

ESTUDO DE UM CABO SUSPENSO CARREGADO TRANSVERSALMENTE USANDO O ABAQUS 6.12 STUDENT EDITION

1. INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:

A estrutura composta de um cabo suspenso de área A , composta de um material com Módulo de Elasticidade E , está submetido a cargas concentradas, conforme mostra a figura abaixo, apresentada por Beer e Johnson, na referência Mecânica Vetorial para Engenheiros, Vol. 1 - Estática. Pedese determinar a máxima tensão no cabo e as reações nos apoios.

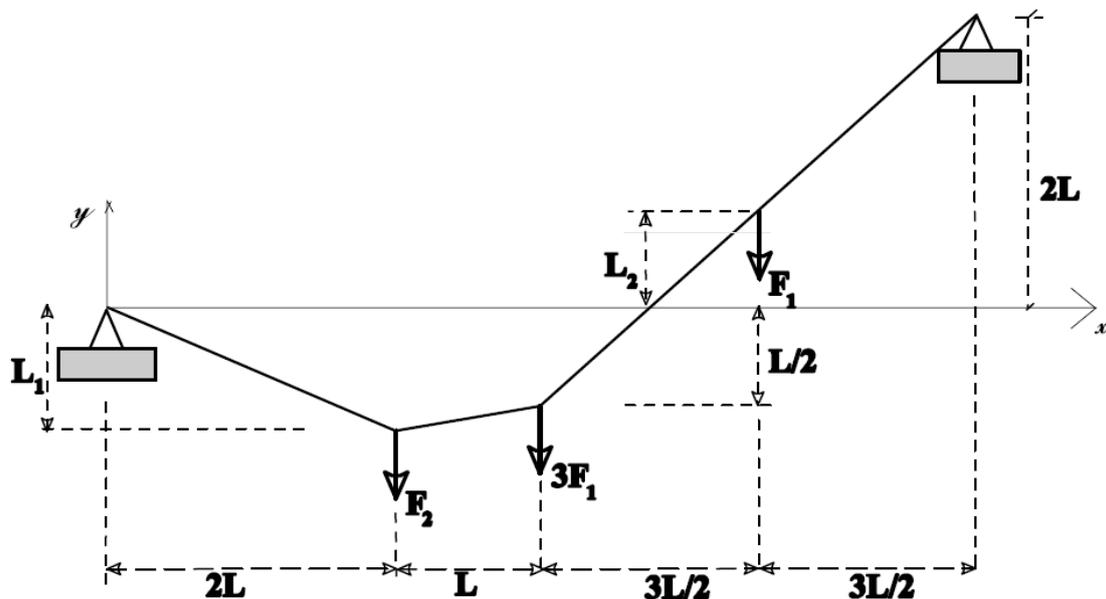


Figura 1. Esquema do problema a ser solucionado.

1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

Área da Seção Transversal do cabo = $0.1 \text{ ft}^2 = 9.290304\text{E-}3 \text{ m}^2$

$L = 10 \text{ ft} = 10 \cdot 0.3048 = 3.048 \text{ m}$

$L_1 = 5.56 \text{ ft} = 5.56 \cdot 0.3048 = 1.694688 \text{ m}$

$L_2 = 5.83 \text{ ft} = 5.83 \cdot 0.3048 = 1.776984 \text{ m}$

1.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Módulo de elasticidade do material do cabo = 20E6 ksi = 137.89514E12

Pa

1.4. CARGAS

F1= 17792.8864 N

F2= 26689.3297 N

1.5. DEFINIÇÃO DO RECURSO NO COMPRESSION/NO TENSION

- ✓ É utilizado para modificar o comportamento elástico linear do material onde os esforços de compressão ou tração não podem ser gerados. (Cabos não podem sofrer compressão).
- ✓ No **ABAQUS/CAE**: Modo **Property**, Na janela **Material Edit: Mechanical > Elasticity > Elastic: No Compression** or **No Tension**.
- ✓ **Atenção**: Usar esse recurso pode deixar o modelo instável com o surgimento de problemas ligados a convergência de resultados. Em muitas das vezes, a solução envolve sobrepor cada elemento que utilize esse recurso com outro elemento com Módulo de Young muito menor comparado a do elemento original. Essa técnica cria uma pequena rigidez artificial na busca da estabilização do modelo.

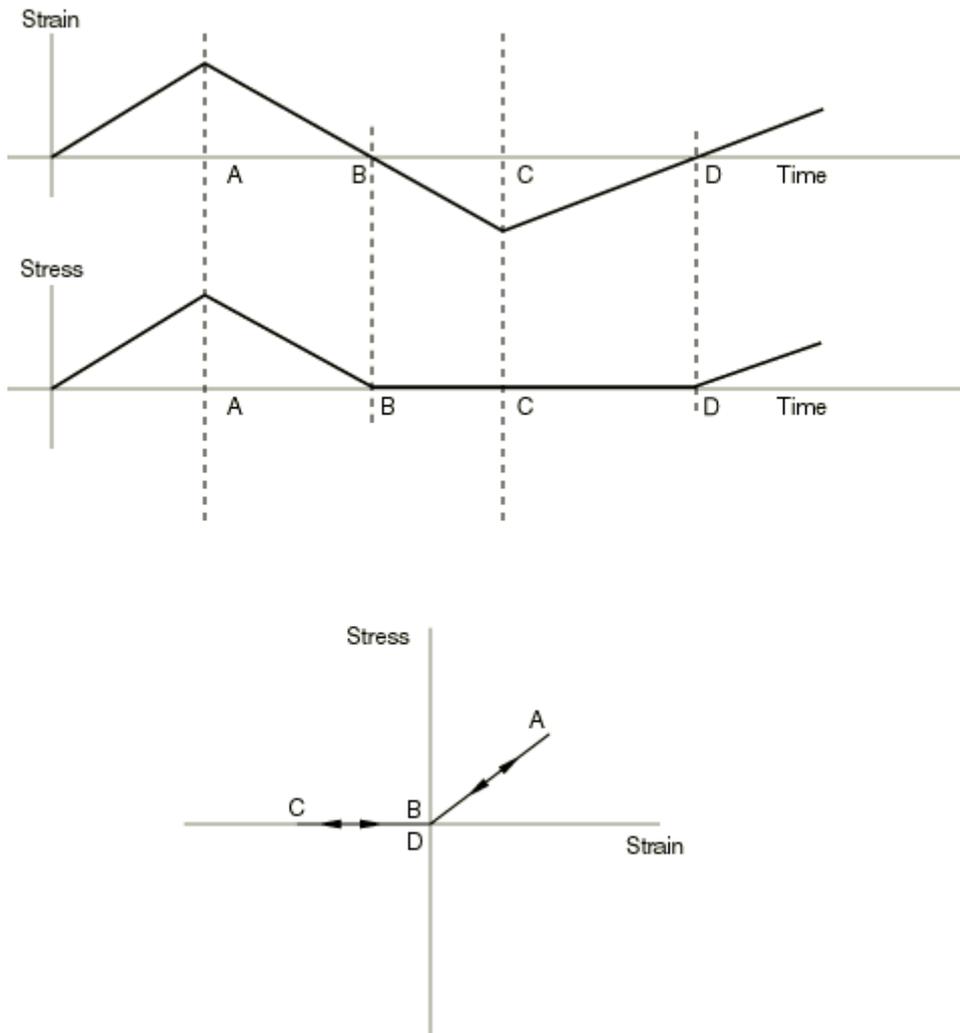
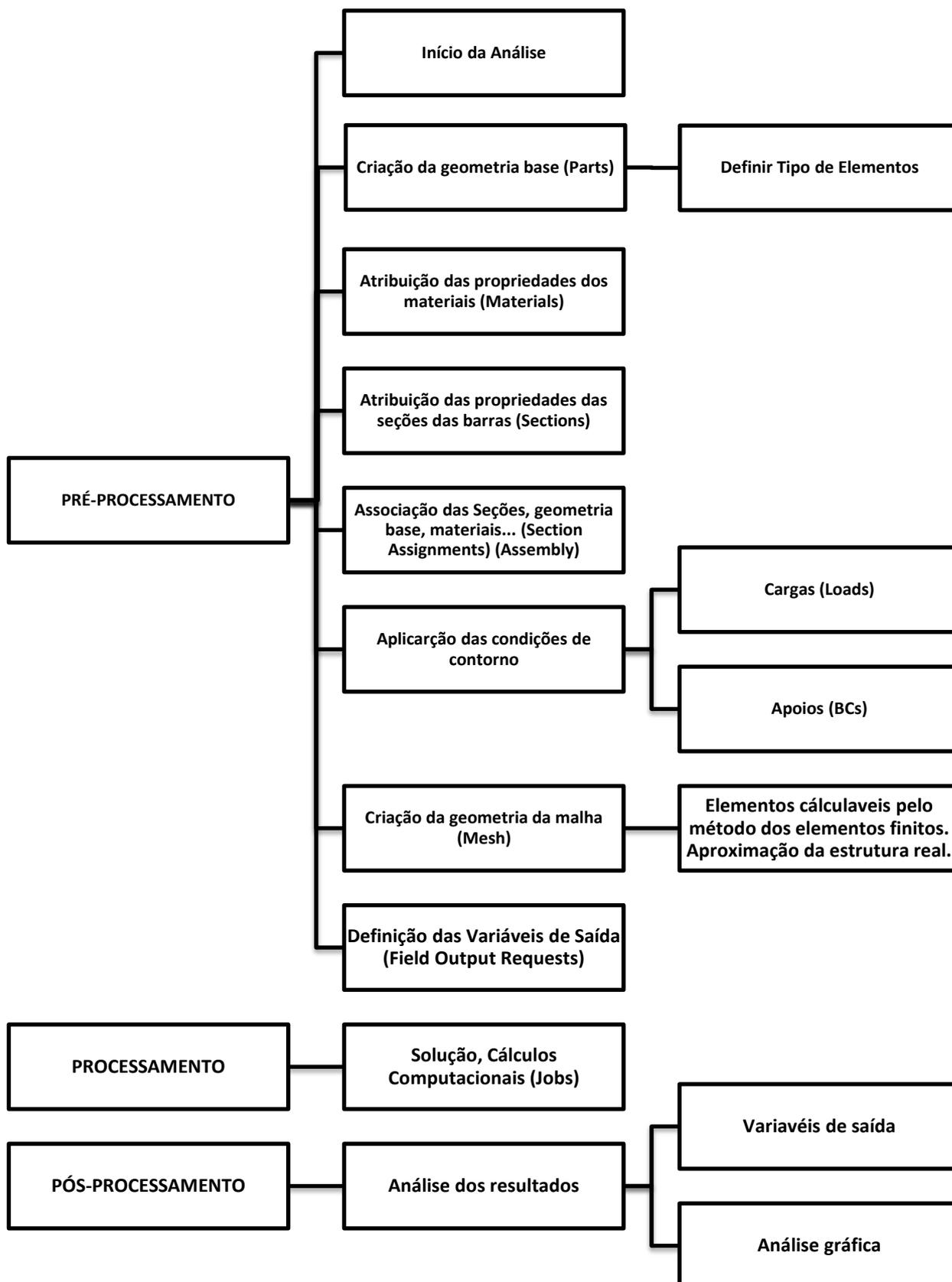


Figura 2. Um caso elástico com deformação imposta com o recurso **No Compression**

2. RESOLUÇÃO

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

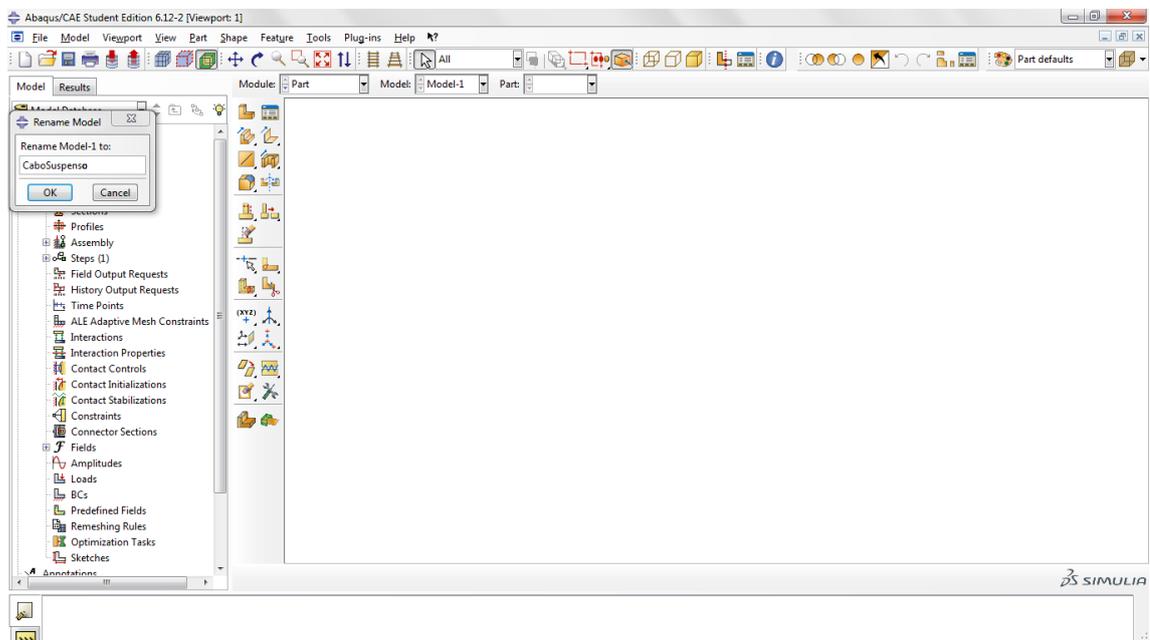


2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

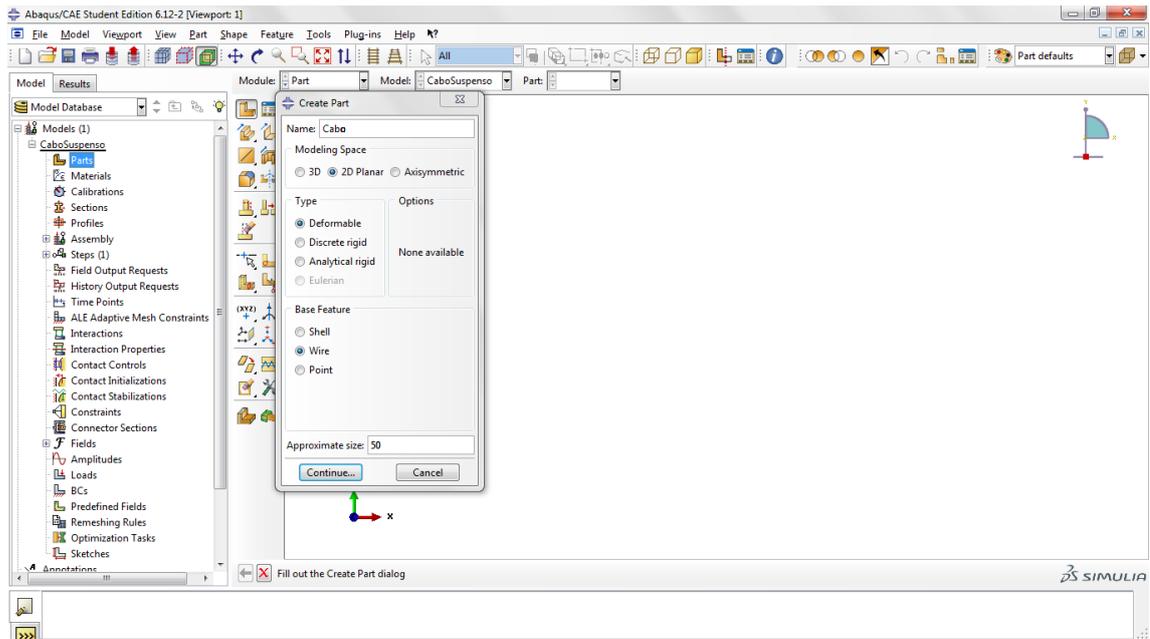
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no Menu Iniciar para abrir o Prompt de Comando e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em Create Model Database na caixa Start Session que aparece, **selecione** With Standard/Explicit Model.

2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

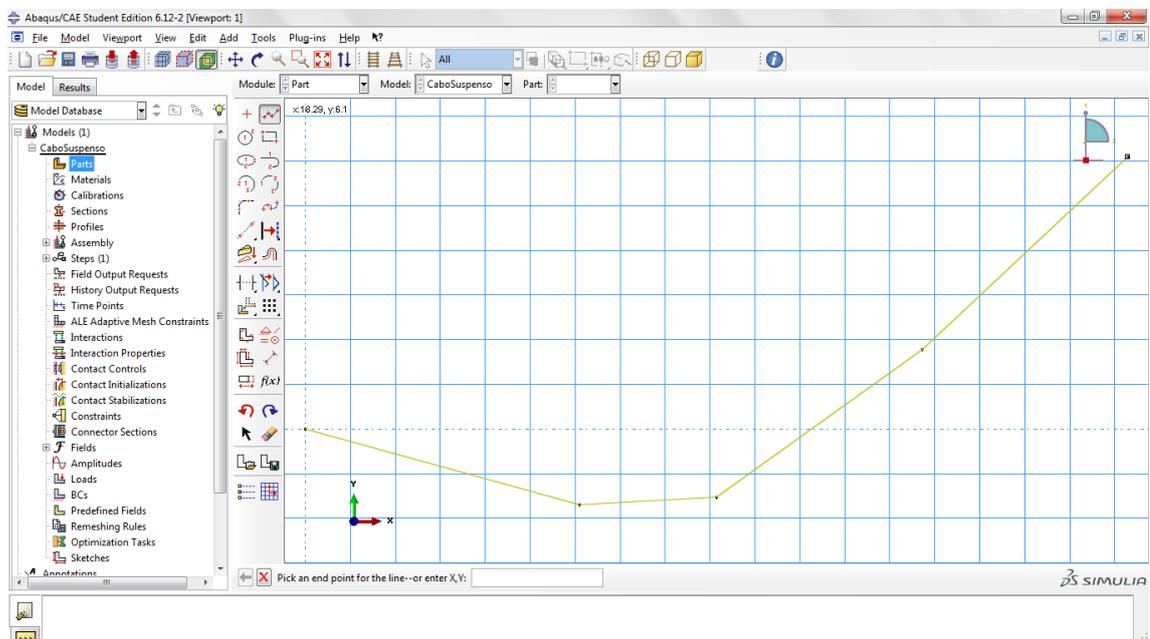
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** Rename. **Digite** *CaboSuspenso*.



- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**, no campo Name **digite** *Cabo*, e **selecione** as opções: 2D Planar, Deformable, Wire. Em approximate size **digite** *50*. **Clique** em Continue...

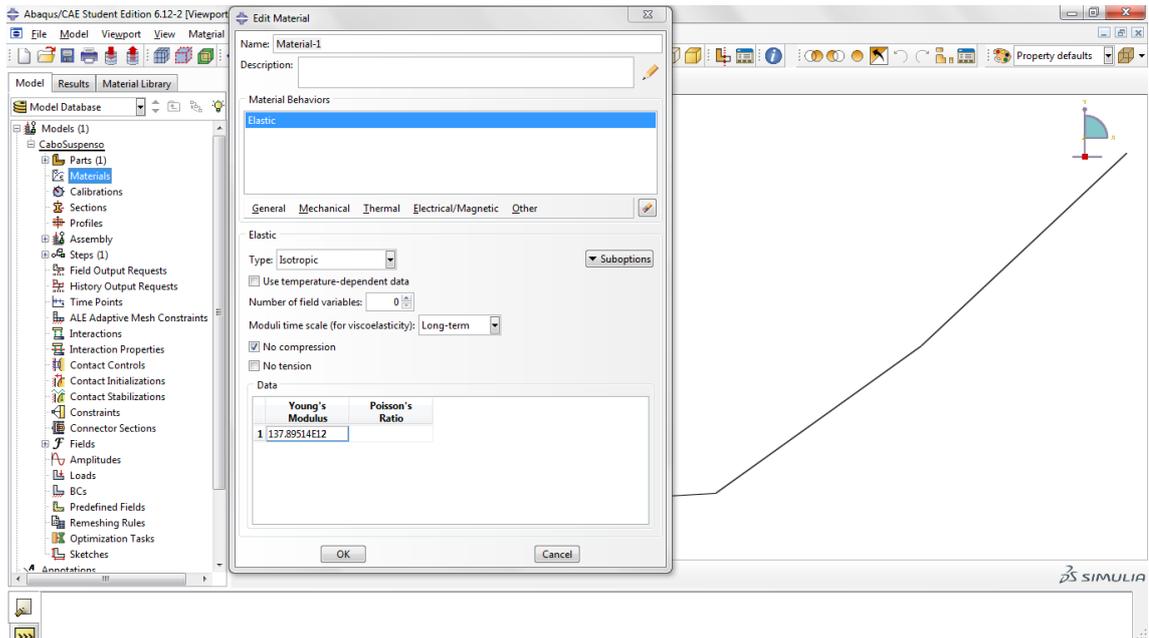


- ✓ Para começar a criar a estrutura, **clique** em **Create Lines: Connected** na caixa de ferramentas e **insira** em ordem as seguintes coordenadas (**tecle** enter entre uma e outra coordenada): $0,0 - 6.096,-1.694688 - 9.144,-1.524 - 13.716,1.776984 - 18.288,6.096$. Em seguida, **desative** a função **Create Lines: Connected**, e **clique** em **Done**.

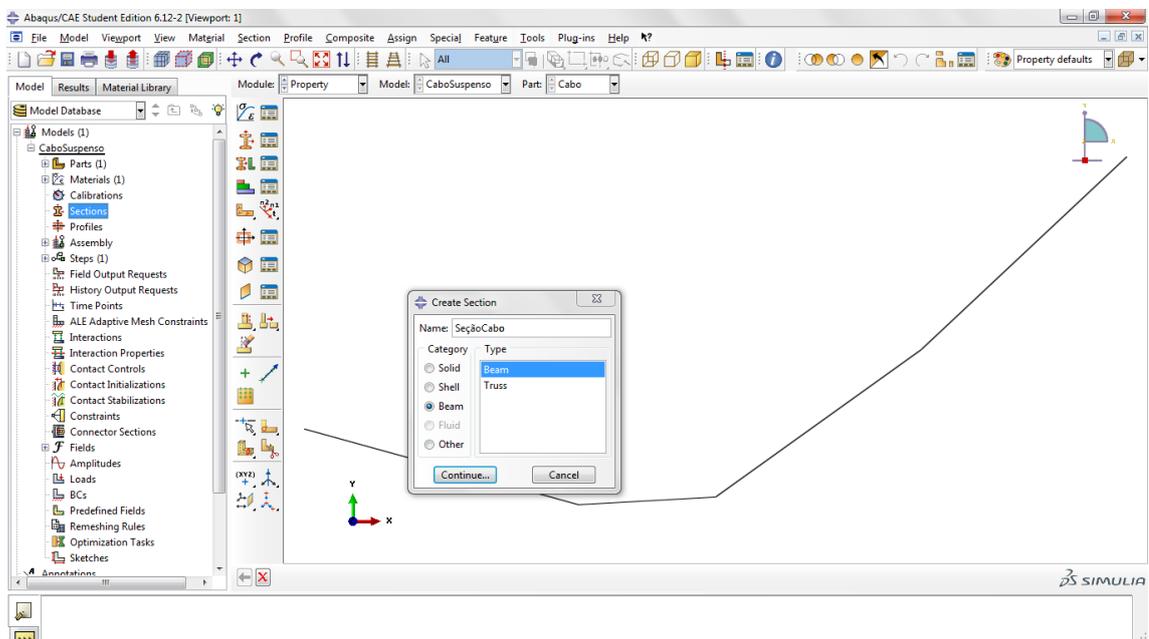


- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Materials**. **Clique** em **Mechanical>Elasticity>Elastic**. Em **Data**, no campo **Young's Modulus**

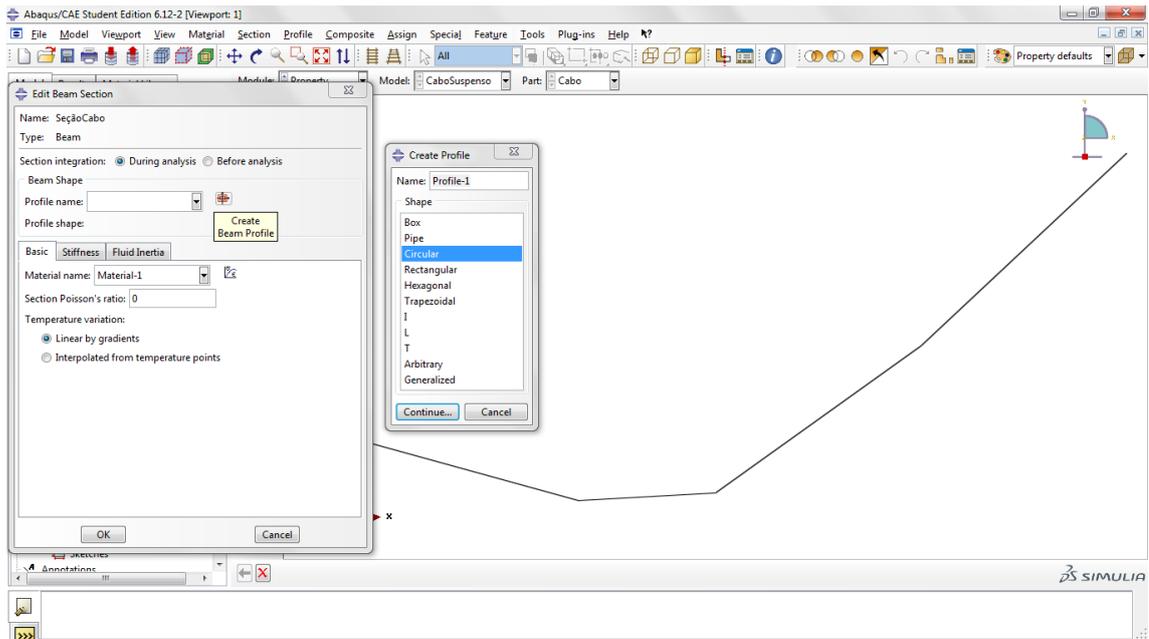
digite $137.89514E12$, e em Elastic, marque a opção “no compression” e clique OK.



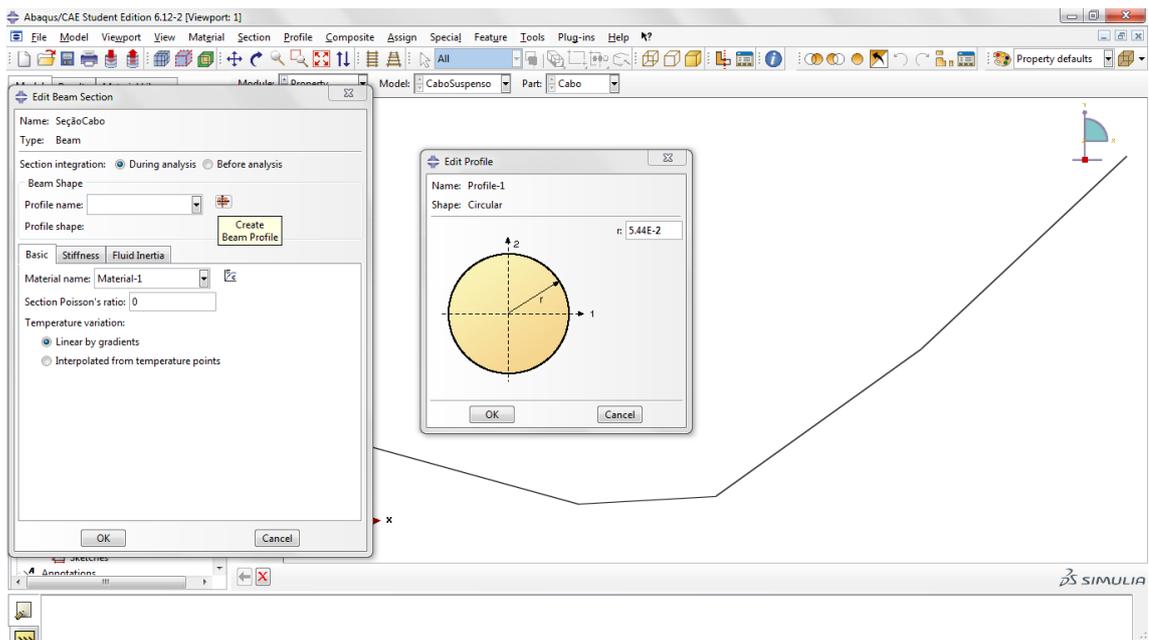
- ✓ No menu Model à esquerda, dê duplo clique em Sections. No campo Name digite SeçãoCabo, em Category selecione Beam, e em Type selecione Beam. Clique em Continue...



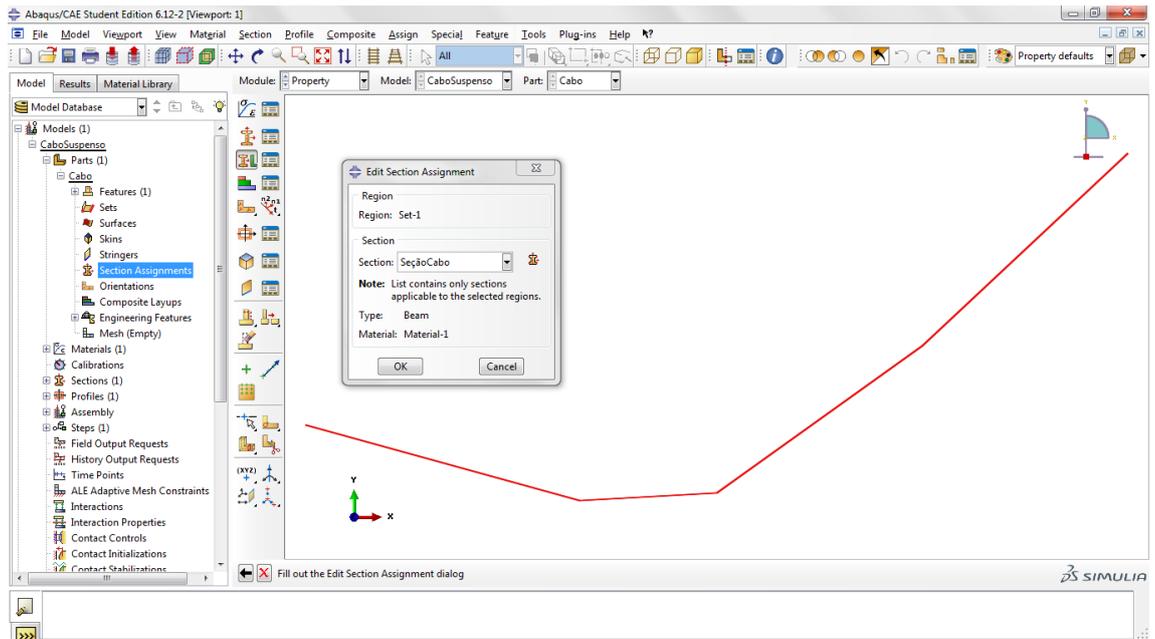
- ✓ Na janela Edit beam section, em Beam shape, clique em Create Beam Profile, ao lado de Profile Name. Em Shape, selecione Circular e clique em Continue...



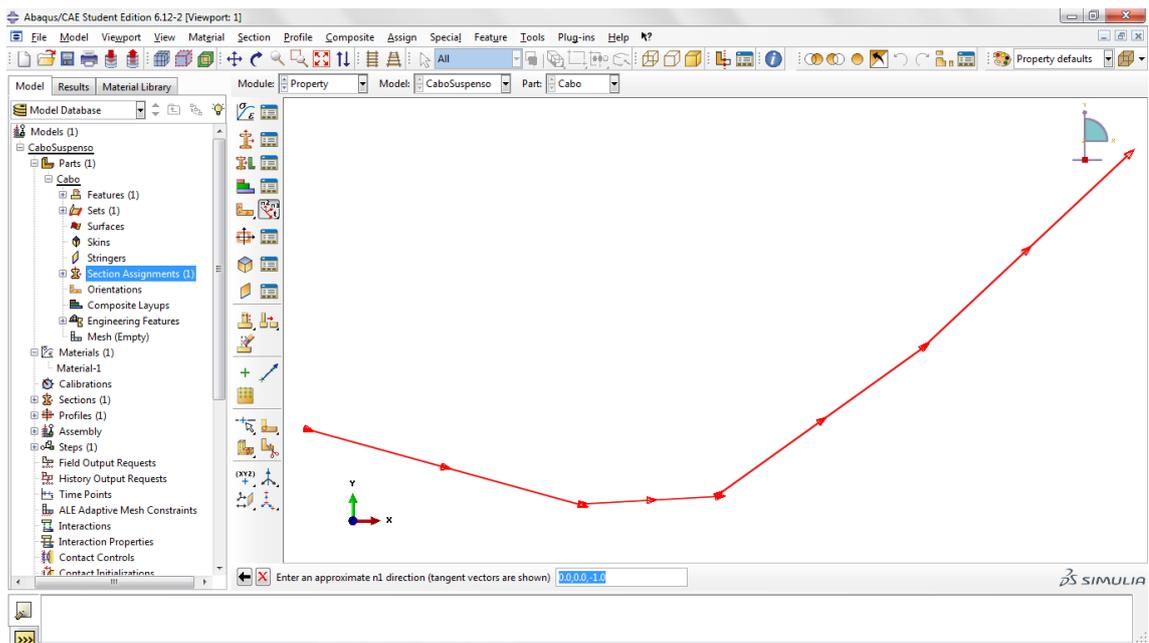
- ✓ Na Janela Edit Profile, na lacuna r: **digite 5.44E-2** e **clique** em OK, e em OK novamente.



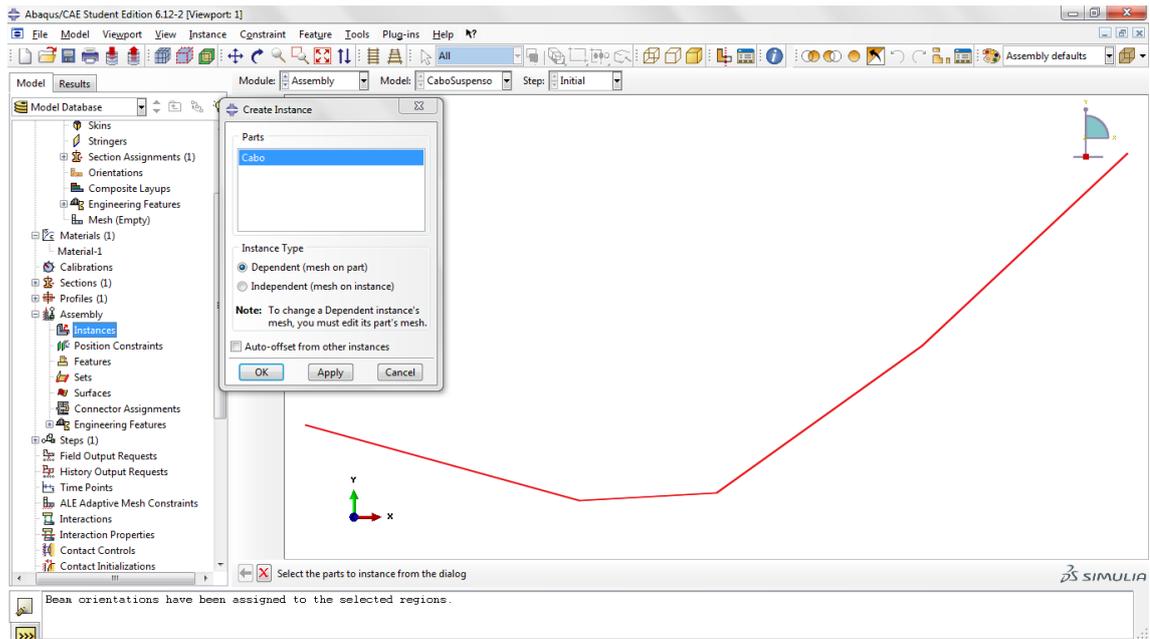
- ✓ No menu Model à esquerda, **abra** Parts>cabo e **dê** duplo clique em Section Assignments. **Selecione** o todo o cabo e **clique** em Done. **Selecione** , em Section, SeçãoCabo e **clique** em OK.



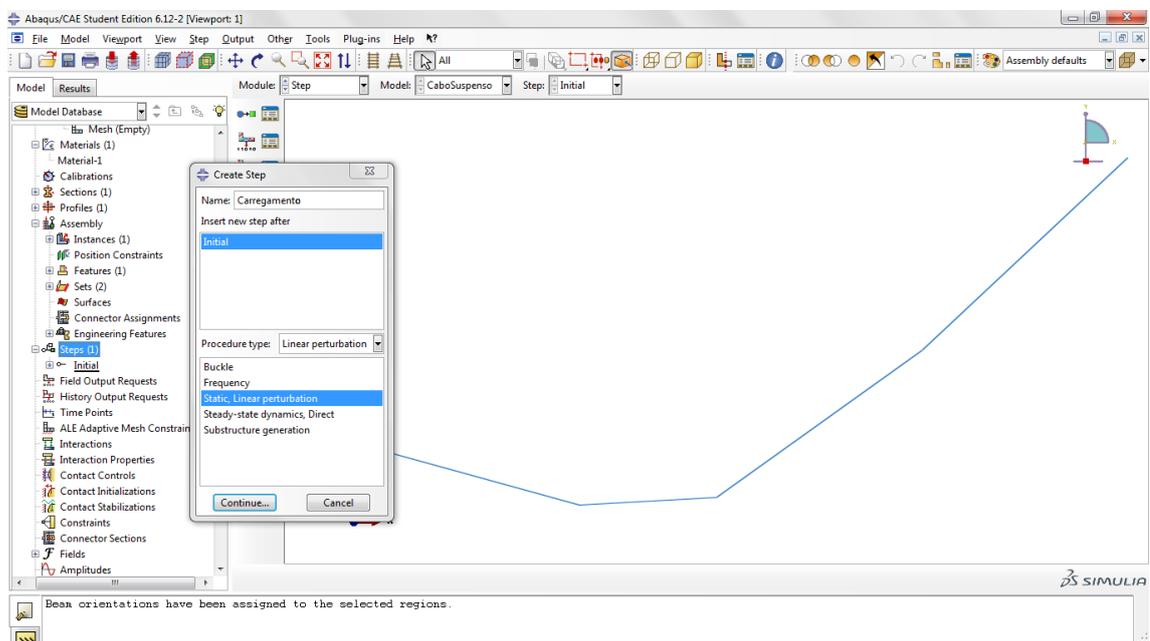
- ✓ Na caixa de ferramentas, **selecione** Assign Beam Orientation. **Selecione** todo o cabo, **clique** em Done, **tecle** enter e **clique** em OK.



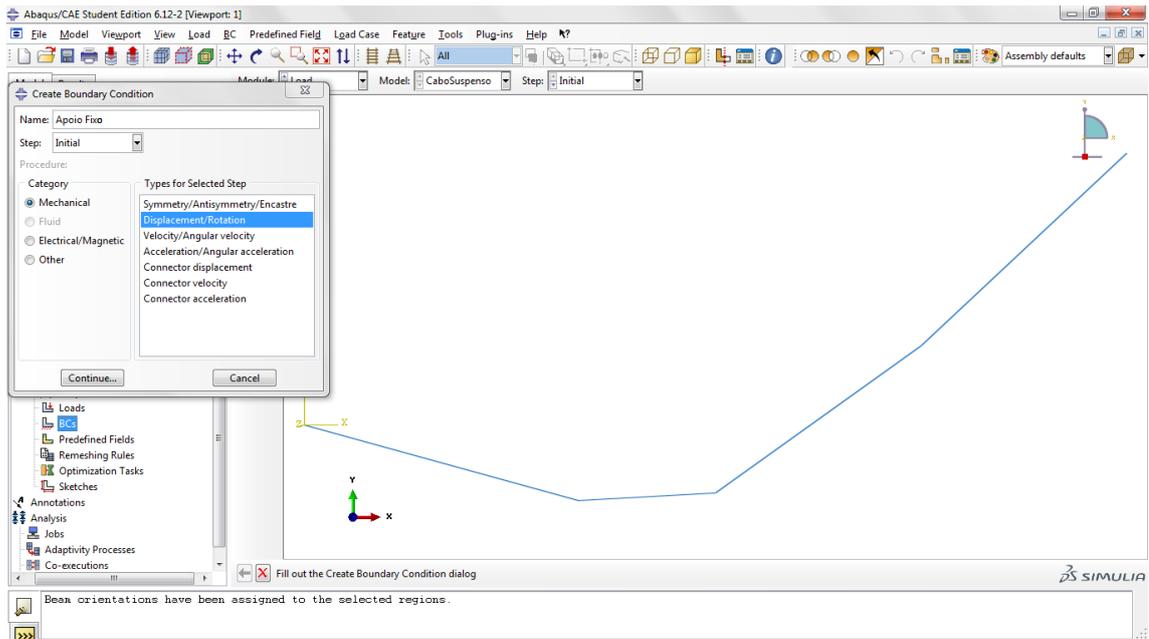
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** Assembly e **dê** duplo clique em **Instances**. **Certifique-se** que o Instance Type consta em “Dependent (mesh on part)” e **clique** em OK.



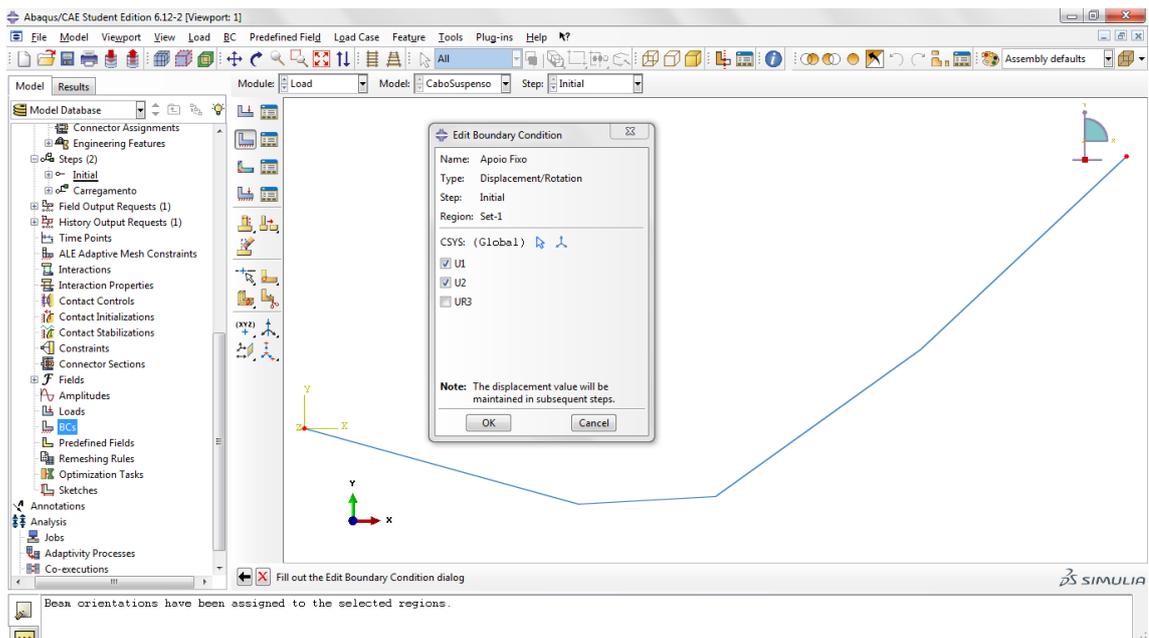
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Steps**. No campo **Name**, **digite** *Carregamento* e em **Procedure Type**, **selecione** **Linear perturbation**>**Static Linear perturbation**. **Clique** em **Continue....** Então **clique** **OK** na nova janela que se abre.



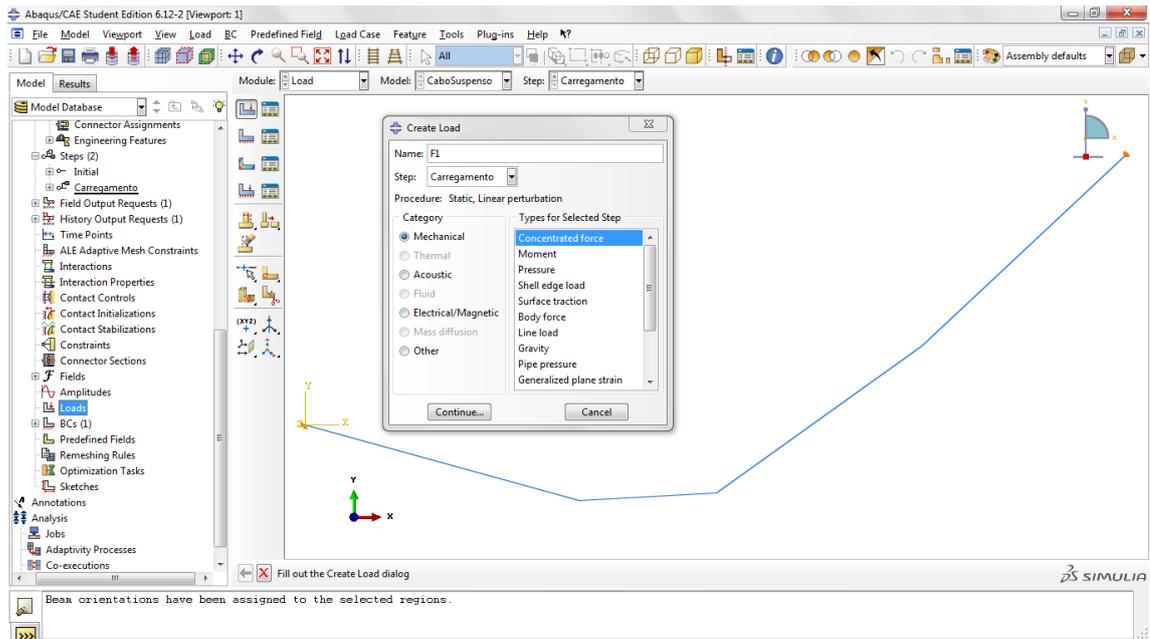
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **BCs**. Na janela **Create Boundary Condition**, **altere** o campo **Name** para *Apoio Fixo*, **Step** para **Initial** e **Types for Selected Step** para **Displacement/Rotation**. **Clique** em **Continue....**



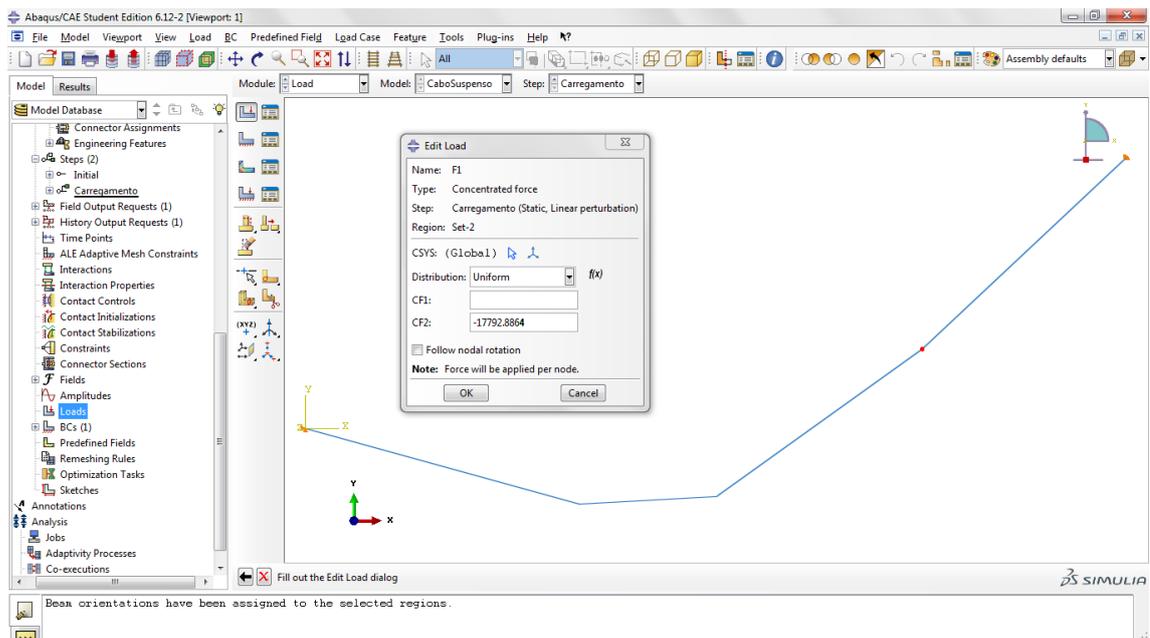
- ✓ **Selecione** as extremidades do cabo e **clique** em Done. **Marque** na nova janela U1 e U2. **Clique** em OK.



- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Loads**. Na janela **Create Load**, no campo **Name** **digite** **F1**, **troque** o **Step** para **Carregamento** e **clique** em **Continue....**

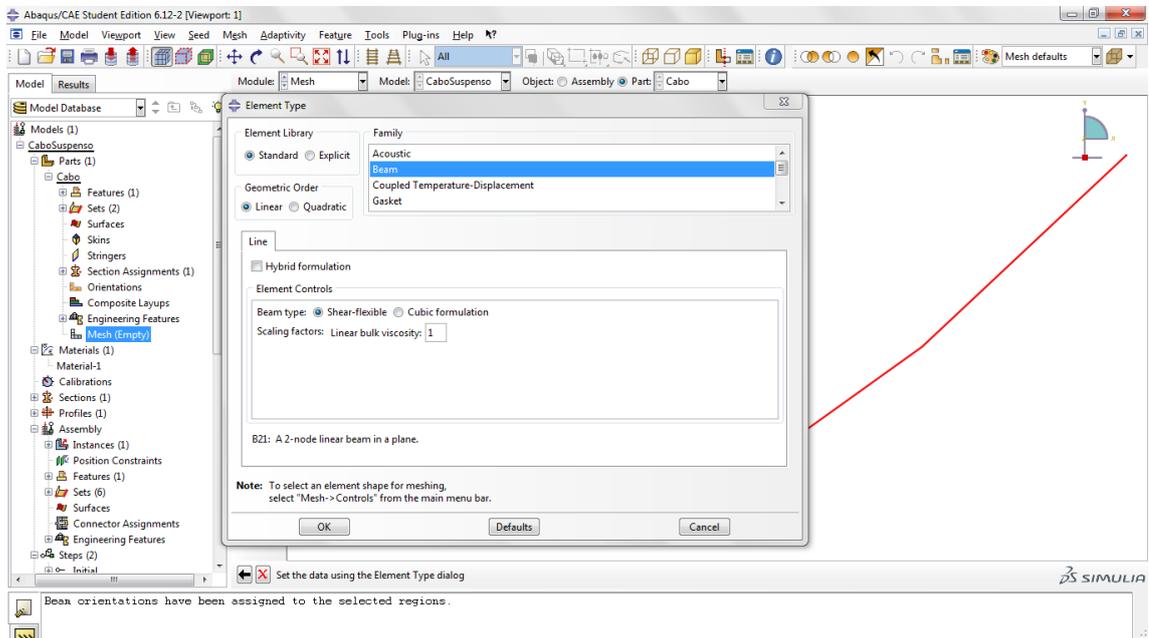


- ✓ **Selecione** o ponto intermediário direito, e **clique** em Done. Na janela **Edit Load**, no campo **CF2** digite **-17792.8864** e **clique** em **OK**.

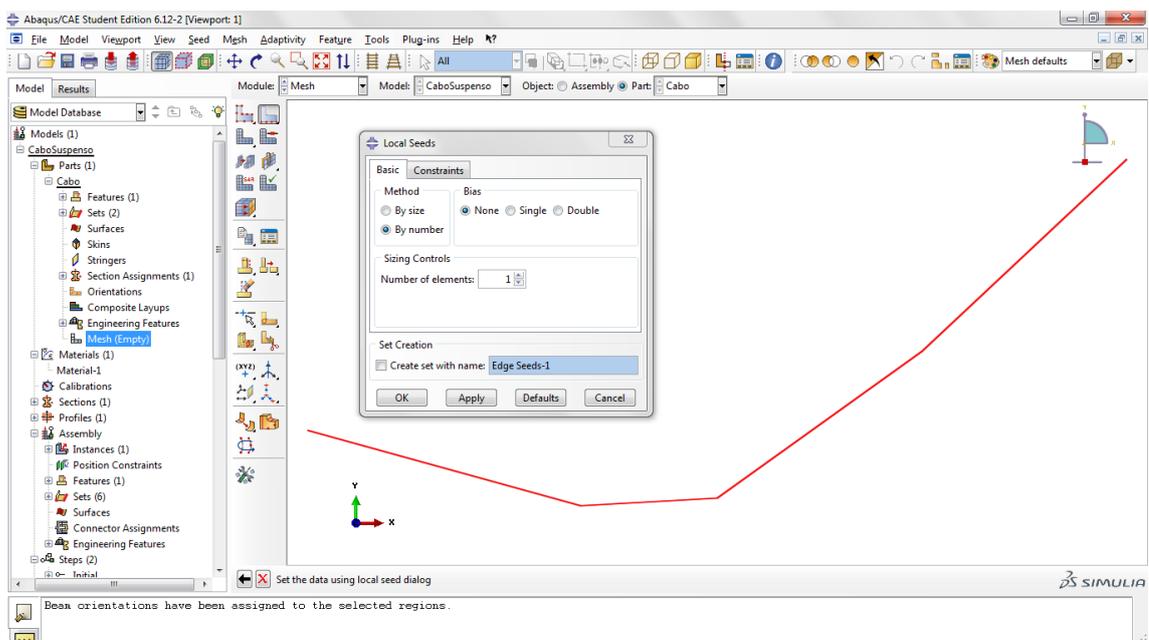


- ✓ **Repita** o procedimento para criar as cargas $F1 \times 3$, aplicada no ponto do meio, de intensidade -53378.6592 (CF2), e $F2$, aplicada no ponto inferior esquerdo e de intensidade -26689.3297 (CF2).
- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** **Parts**>**cabo** e **dê** dois cliques em **Mesh**. Na barra de contexto, em **Object**, **selecione** **Part**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh**>**Element Type** e **selecione** com o

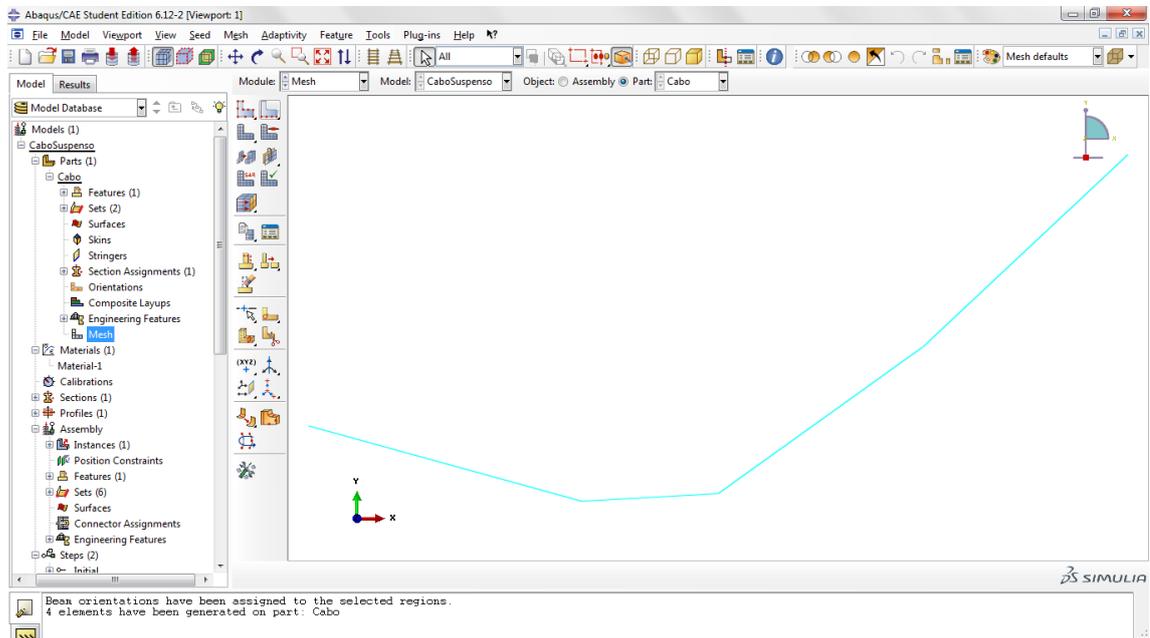
mouse toda a região do cabo, formando uma “caixa”. Clicando em **Done**, abrirá a janela **Element Type**. Em **Family**, selecione **Beam** e **clique** **OK**.



- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Seed>Edges** e **selecione** toda a região do cabo novamente e **clique** em **Done**. Na janela **Local Seeds**, **altere** **Method** para **By number** e em **Sizing Controls**, **altere** **Number of elements** para **1**. **Clique** em **OK**.

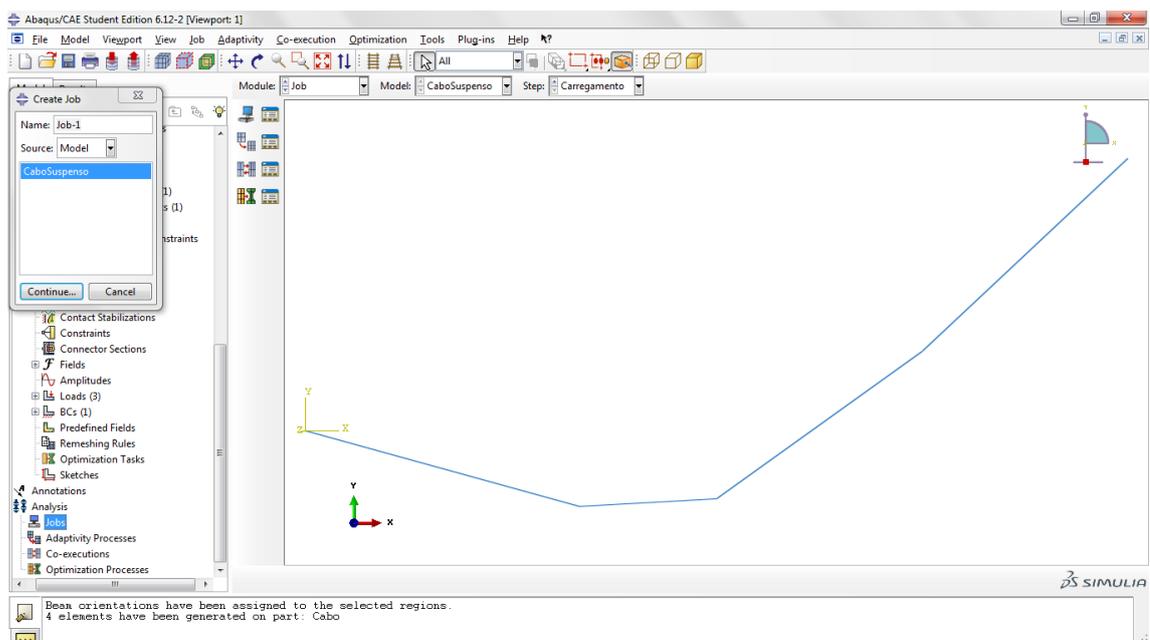


- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Part**. Aparecerá a pergunta “OK to mesh the part?”, **clique** Yes. **Perceba** que o cabo fica na cor azul.

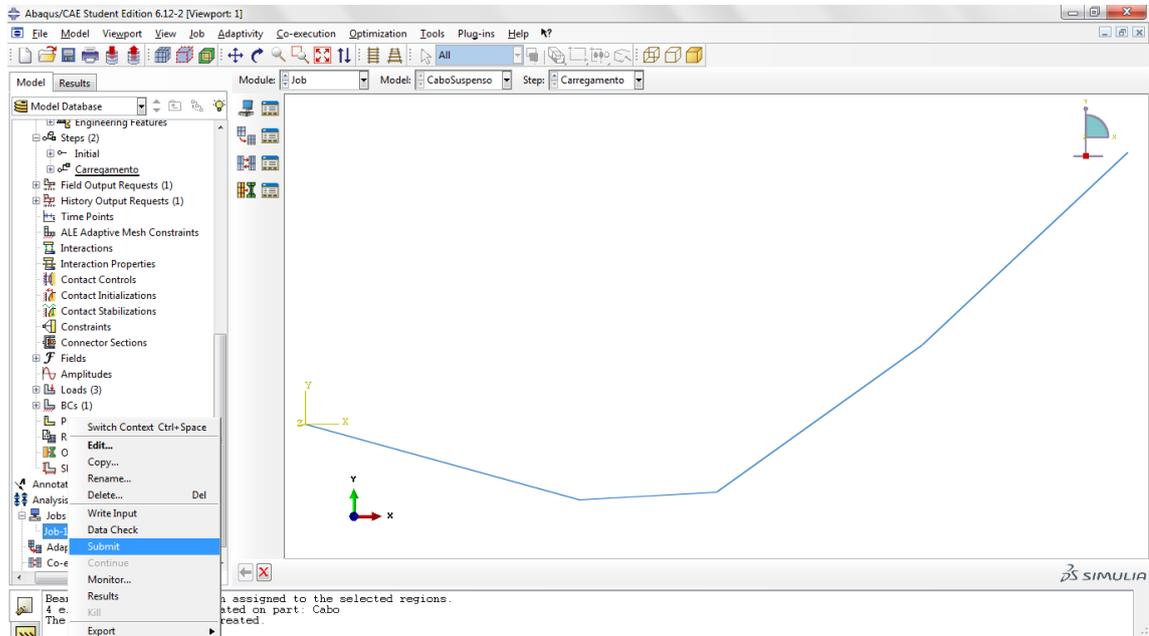


2.3. PROCESSAMENTO

- ✓ . No menu **model** à esquerda, **duplo clique** em **Jobs**. Na janela **Create Job**, apenas **clique** em **Continue....** Na janela **Edit Job**, **clique** em **OK**

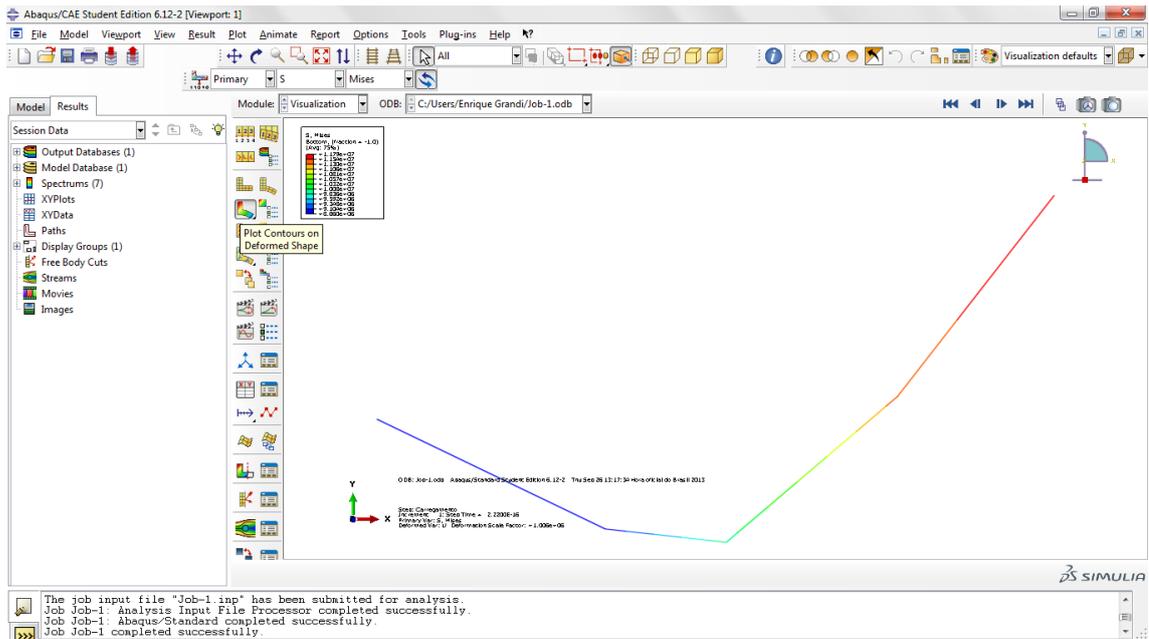


- ✓ **Abra Jobs** e **clique** com o botão direito em **Job-1**. **Clique** em **Submit**. Se aparecer uma janela dizendo “Job files already exist for Job-1. OK to overwrite?”, **clique** **OK**. **Aguarde** o processamento dos dados. Estará concluído quando aparecer “(Completed)” ao lado de **Job-1** no menu **model** à esquerda.

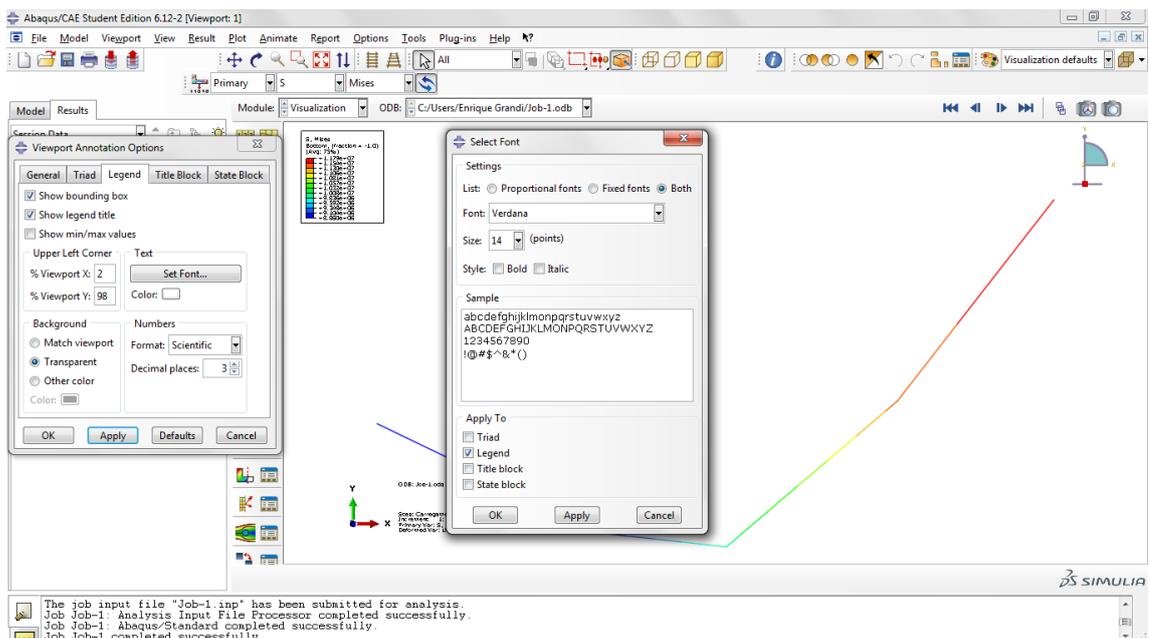


2.4. PÓS-PROCESSAMENTO

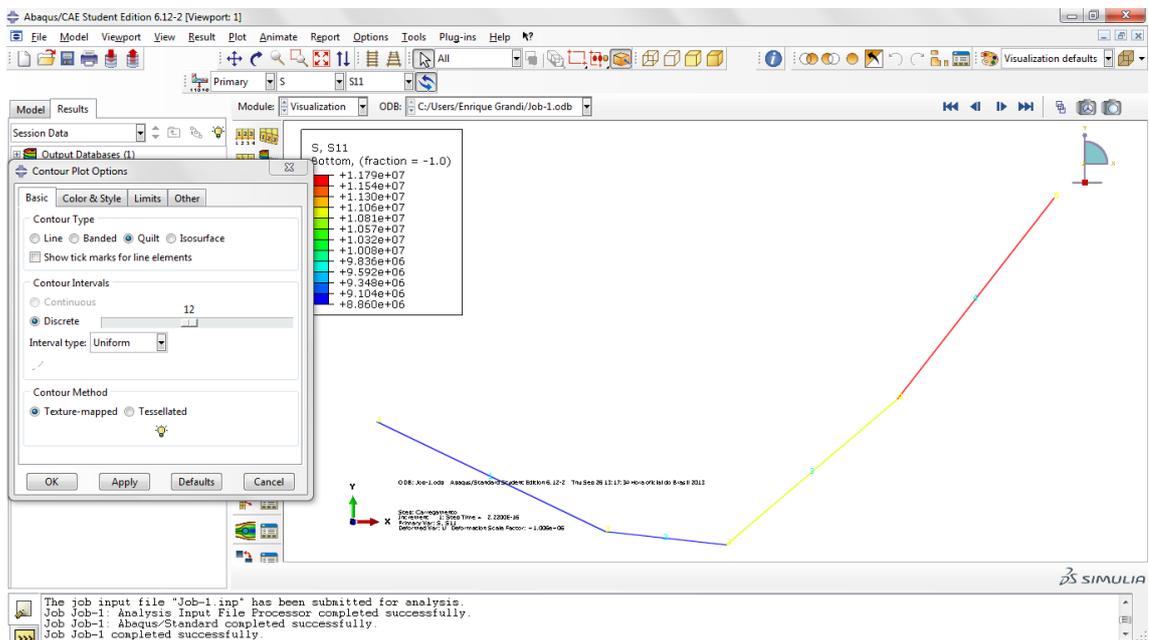
- ✓ No menu **model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Job-1(Completed)**>**Results**. A tela de análise de dados se abrirá. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.



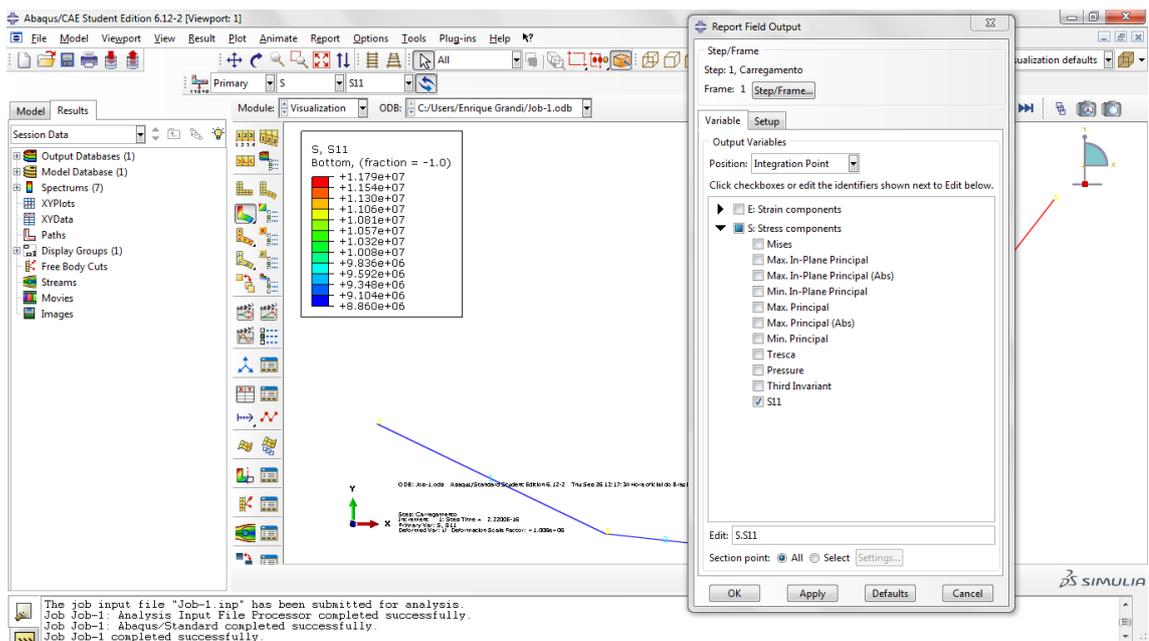
- ✓ Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione S11** onde, por padrão, estava selecionado Mises. Na caixa de ferramentas, **clique** em Common Options. Na janela Common Plot Options, **selecione** a aba Labels e marque Show element labels e show node labels. **Clique OK**.
- ✓ Na barra de menu 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.



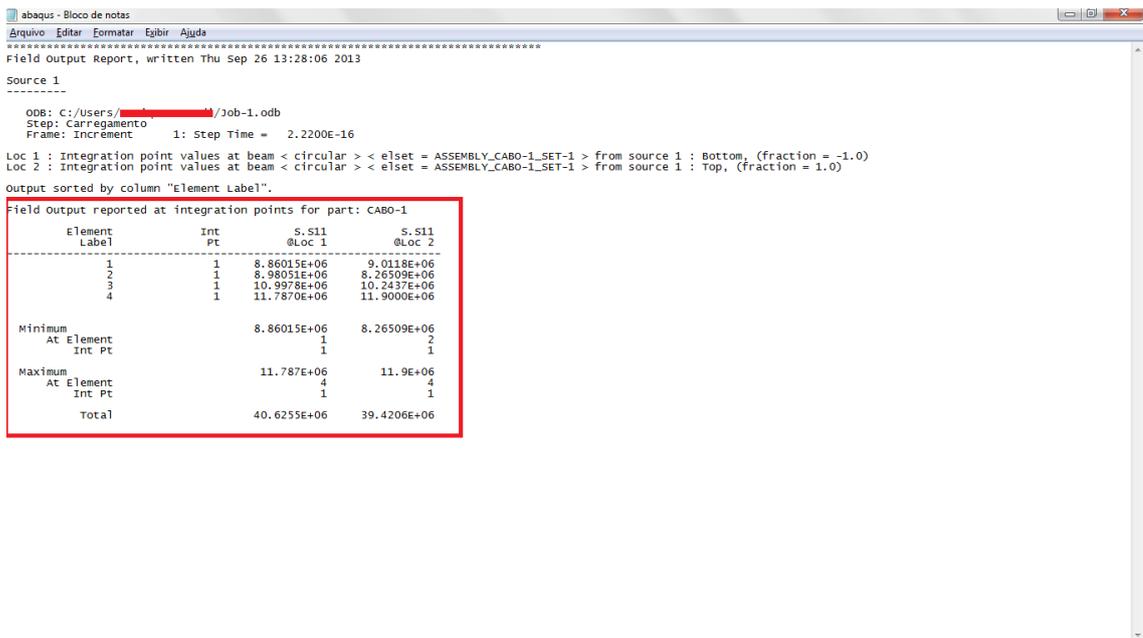
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em Contour Options, e na janela Contour Plot Options **altere** Contour Type para Quilt. **Clique** em OK.



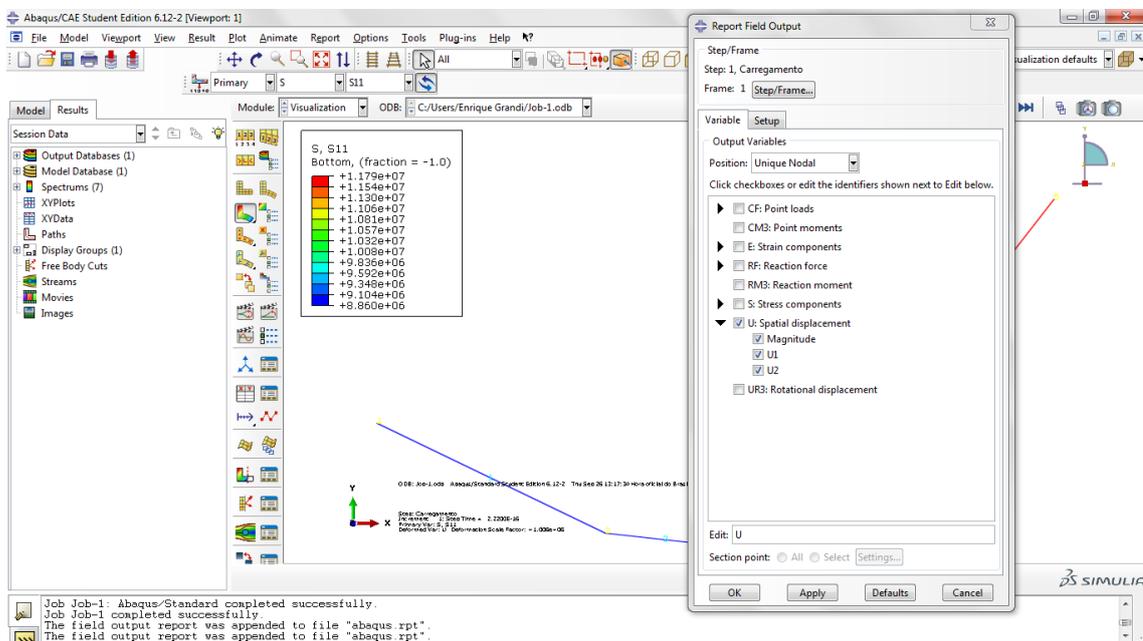
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em Report>Field Output. Na janela Report Field Output, **clique** em S: Stress components>S11 e **clique** em OK. A mensagem aparecerá: “The field output report was appended to file “abaqus.rpt.” O arquivo **abaqus.rpt** pode ser encontrado em C:\Users\”Nome do Usuário”\abaqus.rpt.



✓ O arquivo listará os esforços no cabo.



✓ Na barra do menu principal, clique em Report Field Output. Na janela Report Field Output, desmarque Stress Components e no campo Position selecione Unique Nodal. Então marque U: Spatial Displacement e clique OK.



✓ O arquivo listará as deformações nas barras.

abaqus - Bloco de notas

Label	PT	@Loc 1	@Loc 2
1	1	8.86015E+06	9.0118E+06
2	1	8.98051E+06	8.26509E+06
3	1	10.9978E+06	10.2437E+06
4	1	11.7870E+06	11.9000E+06
Minimum		8.86015E+06	8.26509E+06
At Element		1	2
Int Pt		1	1
Maximum		11.787E+06	11.9E+06
At Element		4	4
Int Pt		1	1
Total		40.6255E+06	39.4206E+06

Field output Report, written Thu Sep 26 13:30:05 2013

Source 1

ODB: C:/Users/.../Job-1.odb
 Step: Carregamento
 Frame: Increment 1: Step Time = 2.2200E-16

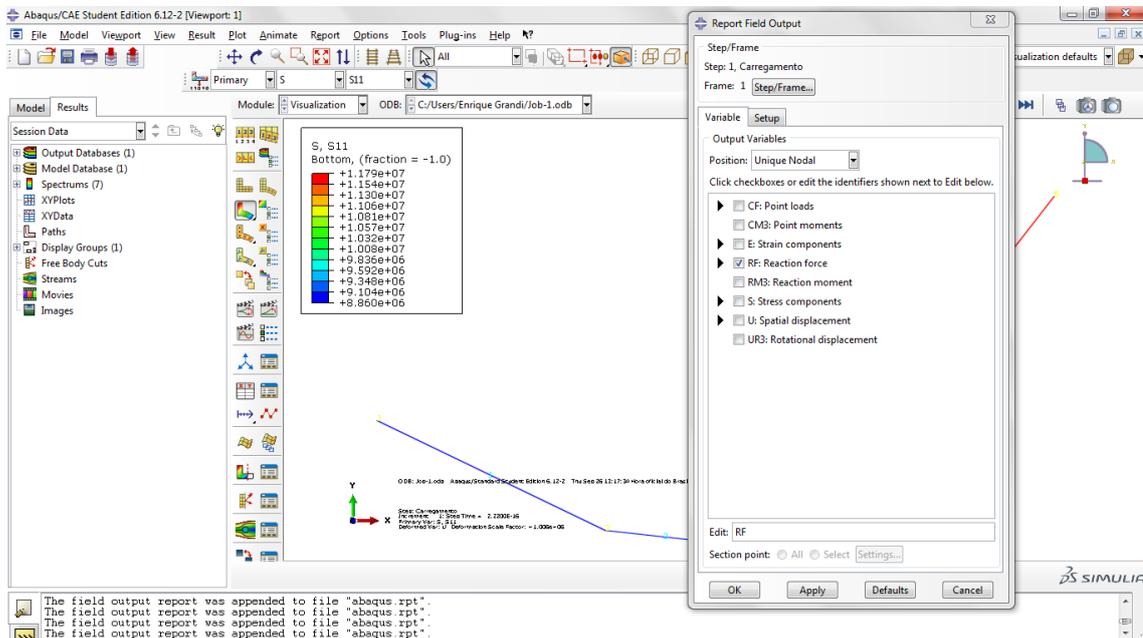
Loc 1 : Nodal values from source 1

Output sorted by column "Node Label".

Field output reported at nodes for part: CABO-1

Node Label	U.Magnitude @Loc 1	U.U1 @Loc 1	U.U2 @Loc 1
1	0.	80.0440E-33	-22.2491E-33
2	1.28822E-06	67.9421E-09	-1.28642E-06
3	1.84013E-06	288.866E-09	-1.81732E-06
4	1.19739E-06	341.152E-09	-1.14778E-06
5	0.	-80.0440E-33	-75.6118E-33
Minimum	0.	-80.044E-33	-1.81732E-06
At Node	5	5	3
Maximum	1.84013E-06	341.152E-09	-22.2491E-33
At Node	3	4	1
Total	4.32574E-06	697.960E-09	-4.25150E-06

- ✓ Na barra do menu principal, clique em Report Field Output. Na janela Report Field Output, desmarque U:Spacial Displacement e então marque RF: Reaction force e clique OK.



- ✓ O arquivo listará as reações de apoio.

```
abaqus - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
*****
Field Output Report, written Thu Sep 26 13:33:53 2013
Source 1
ODB: C:/Users/.../job-1.odb
Step: Carregamento
Frame: Increment      1: Step Time = 2.2200E-16
Loc 1 : Nodal values from source 1
Output sorted by column "Node Label".
Field Output reported at nodes for part: CABO-1
-----
Node  RF.Magnitude  RF.RF1  RF.RF2
Label @Loc 1      @Loc 1  @Loc 1
-----
1      83.078E+03      -80.044E+03  22.2491E+03
2         0.         0.         0.
3         0.         0.         0.
4         0.         0.         0.
5     110.110E+03     80.044E+03  75.6118E+03

Minimum      0.      -80.044E+03      0.
At Node      4              1              4
Maximum     110.11E+03     80.044E+03     75.6118E+03
At Node      5              5              5
Total      193.189E+03      0.      97.8609E+03
```

- ✓ 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**).