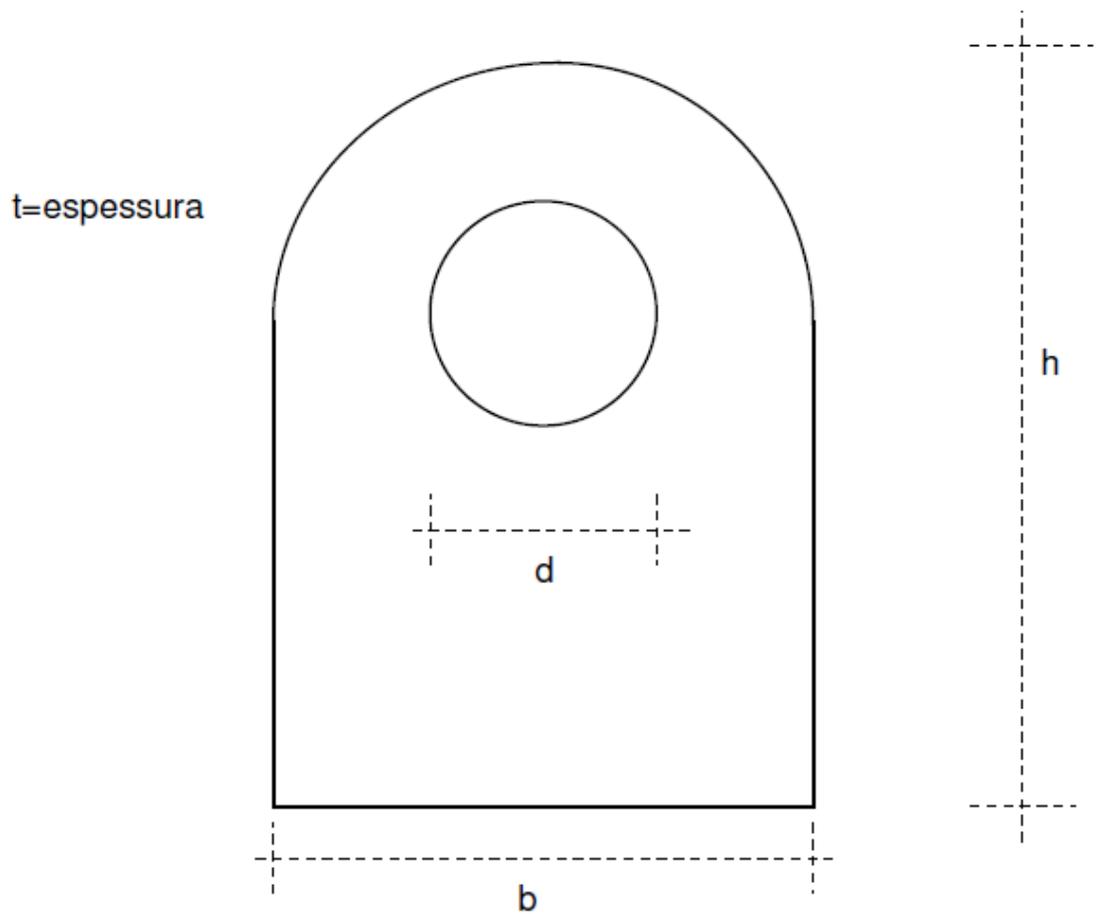
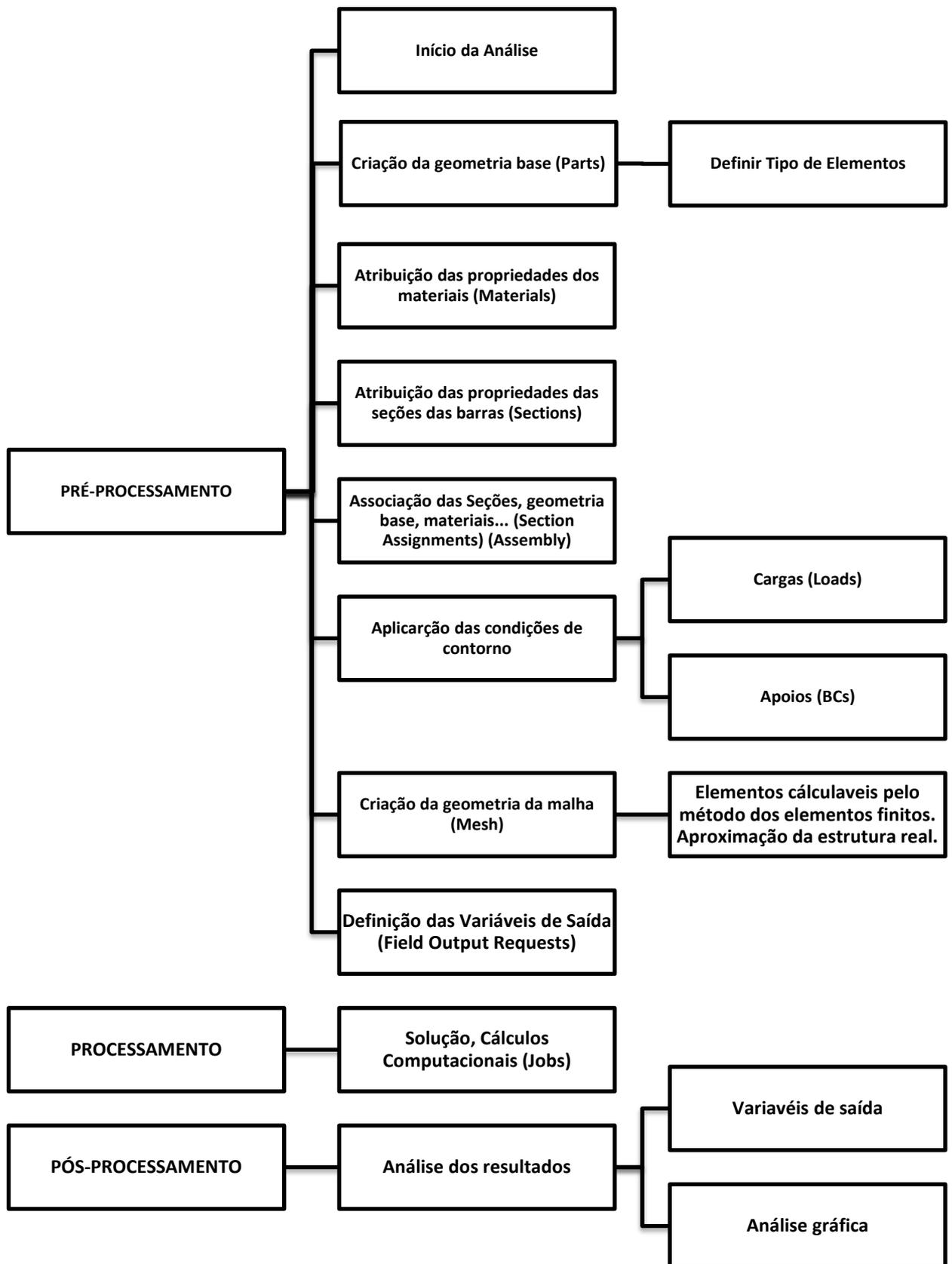


Figura 2. Esquema do puxador a ser analisado

## **2. RESOLUÇÃO**

O procedimento de resolução pode ser demonstrado no seguinte fluxograma (a ordem pode eventualmente ser quebrada em pontos específicos por conveniência):

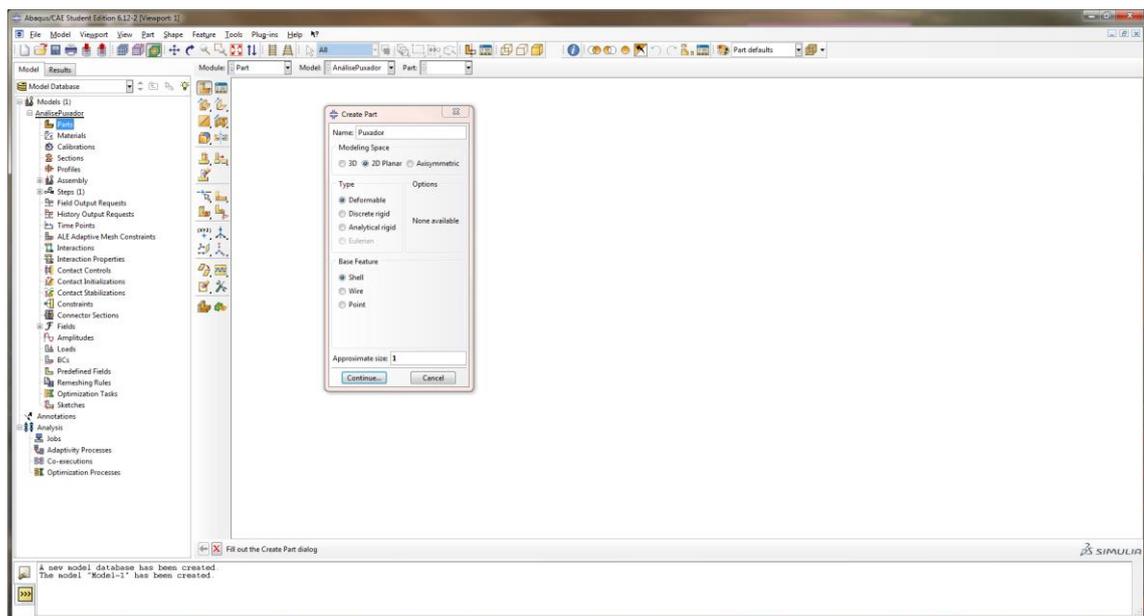


## 1.1. INÍCIO DA ANÁLISE

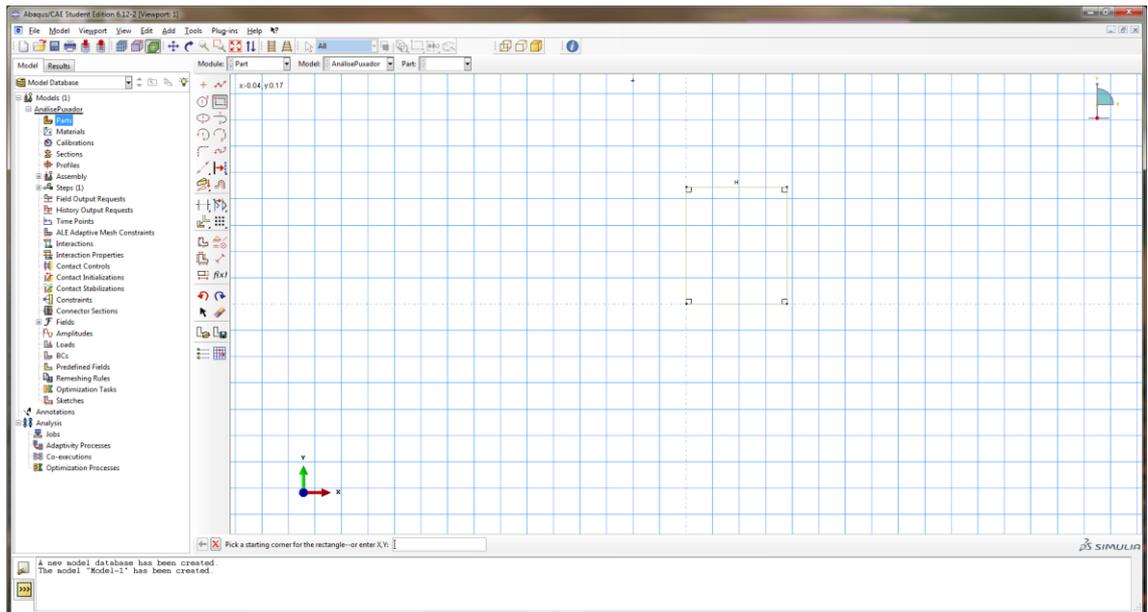
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no **Menu Iniciar** para abrir o **Prompt de Comando** e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em **Create Model Database** na caixa **Start Session** que aparece, **selecione** **With Standard/Explicit Model**.

## 1.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

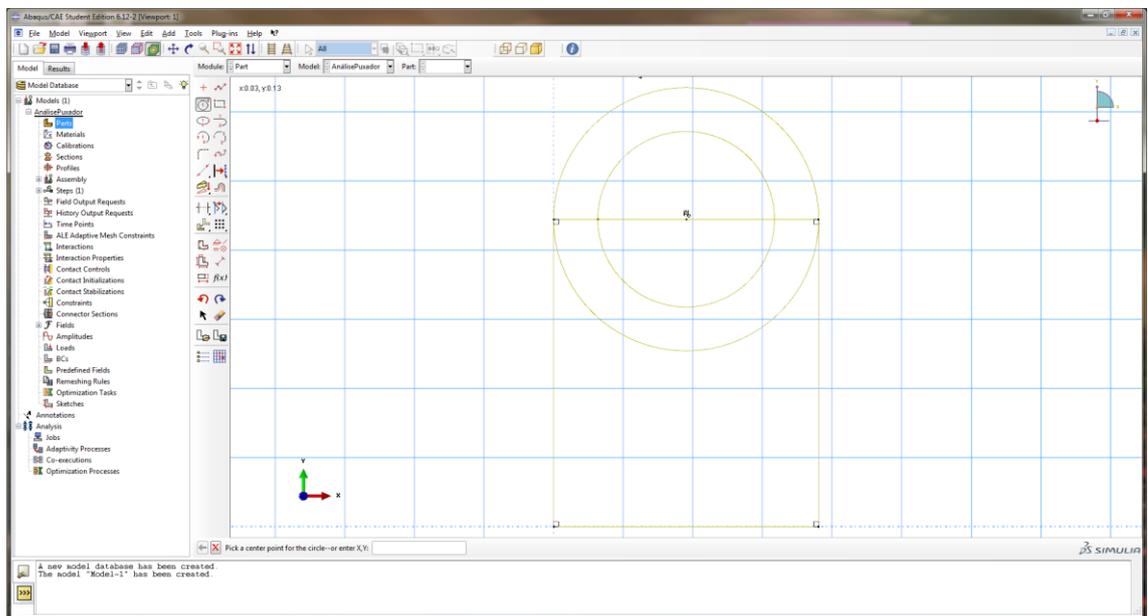
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**. **Digite** *AnálisePuxador*.
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**, no campo **Name** **digite** *Puxador*, e **selecione** as opções: **2D Planar**, **Deformable**, **Shell**. Em **approximate size** **digite** *1*. **Clique** em **Continue...**



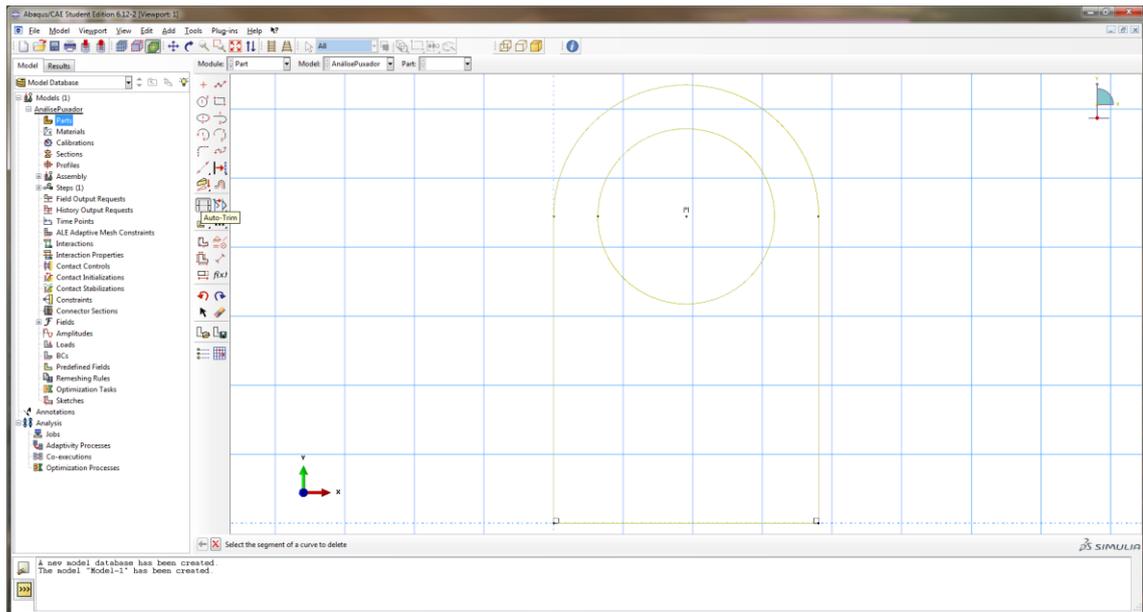
- ✓ **Clique** em **Create Lines: Rectangle (4 lines)** na caixa de ferramentas e **insira** as seguintes coordenadas *0,0 – 0.0762,0.0889*.



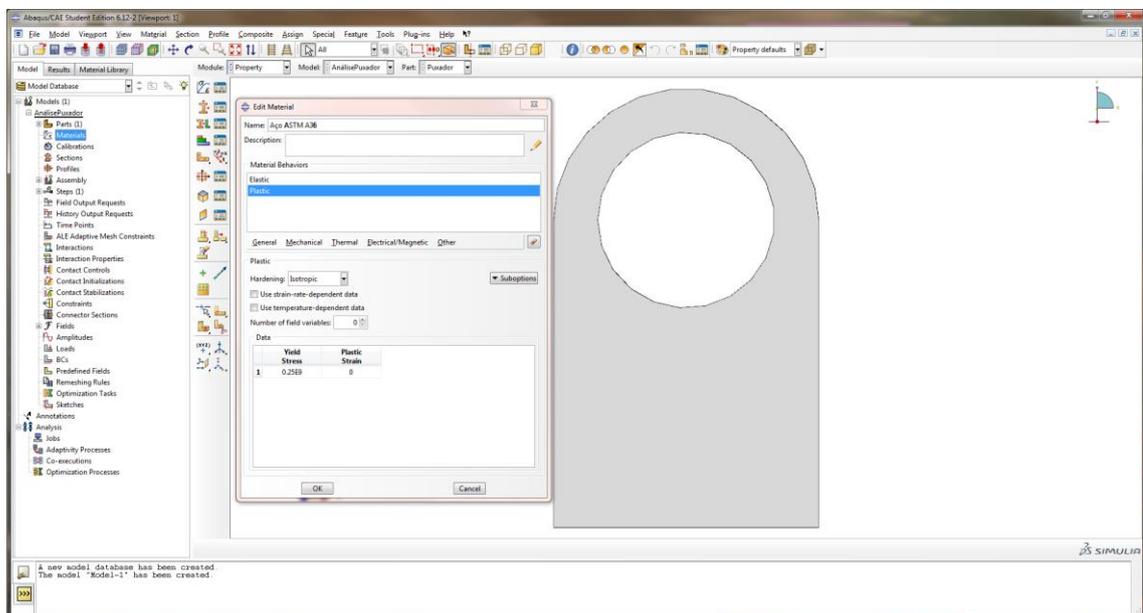
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Create Circle: Center and Perimeter**, **selecione** o ponto médio da aresta superior e **clique** em um dos vértices dessa aresta. **Clique** novamente no ponto médio da aresta e então **digite** 0.0127,0.0889. **Tecl**e enter.



- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Auto-trim** e **apague** todas as linhas indesejadas, conforme mostra a imagem a seguir. Então **desative** a função **Auto-Trim** e **clique** em **Done**.

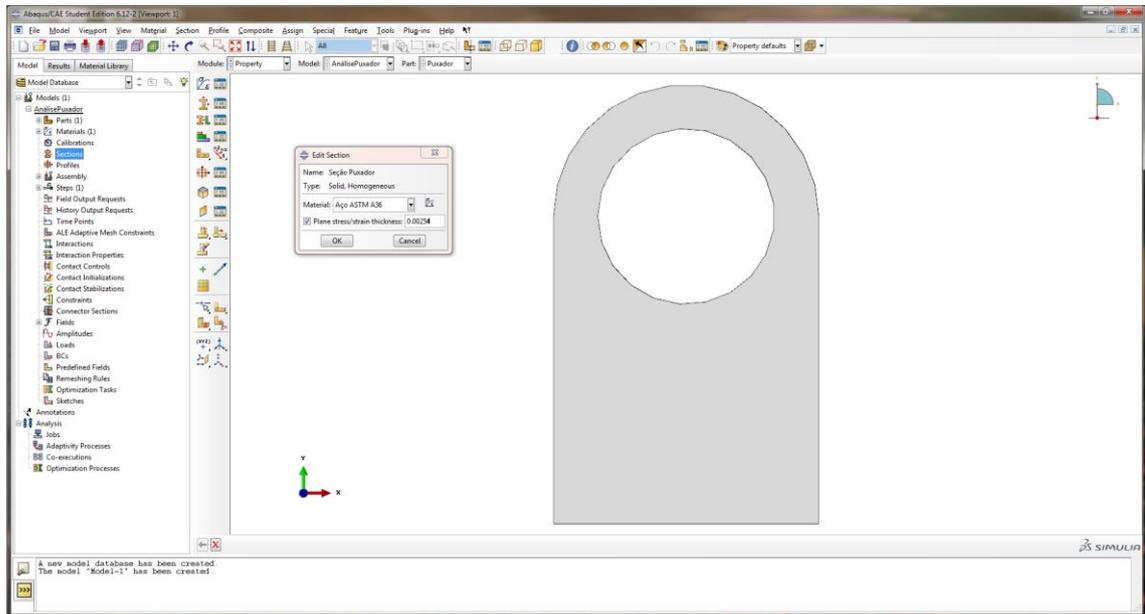


- ✓ No menu **Model** à esquerda, dê duplo clique em **Materials**. Na janela **Edit Material** **renomeie** o material para **Aço ASTM A36**, **selecione** **Mechanical>Elasticity>Elastic** e **digite** 0.2E12 em **Young's Modulus** e 0.25 em **Poisson's Ratio**. **Selecione** **Mechanical>Plasticity>Plastic** e **digite** 0.25E9 em **Yield Stress** e 0 em **Plastic Strain**. **Clique** em **OK**.

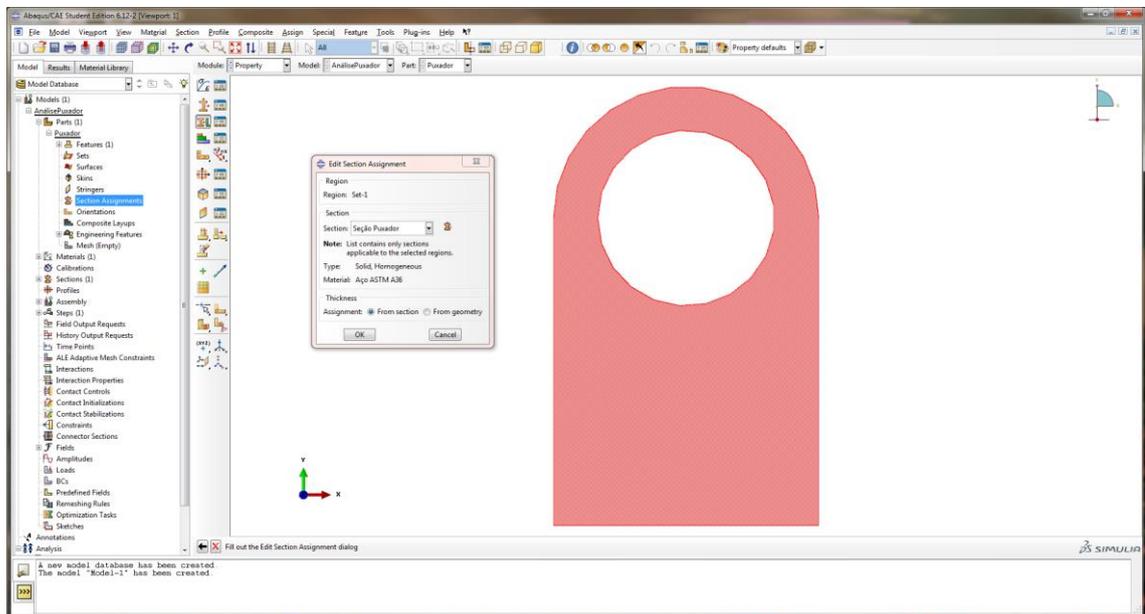


- ✓ No menu **Model** à esquerda, dê duplo clique em **Sections**. No campo **Name**: **digite** *Seção Puxador*, em **Category** **selecione** **Solid**, e em **Type** **selecione** **Homogeneous**. **Clique** em **Continue...** Na janela **Edit**

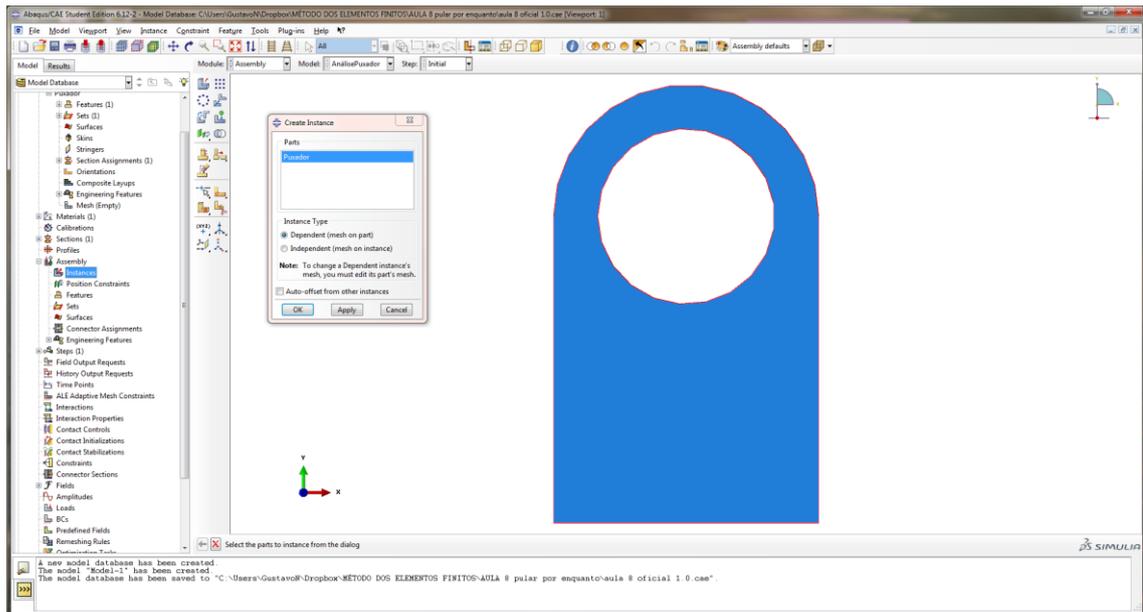
Section, **Marque** Plane Stress/strain thickness: e **digite** 0.5. **Clique** em OK.



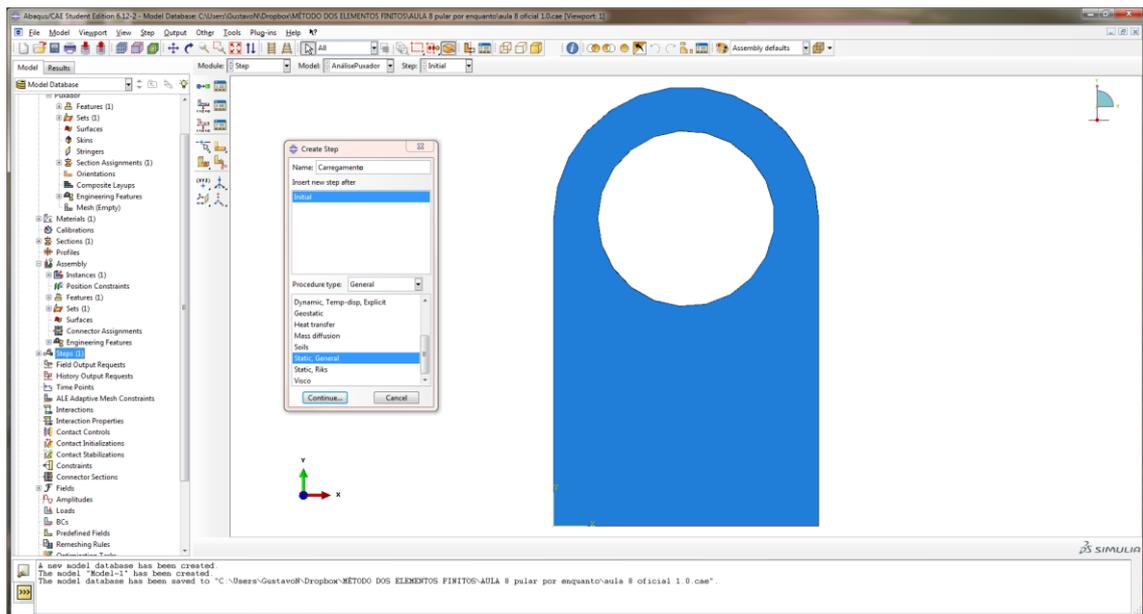
✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** Parts>Puxador e **dê** duplo clique em **Section Assignments**. **Selecione** o puxador e **clique** em **Done**. **Selecione** *Seção Puxador* e **clique** em **OK**.



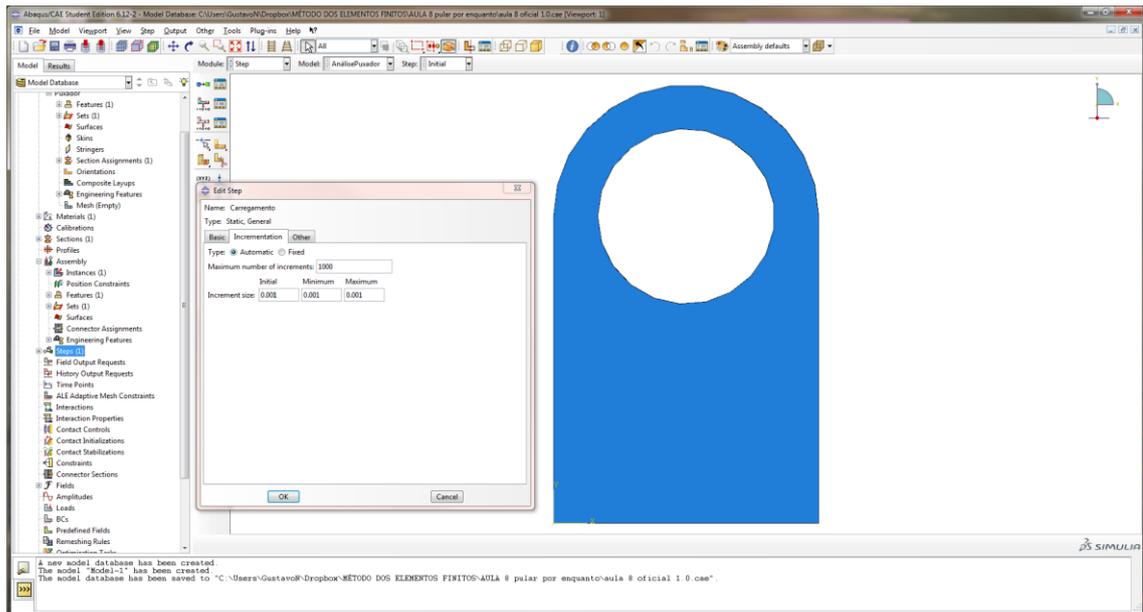
✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** Assembly, **dê** duplo clique em **Instances** e **clique** em **OK** na janela **Create Instance**.



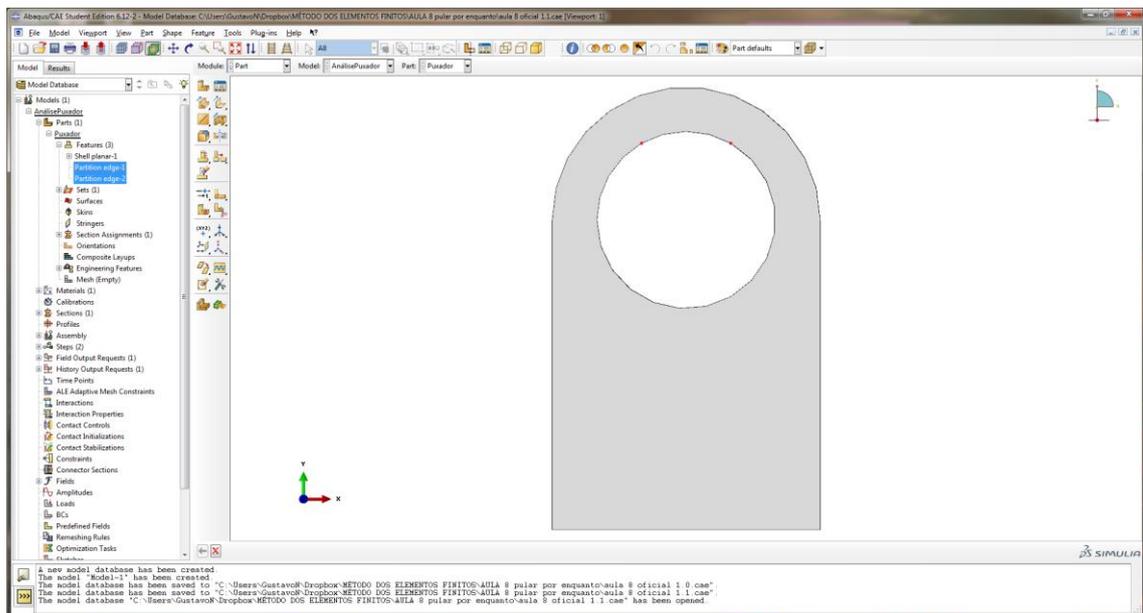
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Steps**. **Digite** Carregamento no campo Name: e **Clique** em **Continue...**



- ✓ Na janela **Edit Step** **selecione** a **Aba Incrementation**. **Digite** 1000 em **Maximum number of increments** e 0.001 em **Increment size**:>Initial, **Minimum** e **Maximum**. **Clique** em **OK**.

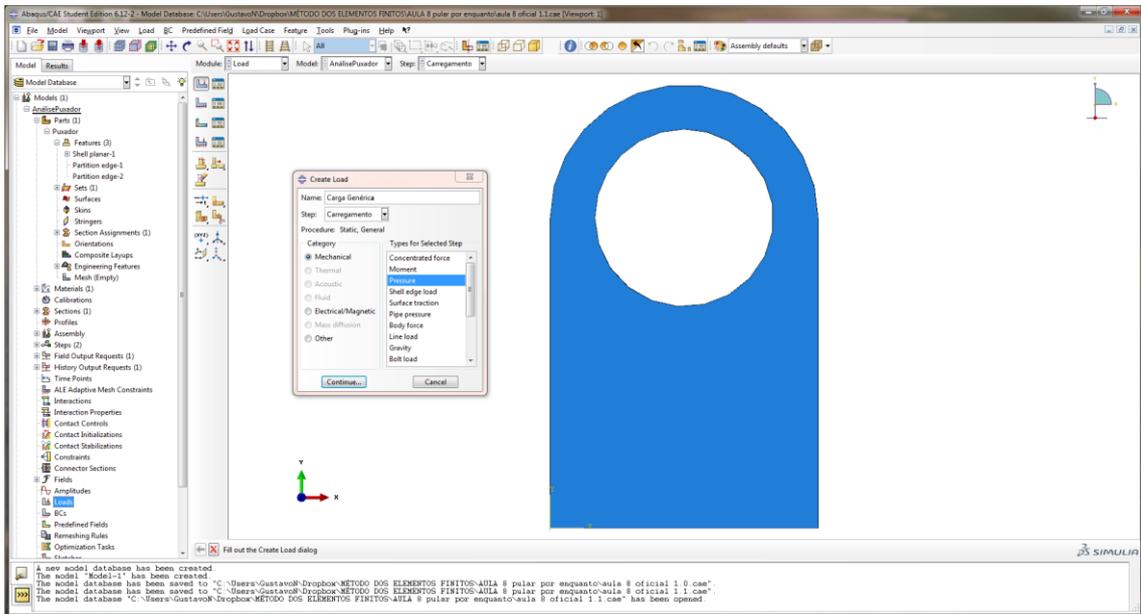


- ✓ Na barra de contexto, em **Module**, **selecione** Part. Na caixa de ferramentas, **clique** e **segure** o botão esquerdo em **Partition Edge: Specify Parameter by Location**, e **escolha** a opção **Partition Edge: Enter Parameter**. **Selecione** o perímetro do furo da peça e **clique** em **Done**. **Digite** 0.666667 e **clique** em **Create Partition**. **Repita** selecionando a parte menor do perímetro e digitando 0.5. **Clique** em **OK**.

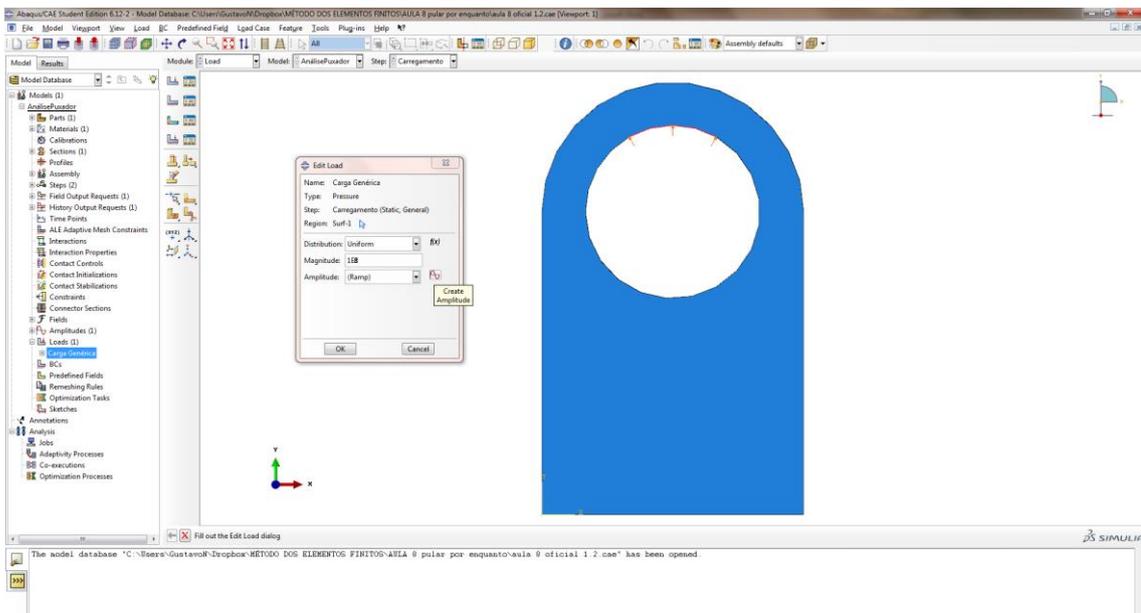


- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Loads**. Na janela **Create Load**, no campo **Name** **digite** *Carga Genérica*, **troque** o **Step**

para **Carregamento**, em **Types for Selected Step** **selecione** Pressure e **clique** em Continue....

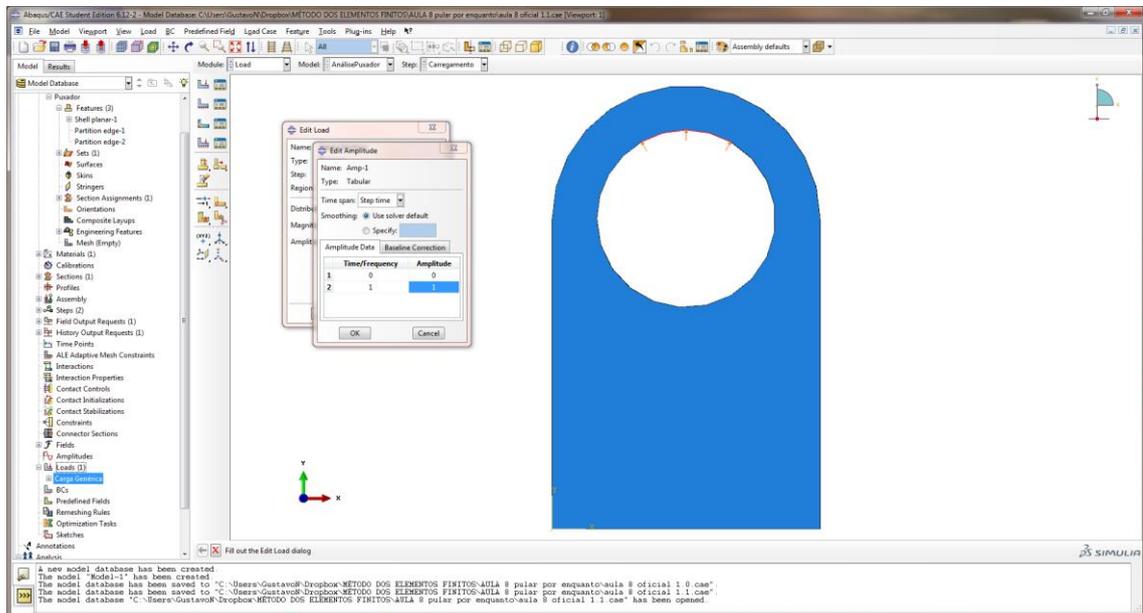


- ✓ **Selecione** a região de aplicação da força e **clique** em Done. Na janela **Edit Load**, **digite** 1E8 no campo **Magnitude**: e **clique** em **Create Amplitude**. (atenção: A tensão utilizada deve ser ligeiramente maior que o valor esperado para que o processamento dos dados não seja interferido pela plasticidade da peça)

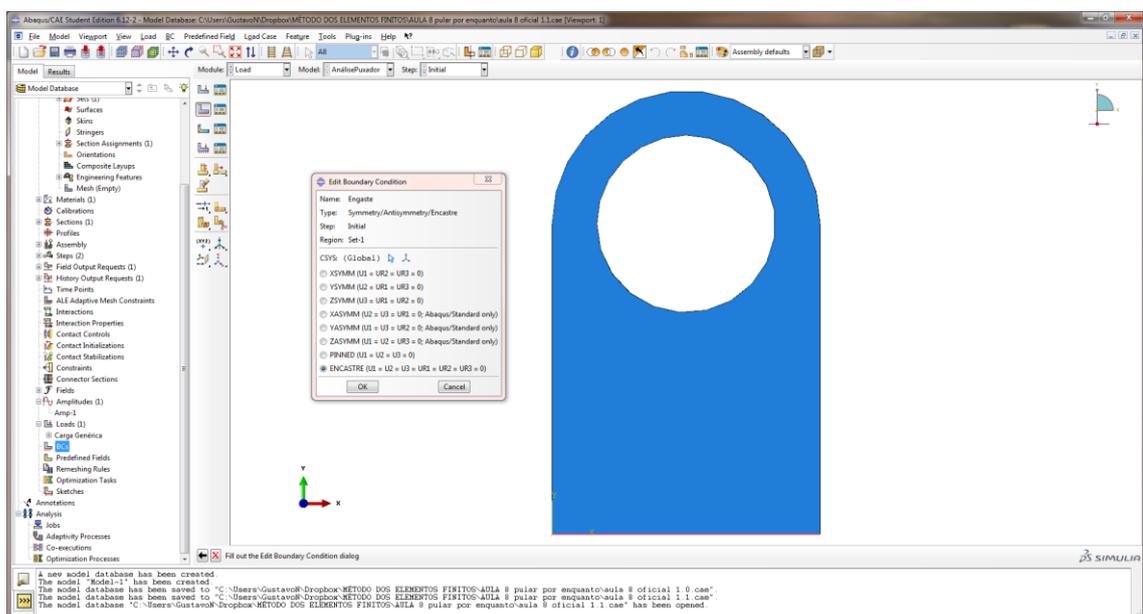


- ✓ Na janela **Create Amplitude** **aceite** Tabular em **Type** clicando em **Continue...** Logo abrirá a janela **Create Amplitude**. **Digite** 0 e 0 na

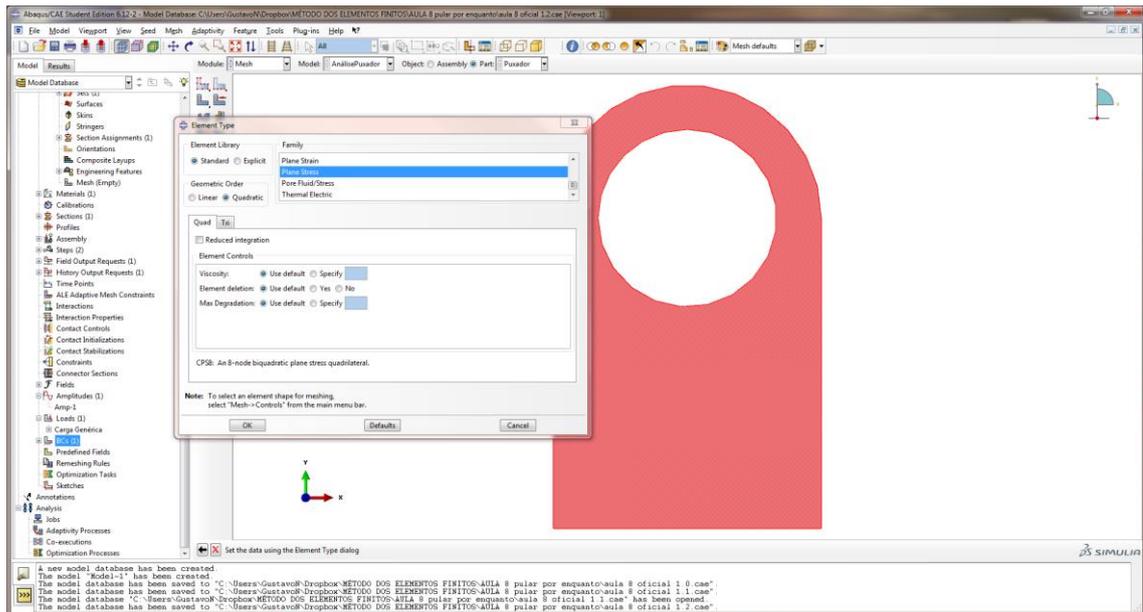
linha 1 e **digite** 1 e 1 na linha 2. **Clique** em **OK**, **selecione** a amplitude criada e novamente **clique** **OK**.



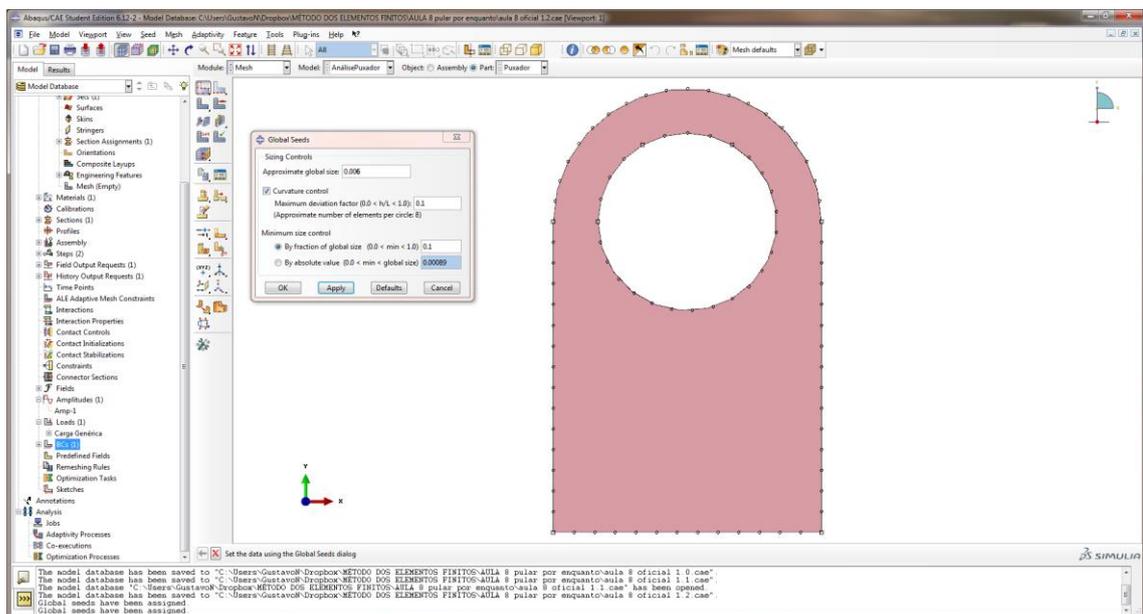
✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **BCs**. Na janela **Create Boundary Condition**, **altere** o campo **Name** para **Engaste**, **Step** para **Initial** e **Types** for **Selected Step** para **Symetry/antisymetry/Encastre**. **Clique** em **Continue...** **Selecione** a aresta inferior do puxador e **clique** em **Done**. **Marque** **ENCASTRE** ( $U1 = U2 = U3 = UR1 = UR2 = UR3 = 0$ ) na janela **Edit Boundary Condition** e **clique** em **OK**.



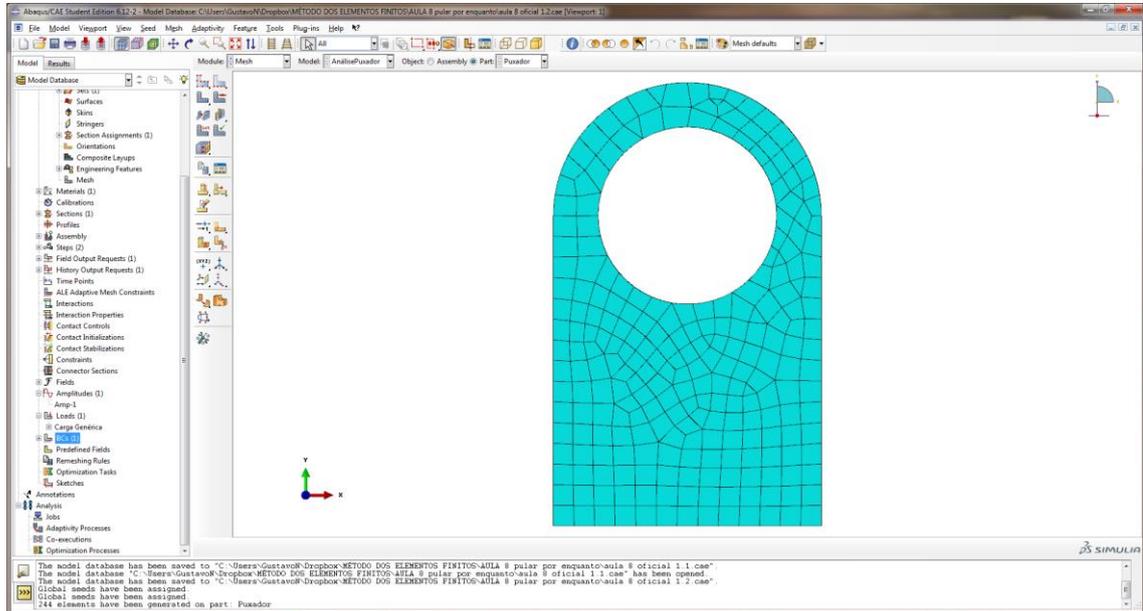
- ✓ Na barra de contexto, em **Module**, **selecione** Mesh, e em **Object**, **selecione** Part. Na barra do menu principal, **clique** em Mesh>Element Type e **selecione** o puxador. Clicando em **Done**, abrirá a janela Element Type. Em Family, **selecione** Plane Stress, em Geometric Order, **selecione** Quadratic e **desmarque** a opção Reduced Integration. **Clique** em OK.



- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em Seed>Part, **digite** 0.006 em Approximate global size e **clique** em Apply. **Analise** a distribuição dos pontos e **clique** em Done.



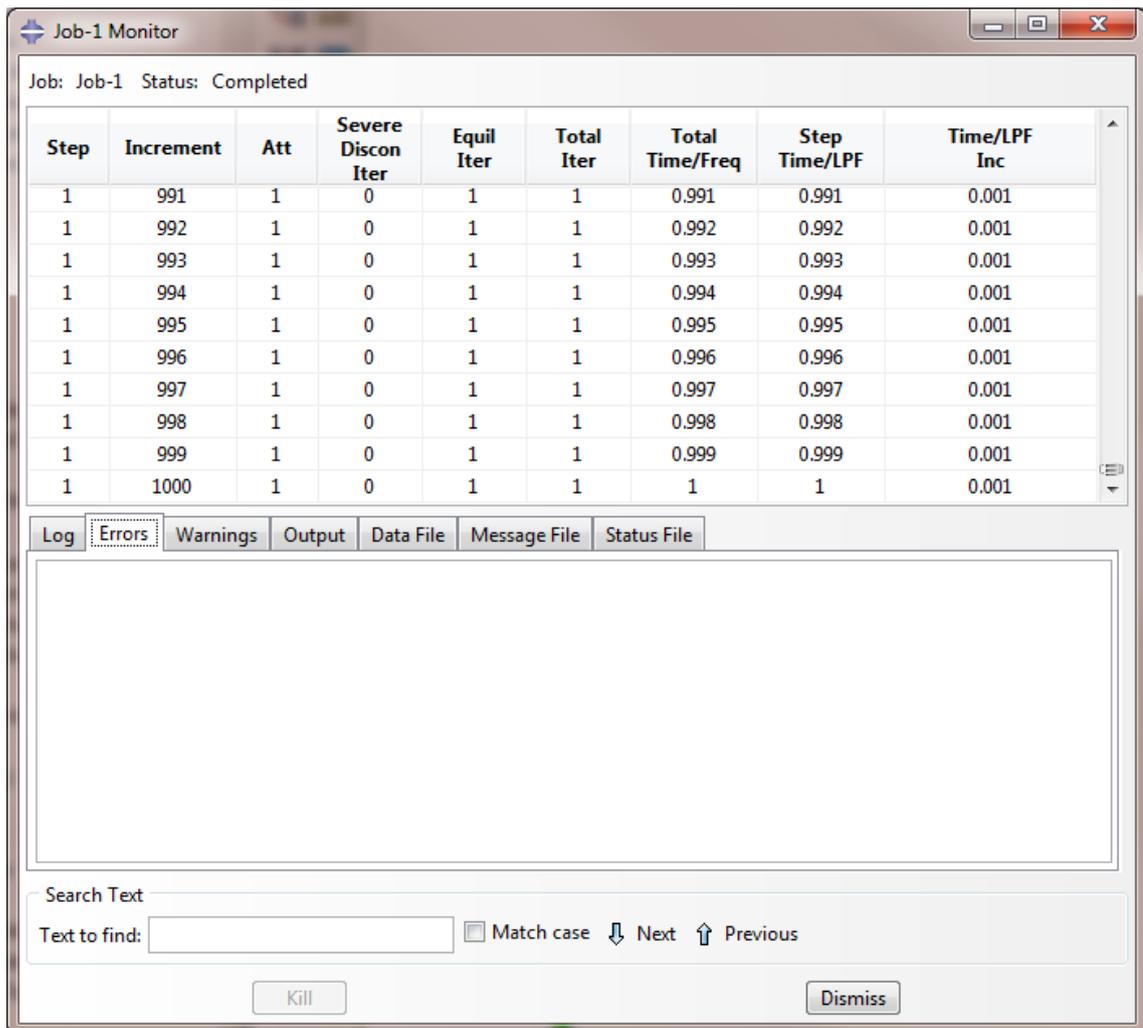
- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Part**. Aparecerá a pergunta “OK to mesh the part?”, **clique** Yes. **Perceba** que a placa fica na cor azul.



- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** **History Output Requests (1)**, **clique** com o botão direito em **H-Output-1**, então **selecione** a opção **delete...** **Clique** em **Yes**.

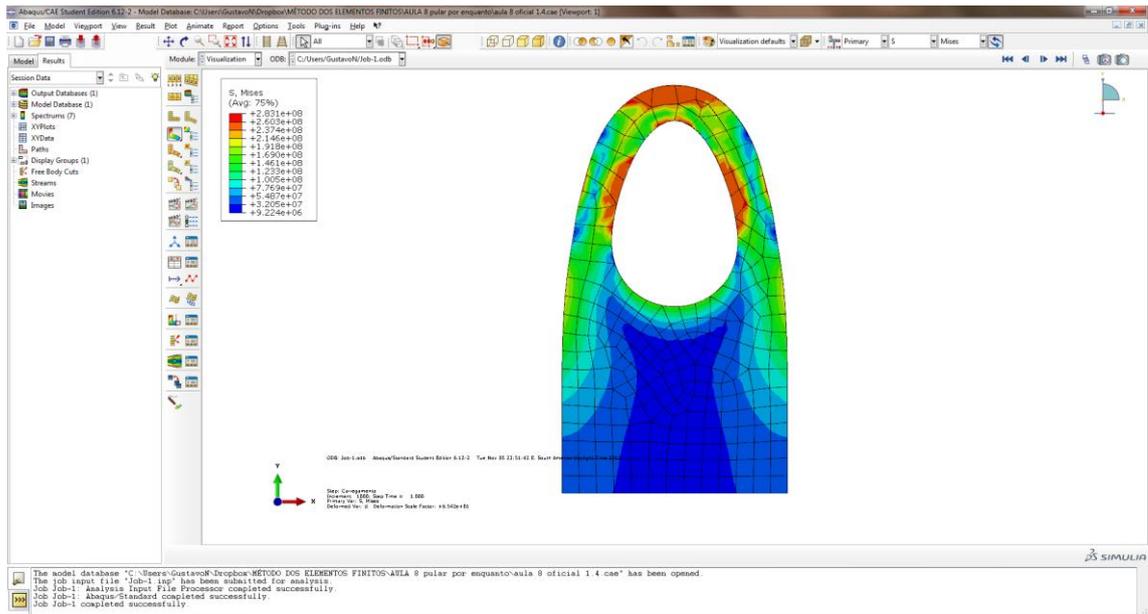
### 1.3. PROCESSAMENTO

- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Jobs** e **clique** em **Continue...** **Clique** em **OK**.
- ✓ **Abra** **Jobs (1)**, **clique** com o botão direito em **Job-1** e **clique** em **Submit**. Nas janelas que se abrem, **clique** em **OK** e **Yes**. **Clique** com o botão direito do mouse em **Job-1 (Running)** e **selecione** **Monitor**. **Perceba** como estão sendo feitos os incrementos de tempo no processamento.

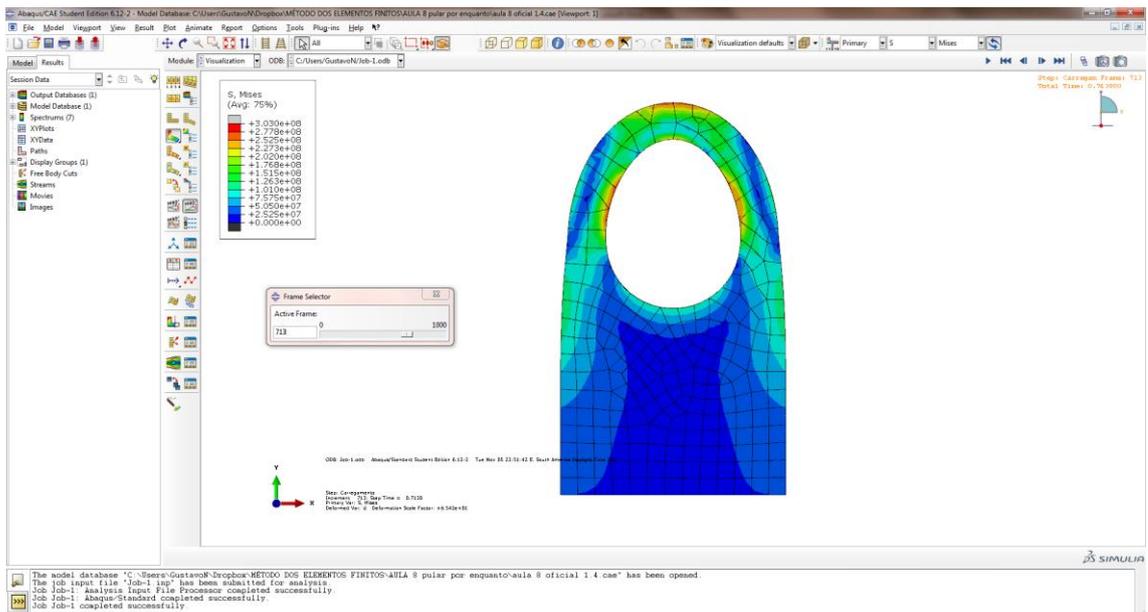


#### 1.4. PÓS-PROCESSAMENTO

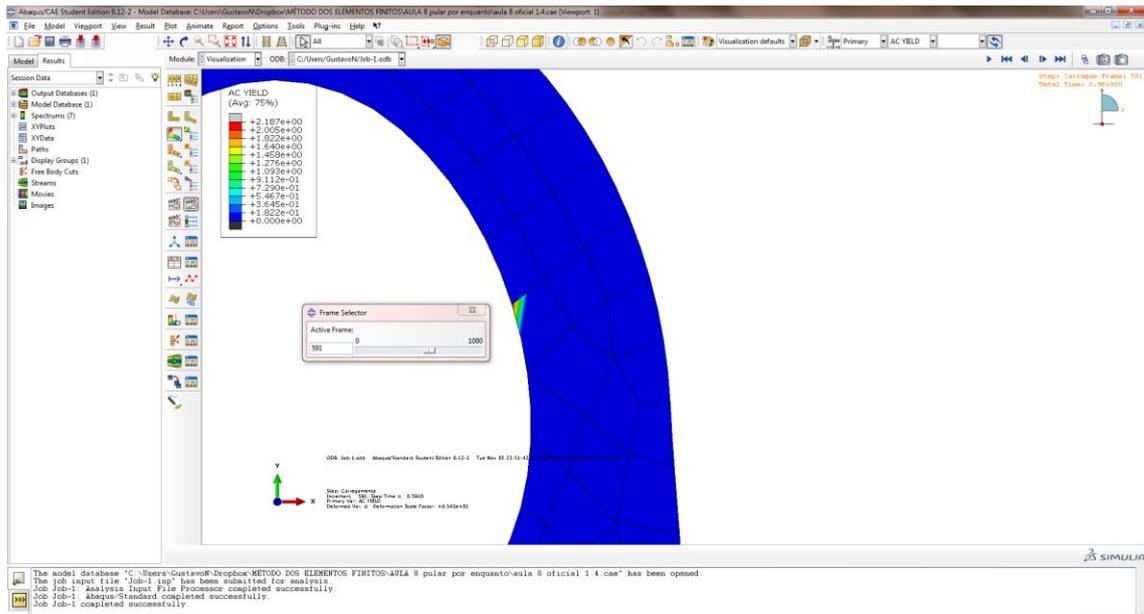
- ✓ No menu **model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Jobs(1)>Job-1 (Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.
- ✓ Na barra de menus principal, **clique** em **Viewport>Viewport Annotation Options....** Na janela aberta, **selecione** a aba **Legend**. **Clique** em **Set Font**. Na nova janela, **altere** **Size** para **14**. **Clique** **OK** nas duas janelas abertas.



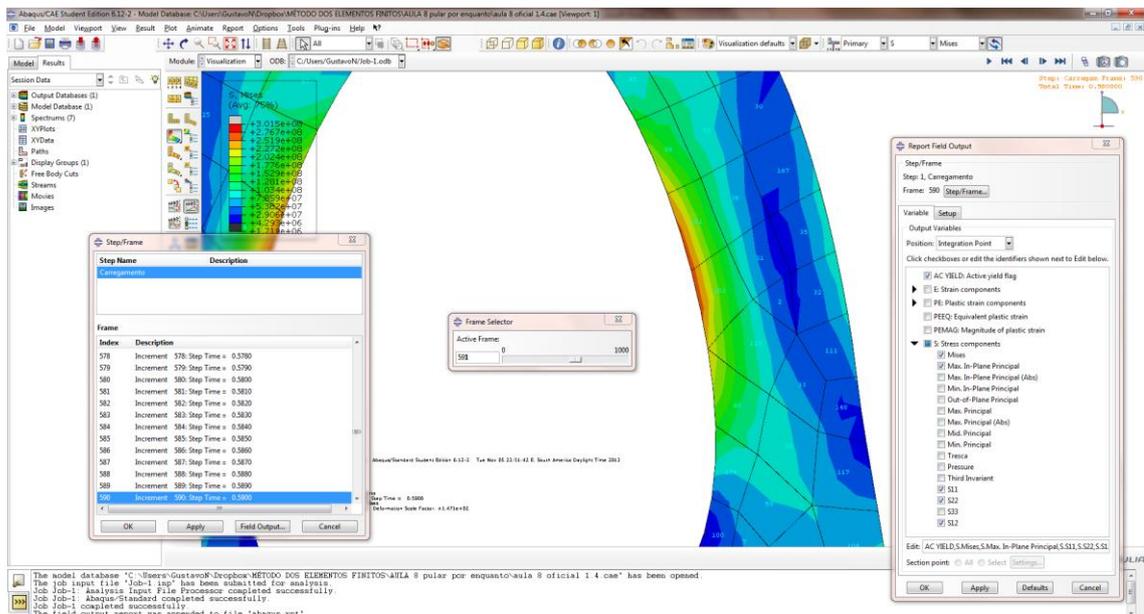
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Animate>Time History**. **Veja** o que acontece com o puxador à medida que a tensão aplicada aumenta. Na barra de contexto, **clique** em **Frame Selector**.



- ✓ Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione AC YIELD**. **Perceba** através da ferramenta **Frame Selector**, que após o 590º incremento (59,0% da pressão estipulada no pré-processamento) a tensão de escoamento é atingida, e passa a existir regiões de regime plástico no puxador.



- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em Report>Field Output. Na janela Report Field Output, **clique** em S: Stress Components > Mises, Max. In-Plane Principal, S11, S22, S12 e em AC YIELD: Active yield flag. **Clique** em Step/Frame e na janela que se abre **selecione** o incremento 590. **Clique** em OK nas duas janelas. A mensagem aparecerá: “The field output report was appended to file “abaqus.rpt”.” O arquivo **abaqus.rpt** pode ser encontrado em C:\Users\”Nome do Usuário”\abaqus.rpt.



```

abaqus.rpt - Notepad
File Edit Format View Help
ODB: C:/Users/Gustavon/Job-1.odb
Step: Carregamento
Frame: Incremento 590: Step Time = 0.5900
Loc 1 : Integration point values from source 1
Output sorted by column "Element Label".
Field output reported at integration points for part: PUXADOR-1
-----
AC YIELD      S.Mises     S.Max. In-P  S.S11      S.S22      S.S12
@Loc 1      @Loc 1      @Loc 1      @Loc 1      @Loc 1      @Loc 1
-----
Minimum
At Element   0.          6.24536E+06 -68.6566E+06 -180.383E+06 -79.6781E+06 -99.1748E+06
Int Pt      244         100          27           27           23           101
            9          2           4           1           3           1
Maximum
At Element   0.          249.677E+06 252.254E+06  221.783E+06  232.737E+06  92.4637E+06
Int Pt      244         102          102          136          102          24
            9          9           9           9           8           1
Total
AC YIELD      0.          92.5046E+09 71.4350E+09  989.446E+06  49.4401E+09 -3.87785E+09

```

- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **File>Save As....** **Dê** um nome ao arquivo e **clique** em **OK** (É possível também salvar o arquivo com os resultados já calculados - **job-1.odb**).

### 1.5. RESULTADO

- ✓ Como descobrimos que o último incremento no regime totalmente elástico linear foi o 590º (0.590), temos:

$$1 = 100\% \text{ ----- (Load>pressure) } 100.000.000 \text{ Pa}$$

$$0,590 = 59,0\% \text{ ----- X}$$

$$X = 100.000.000 * 0,59 = 59.000.000 = 59 * 10^6 = \mathbf{59 \text{ MPa}}$$

$$\text{Área de Aplicação} = 0.00254 * [(2 * \pi * 0.0254) / 6] = 6.75609972 * 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\text{Força} = \text{Pressão} * \text{Área} = 59 * 10^6 * 6.75609972 * 10^{-5}$$

$$\text{Força} = \mathbf{3986,1 \text{ N}}$$