

INCORPORANDO A ELASTOPLASTICIDADE A UMA BARRA EM TRAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Nesta aula, voltamos a trabalhar com o elemento de barra em tração, porém incorporando um comportamento elasto-plástico. Esse é o caso, por exemplo, quando uma força é aplicada em uma barra de maneira a exceder a tensão limite de escoamento do material. Será utilizado aqui um exemplo cujo material possui um encruamento não linear, e se conhece a curva tensão-deformação. Neste caso, tal curva será aproximada por uma relação multilinear que procura aproximar a curva não linear do material.

1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:

Barra em tração submetida a uma carga crescente

Através do seguinte exemplo didático pretendemos demonstrar como determinar os esforços a que está submetida uma barra tracionada, quando submetida a um carregamento crescente.

1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

Comprimento da barra: $L = 100$ m

Seção transversal retangular: $b = 5$ m e $h = 10$ m

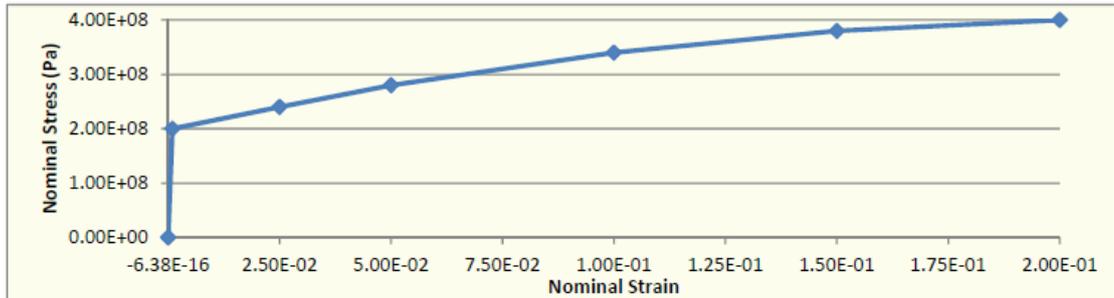
1.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Mateiral não-linear cuja curva tensão-deformação (stress-strain) é dada na figura abaixo:

Nominal Stress (Pa)	Nominal Strain
0.00E+00	0.00E+00
2.00E+08	9.50E-04
2.40E+08	2.50E-02
2.80E+08	5.00E-02
3.40E+08	1.00E-01
3.80E+08	1.50E-01
4.00E+08	2.00E-01

$$\sigma_{tru} = \sigma_{nom}(1 + \epsilon_{nom})$$

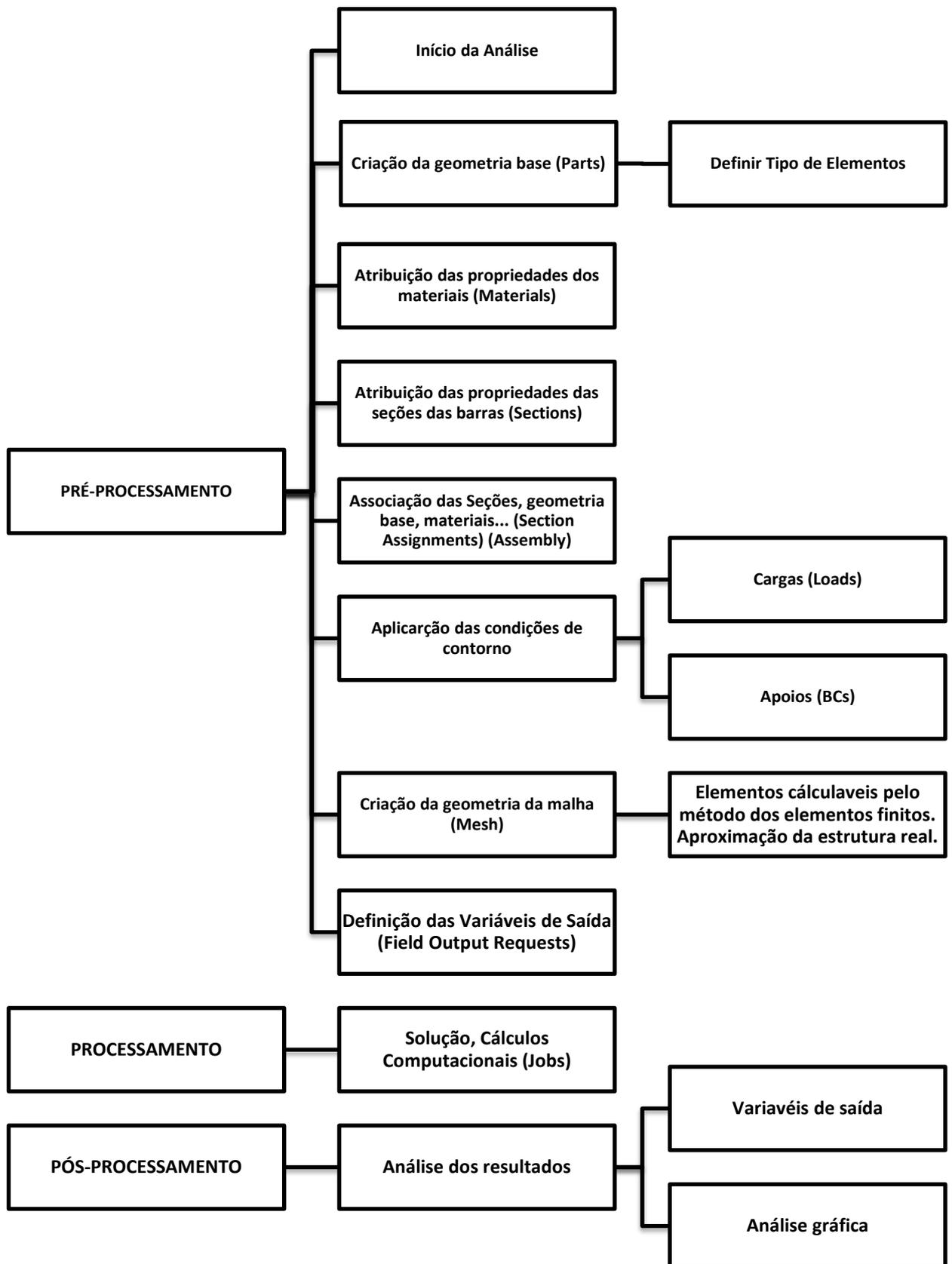
$$\epsilon_{tru} = \ln(1 + \epsilon_{nom})$$



True Stress (Pa)	Plastic Strain	Elastic Modulus (Pa)
2.002E+08	0.000E+00	2.1073E+11
2.460E+08	2.353E-02	
2.940E+08	4.740E-02	
3.740E+08	9.354E-02	
4.370E+08	1.377E-01	
4.800E+08	1.800E-01	

2. RESOLUÇÃO

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

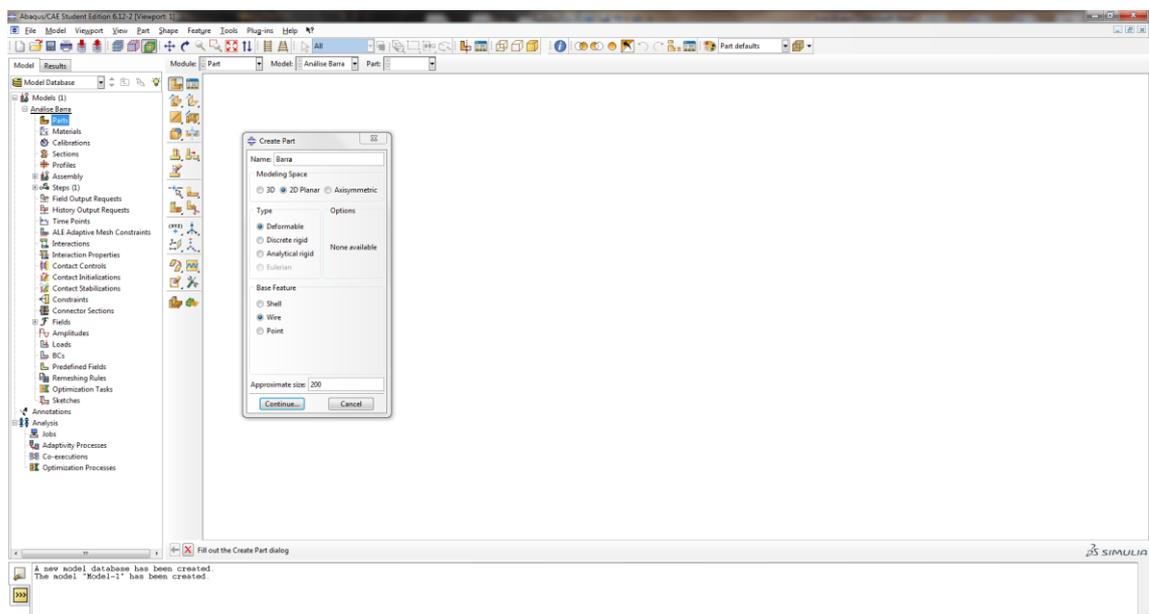


1.1. INÍCIO DA ANÁLISE

- ✓ 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**.

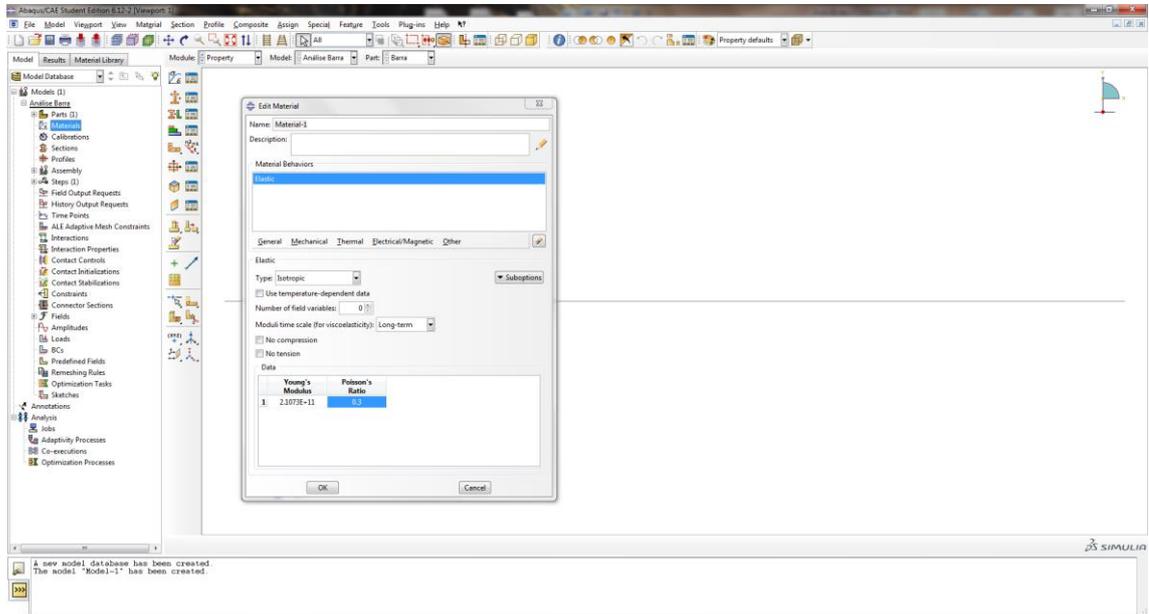
1.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

- ✓ No menu **Model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**. **Digite** *AnáliseBarra*.
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**, no campo **Name** **digite** *Barra*, e **selecione** as opções: **2D Planar**, **Deformable**, **Wire**. Em **approximate size** **digite** *200*. **Clique** em **Continue...**

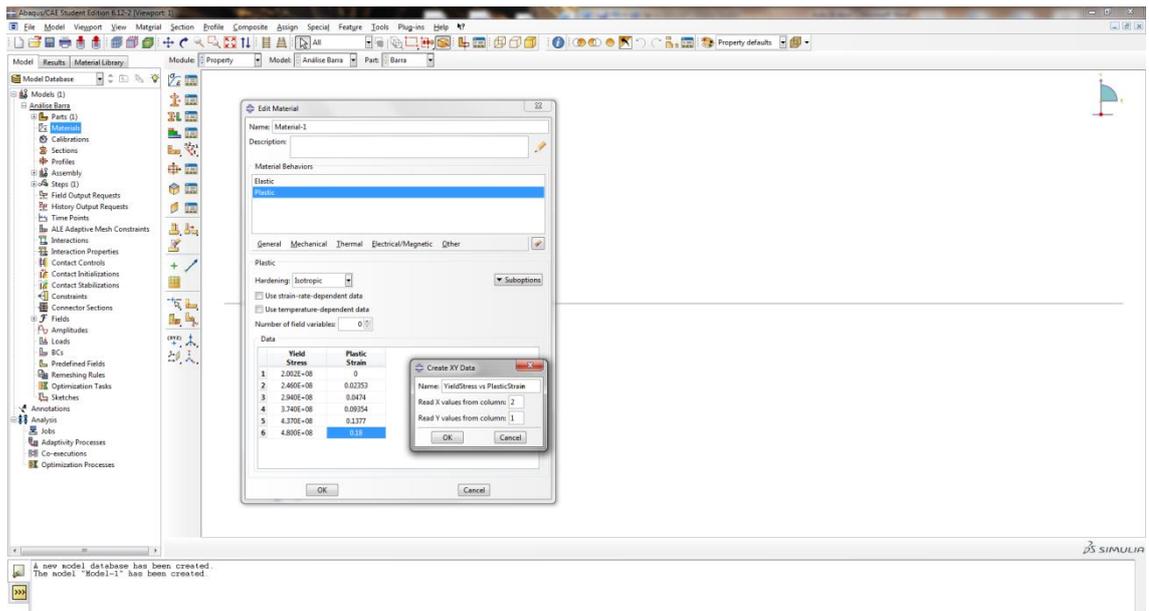


- ✓ **Clique** em **Create Lines: Connected** na caixa de ferramentas e **insira** as seguintes coordenadas *0,0 – 100,0*. **Desligue** a função e **clique** em **Done**.

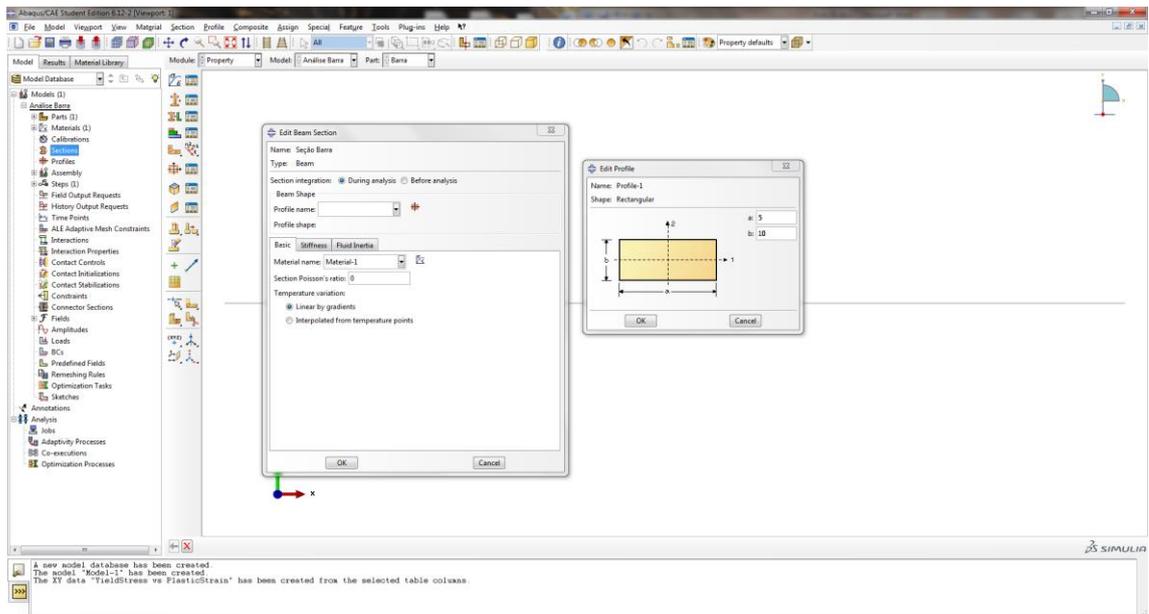
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Materials**. Na janela **Edit Material** **selecione** **Mechanical>Elasticity>Elastic** e **digite** **2.1073E+11** em **Young's Modulus** e **0.3** em **Poisson's Ratio**.



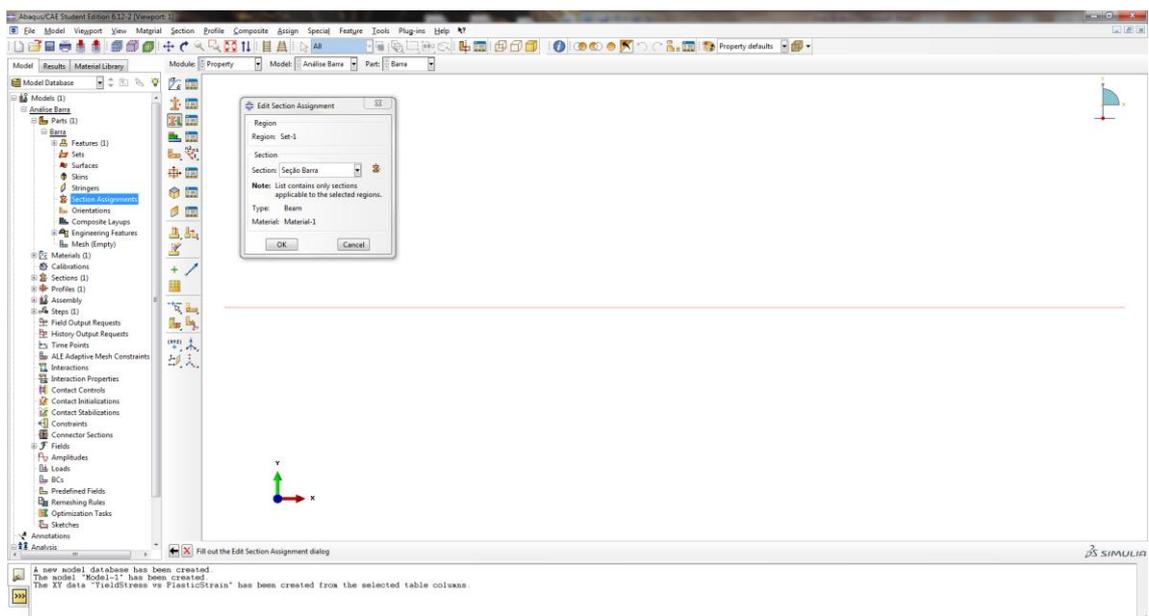
- ✓ **Selecione** **Mechanical>Plasticity>Plastic**, **digite** **2.002E+08** em **Yield Stress** (**tecle TAB**), **0** em **Plastic Strain** (**tecle Enter**) e **continue** como na imagem. Ao final, **clique** com o botão direito ao lado da tabela criada e **selecione** **Create XY Data...** **digite** **YieldStress vs PlasticStrain** no campo **Name:** e **clique** em **OK** e **OK**.

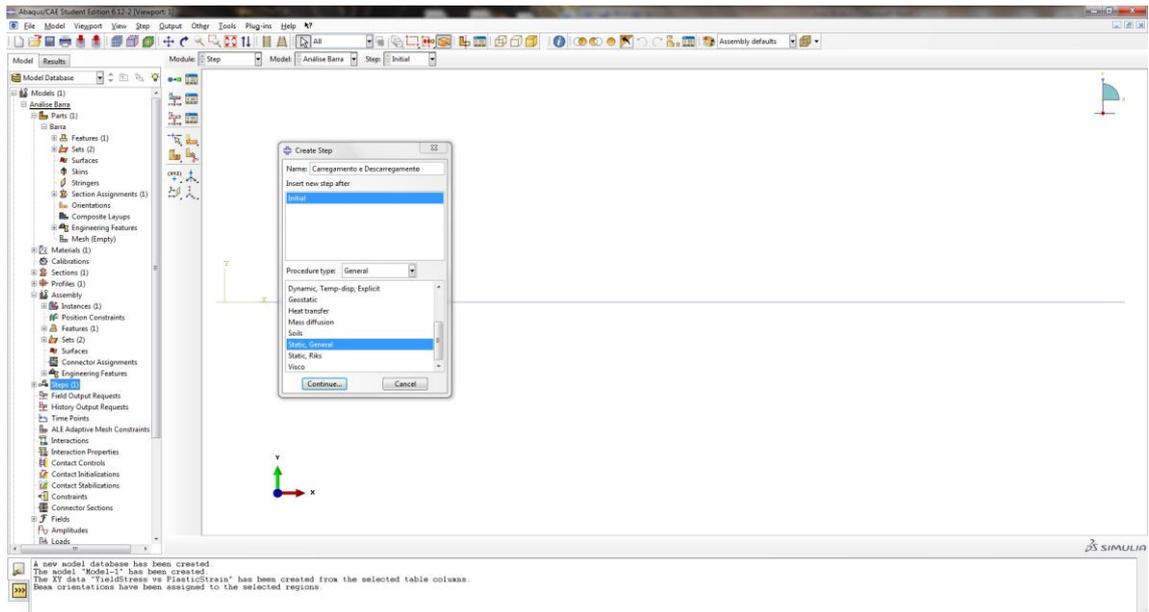


- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Sections**. No campo **Name**: **digite** *Seção Barra*, em **Category** **selecione** *Beam*, e em **Type** **selecione** *Beam*. **Clique** em **Continue...** Na janela **Edit Beam Section**, **clique** em **Create Beam Profile**. Na janela **Create Profile**, **selecione** *Rectangular* e **clique** em **Continue...** Logo **digite** 5 no campo **a**: e 10 no campo **b**: **clique** em **OK** e **OK** novamente.

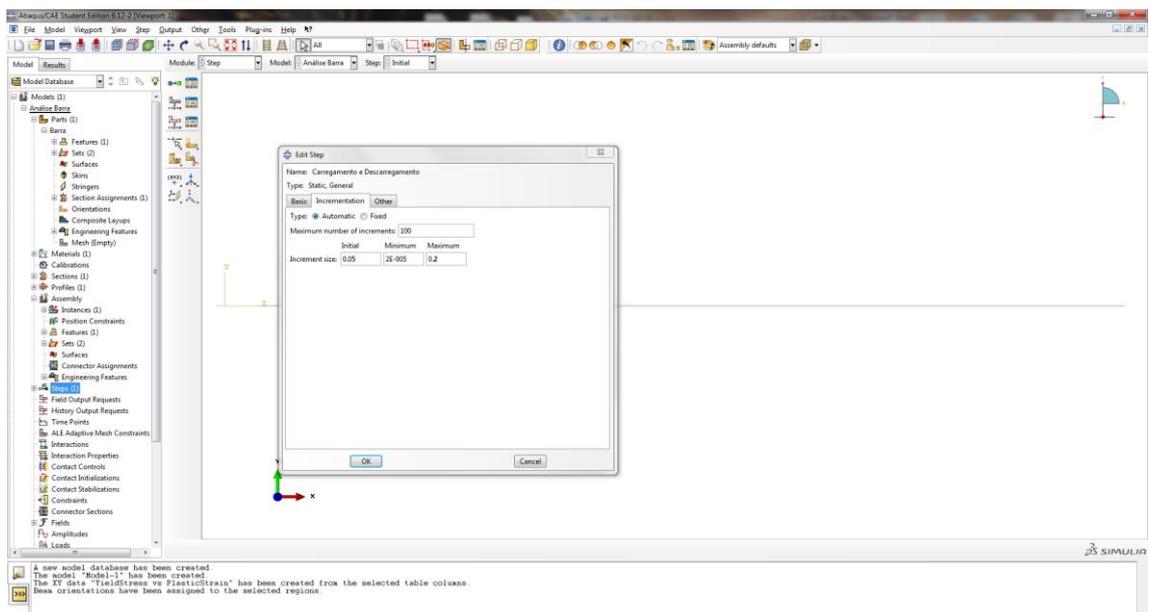


- ✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** *Parts (1)>Barra* e **dê** duplo clique em **Section Assignments**. **Selecione** a barra e **clique** em **Done**. **Selecione** *Seção Barra* e **clique** em **OK**.

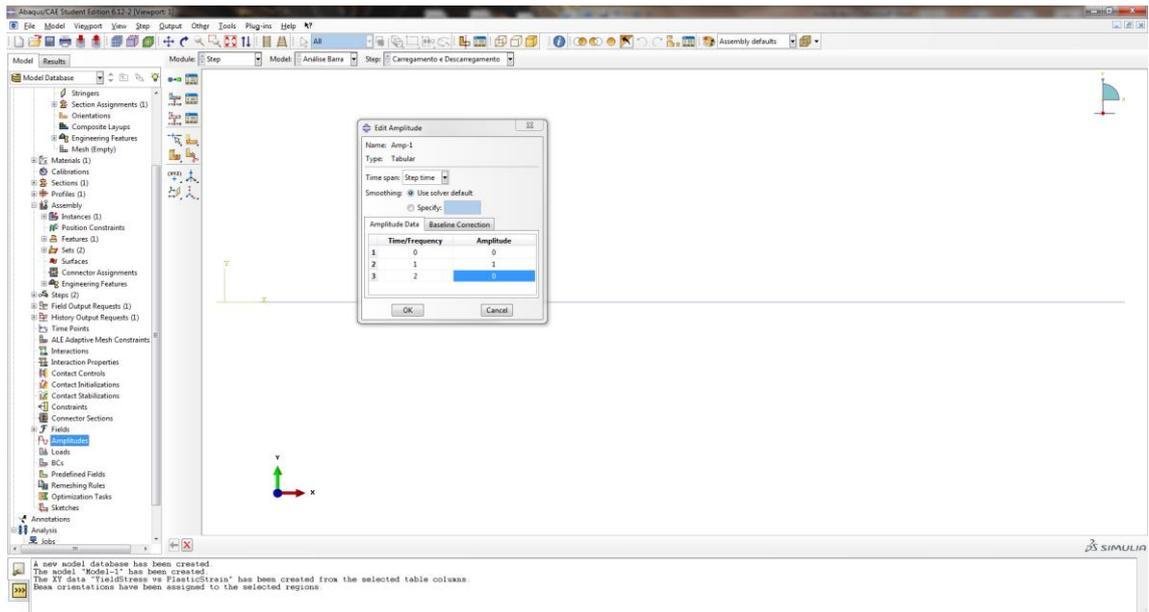




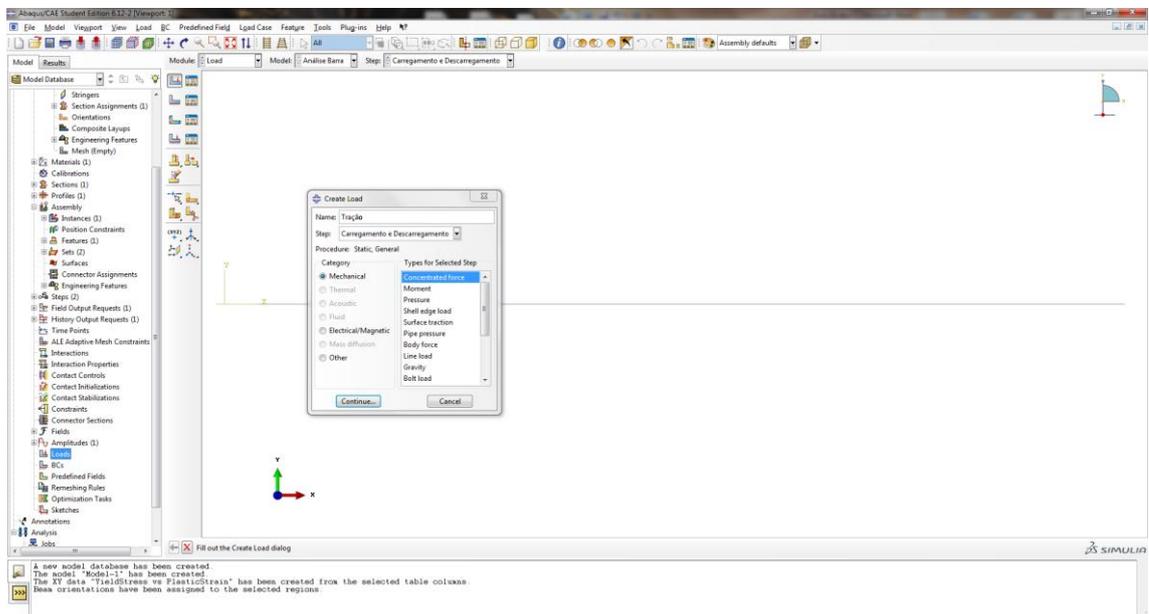
- ✓ Na janela **Edit Step**, altere **Time Period:** para 2. **Selecione Incrementation**, altere **Increment size:**→Initial para 0.05, **Increment size:**→Maximum para 0.2 e **clique** em **OK**.



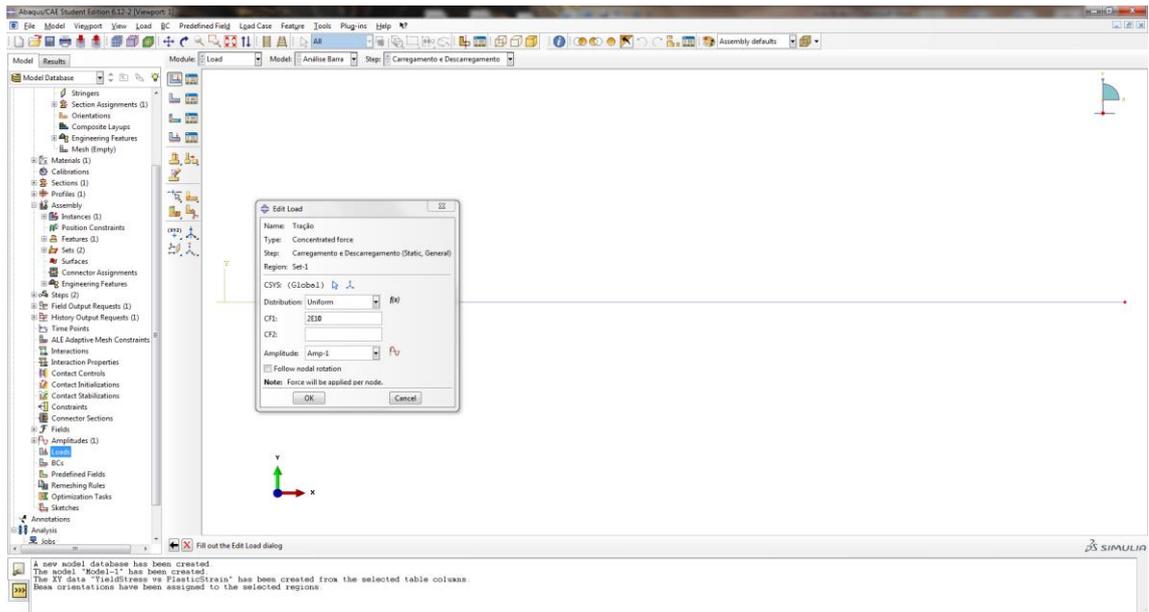
- ✓ No menu **model** à esquerda, dê duplo clique em **Amplitudes**. **Aceite** a opção **Tabular** e **clique** em **Continue...** **Insira** os valores como na imagem e **clique** em **OK**.



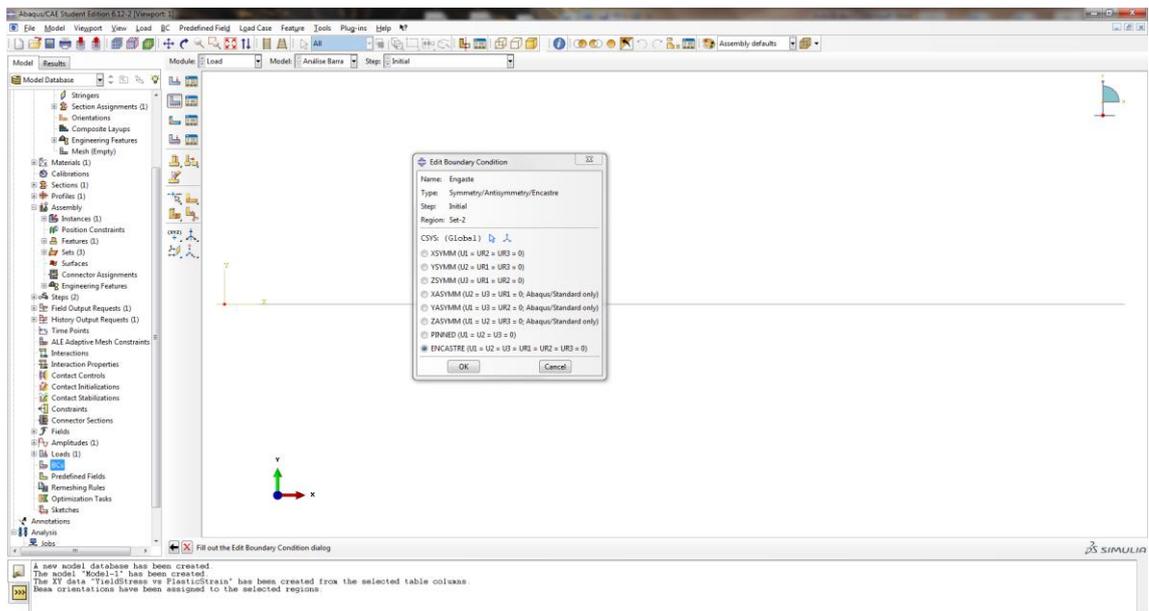
- ✓ No menu model à esquerda, dê duplo clique em Loads. Na janela Create Load, no campo Name digite Tração, mantenha o Step em Carregamento e Descarregamento, em Types for Selected Step selecione Concentrated force e clique em Continue... Selecione a ponta direita da barra e clique em Done.



- ✓ Na janela Edit Load, digite 2E10 no campo CF1:, selecione Amp-1 em Amplitude: e clique em OK.

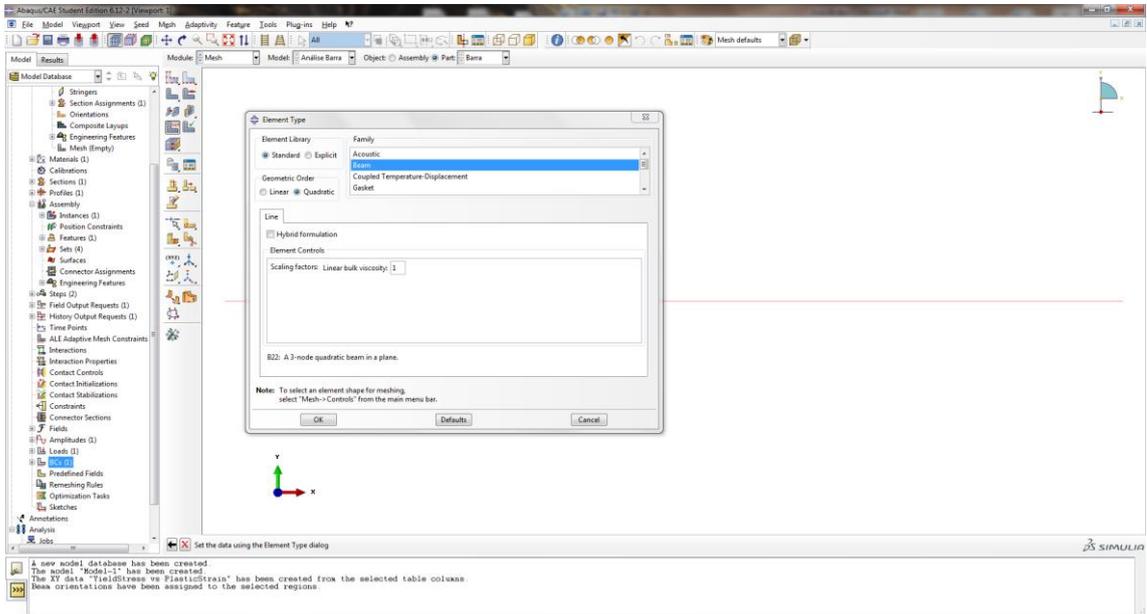


- ✓ No menu model à esquerda, dê duplo clique em BCs. Na janela Create Boundary Condition, altere o campo Name para Engaste, Step para Initial e Types for Selected Step para Symetry/antisymetry/Encastre. Clique em Continue... Selecione a ponta esquerda da barra e clique em Done. Marque ENCASTRE ($U_1 = U_2 = U_3 = UR_1 = UR_2 = UR_3 = 0$) na janela Edit Boundary Condition e clique em OK.

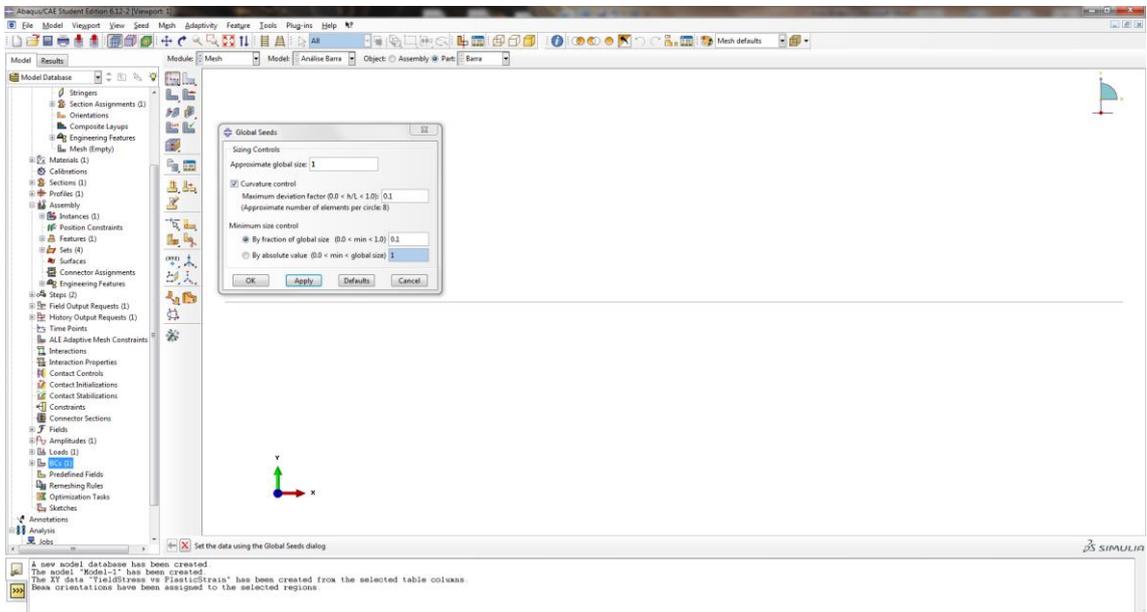


- ✓ Na barra de contexto, em Module, selecione Mesh, e em Object, selecione Part. Na barra do menu principal, clique em Mesh>Element

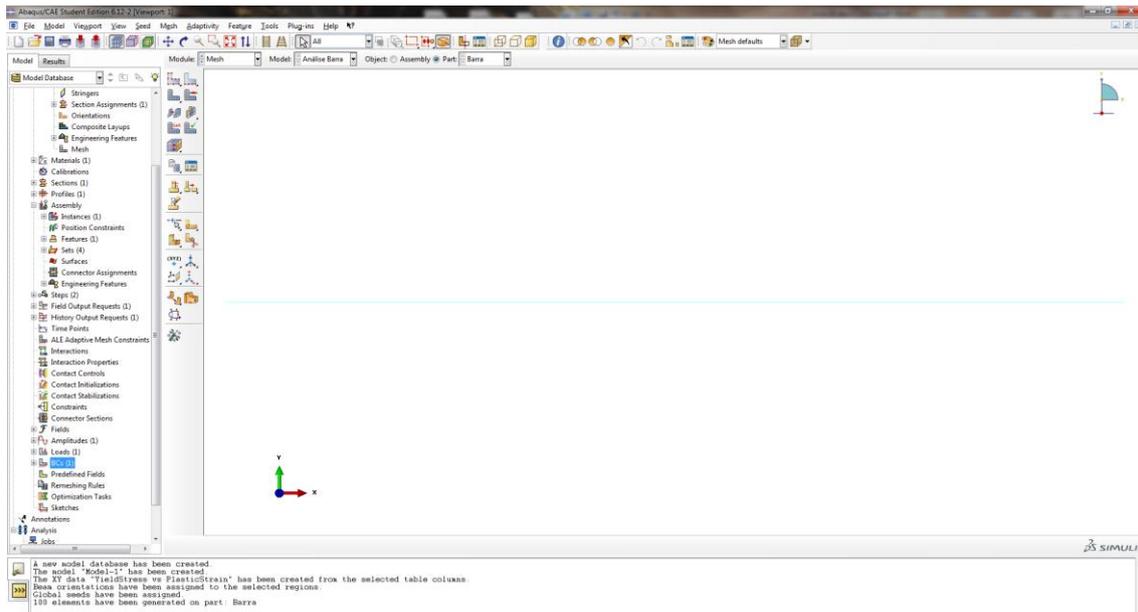
Type e **selecione** a barra. Clicando em Done, abrirá a janela Element Type. Em Family, **selecione** Beam e em Geometric Order **selecione** Quadratic. **Clique** em OK.



✓ Na barra do menu principal, **clique** em Seed>Part, **digite** 1 em Approximate global size e **clique** em Done.



✓ Na barra do menu principal, **clique** em Mesh>Part. Aparecerá a pergunta "OK to mesh the part?", **clique** Yes.

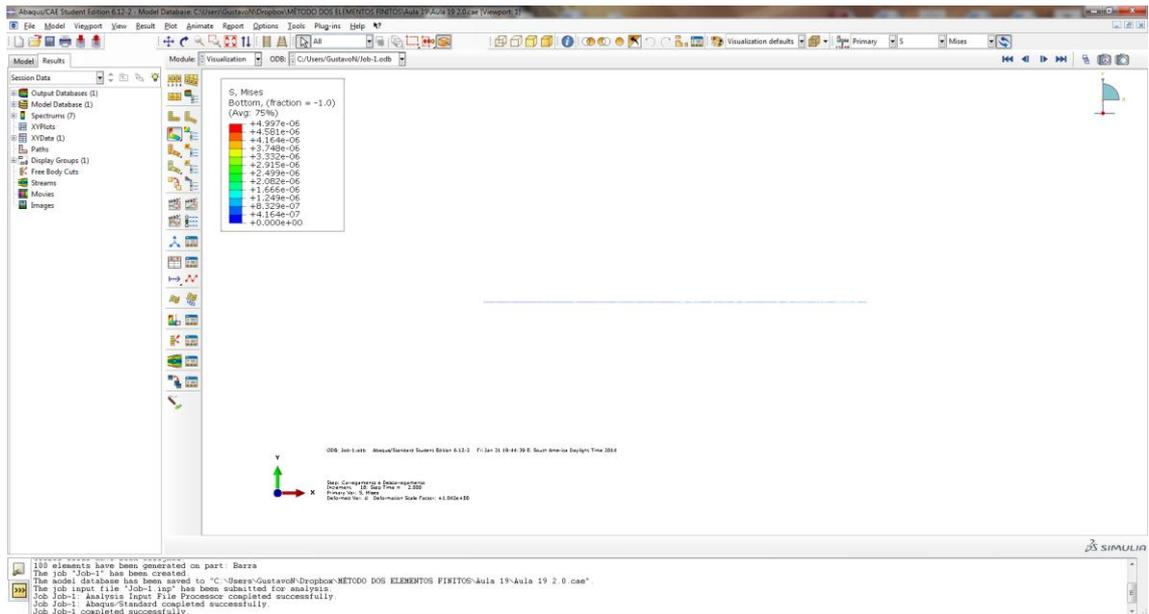


1.3. PROCESSAMENTO

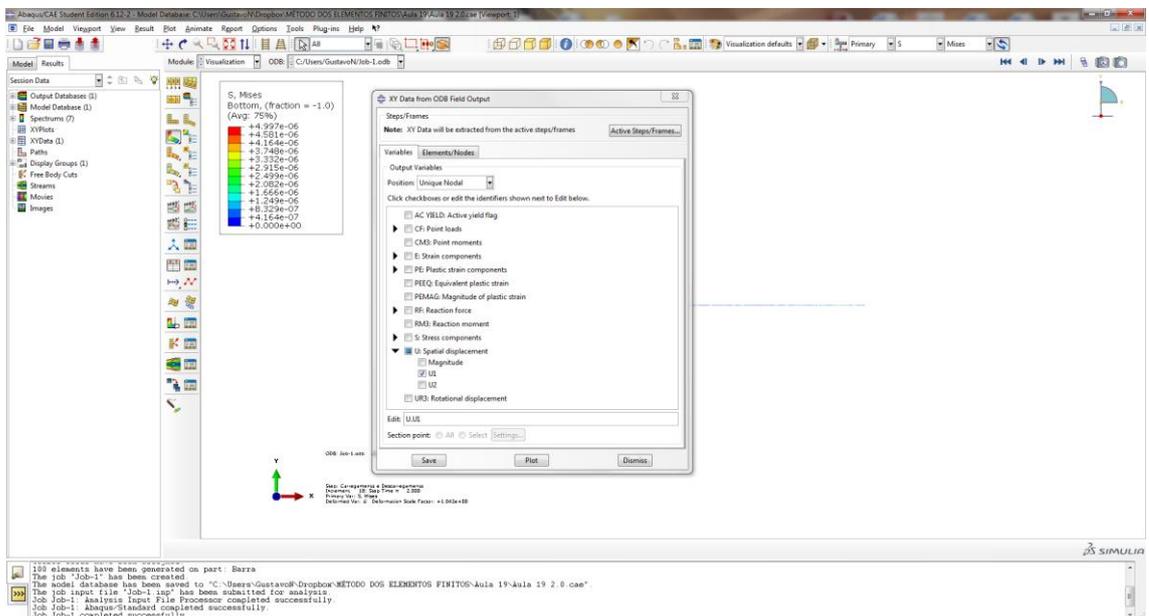
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Jobs** e **clique** em **Continue...** **Clique** em **OK**.
- ✓ **Abra Jobs (1)**, **clique** com o botão direito em **Job-1** e **clique** em **Submit**. Nas janelas que se abrem, **clique** em **OK** e **Yes**.

1.4. PÓS-PROCESSAMENTO

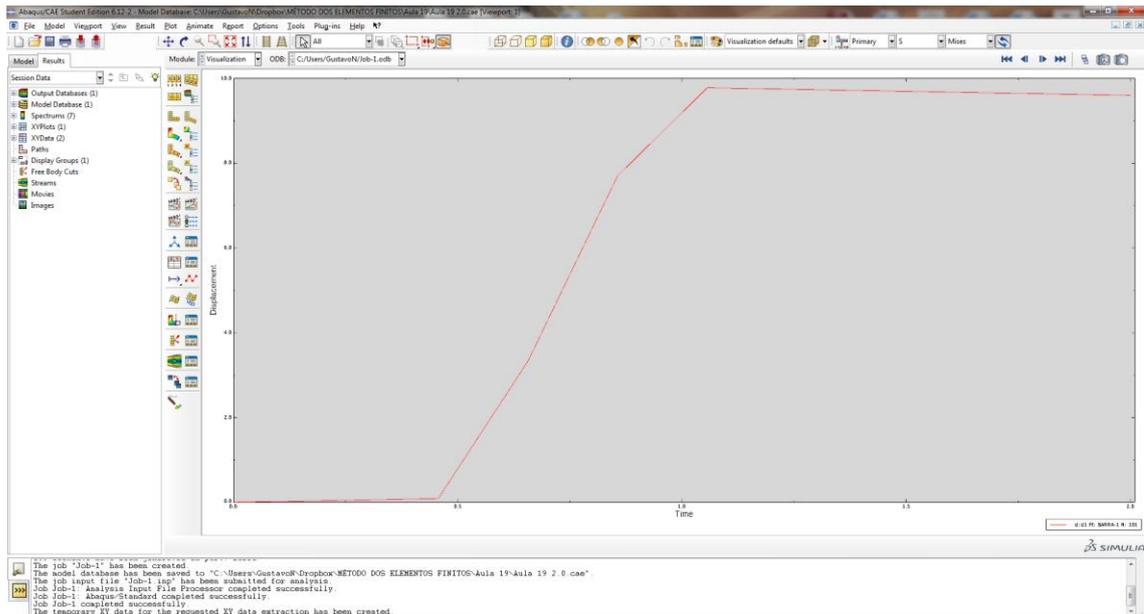
- ✓ No menu **model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Jobs(1)>Job-1 (Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.
- ✓ Na barra de menus principal, **clique** em **Viewport>Viewport Annotation Options....**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



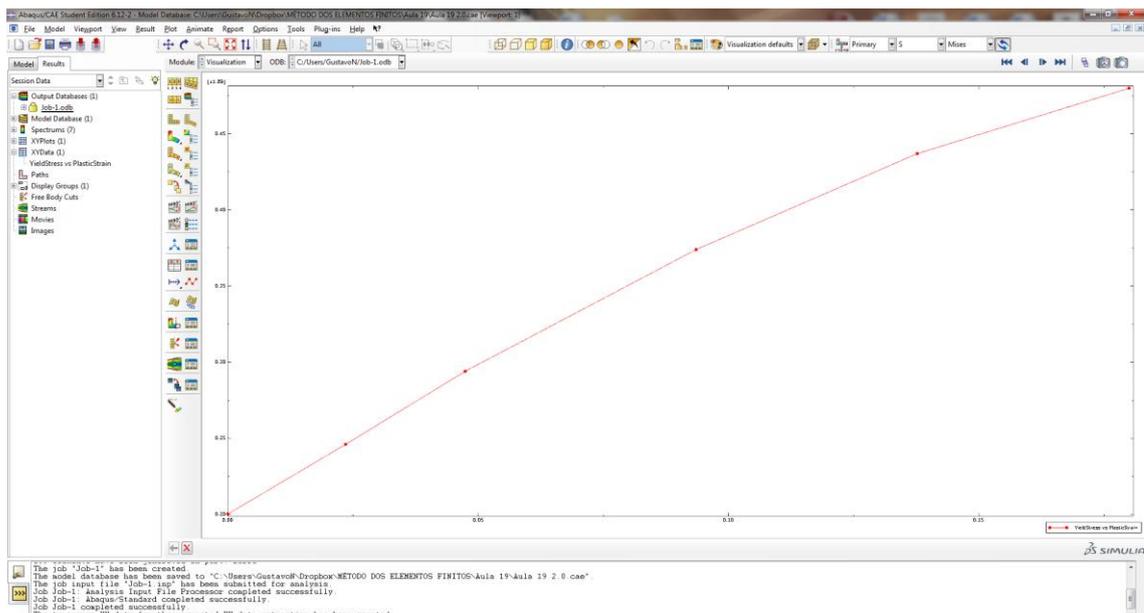
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Tools>XY Data>Create...** **Selecione** então **ODB field output** e **clique** em **Continue...** **Altere** **Output Variables>Position:** para **Unique Nodal** e **marque U:** **Spatial displacement>U1.**



- ✓ **Altere** para a aba **Elements/Nodes**, **clique** em **Edit Selection**, **selecione** o ponto direito da barra e **clique** em **Done**. **clique** em **Plot** e em **Dismiss**.



- ✓ **Verifique** que até o instante 1 (carregamento), há uma grande deformação plástica ao passo que vai sendo aplicada a força de tração. Em seguida a força vai sendo retirada, porém como a deformação é plástica, a barra não volta a seu estado inicial.
- ✓ No menu **Results** a esquerda **abra XY Data (2)** e **dê** duplo clique em **YieldStress vs PlasticStrain**. Na caixa de ferramentas, **clique** em **XY Curve Options**, **marque** Show symbol, **altere** Size para Large e **Color:** para vermelho. **Clique** em **Dismiss**.



- ✓ 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.odt**).