

LAJES COM GEOMETRIAS ESPECIAIS

1. INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:

O objetivo deste exemplo é a verificação do comportamento estrutural de lajes com carregamentos especiais. Na literatura técnica são facilmente encontradas tabelas para a determinação dos esforços em lajes retangulares sujeitas a uma carga uniformemente distribuída em toda a superfície. Porém, tabelas para lajes com carregamentos especiais, tais como cargas concentradas e cargas linearmente distribuídas (parede), são difíceis de encontrar. Neste exemplo, vamos analisar uma laje retangular de concreto armado de 4m x 6m, com 10 cm de espessura, apoiada nos bordos e com uma parede de alvenaria provocando uma carga distribuída linear de 52 tf/m, conforme a figura 1. O peso próprio da laje e a carga uniformemente distribuída na superfície devido a sua não serão considerados nesta análise. Este exemplo foi dado pelo Prof^o Antônio Stramandinolli em seu material didático para a disciplina Tópicos em Estruturas de Edifícios.

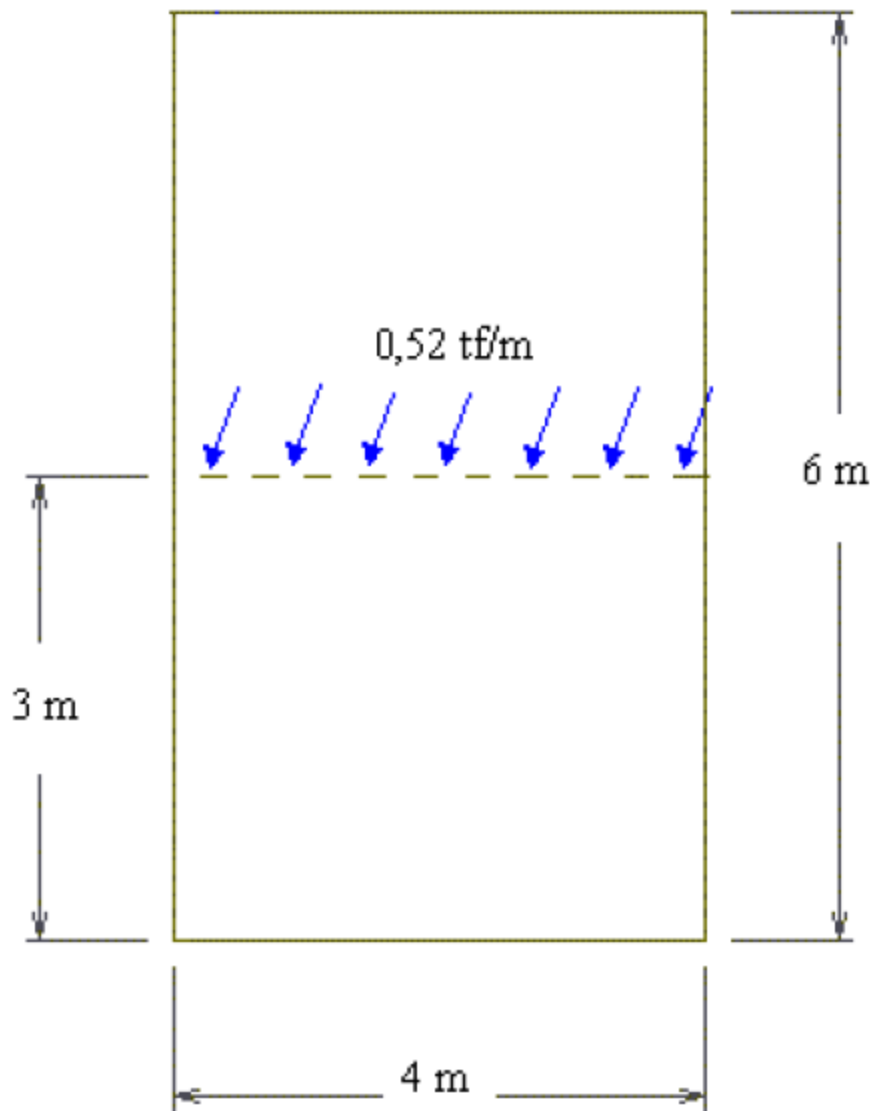


Figura 1 – Esquema da Laje.

Trata-se de uma estrutura tridimensional, porém, adotando-se algumas aproximações aplicáveis a este problema, esta laje pode ser analisada através de um modelo bidimensional como a placa em flexão.

1.2. PROPRIEDADES DO MATERIAL

Concreto Armado:

$$E = 1.5E6 \text{ tf/m}^2;$$

$$\text{Coeficiente de Poisson} = 0.2$$

1.3. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

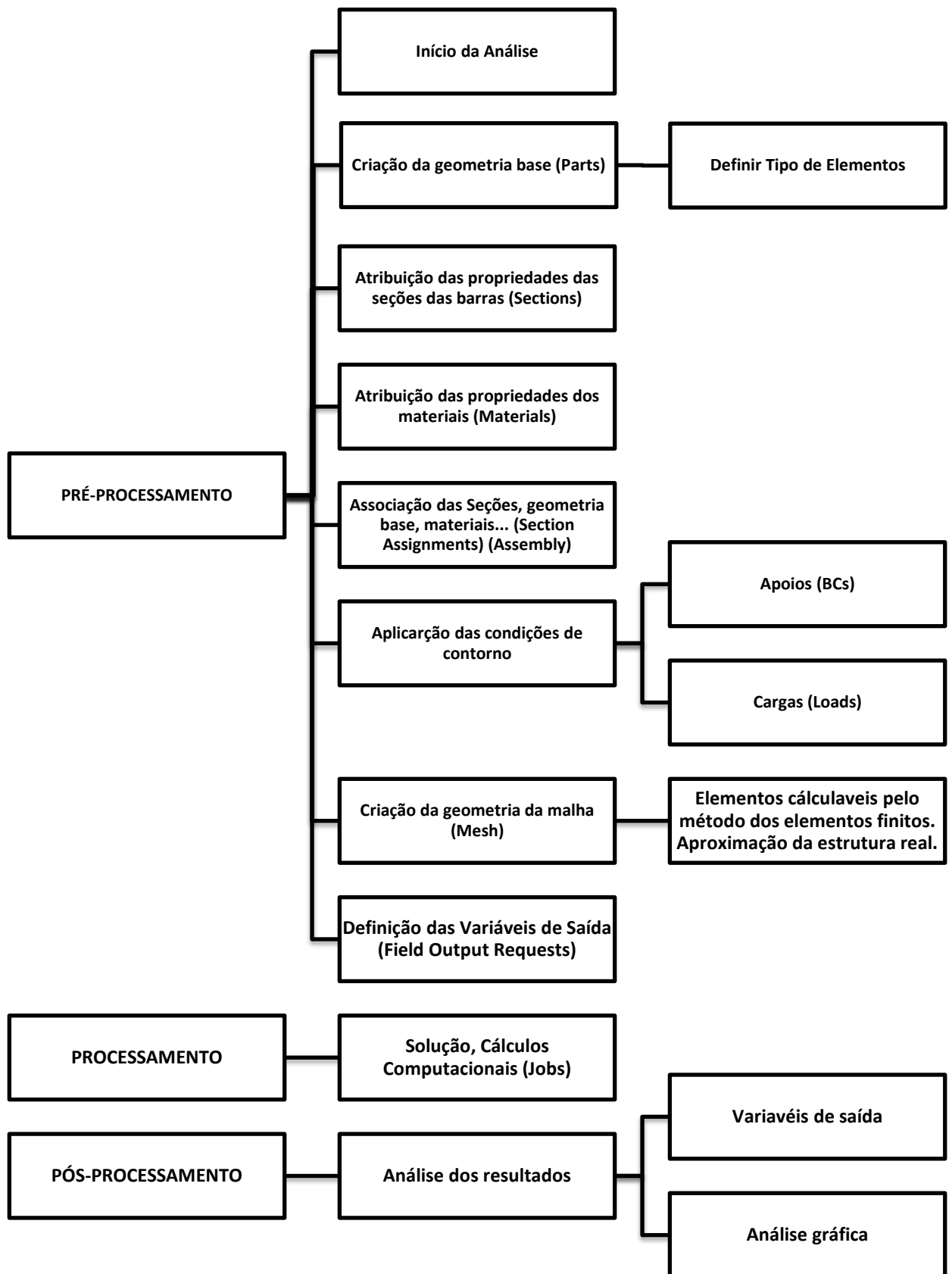
Conforme a Figura 1
Altura da laje: 10 centímetros.

1.4. CARGA

Parede no centro da laje: $P1 = 5200 \text{ Pa}$;

2. RESOLUÇÃO

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

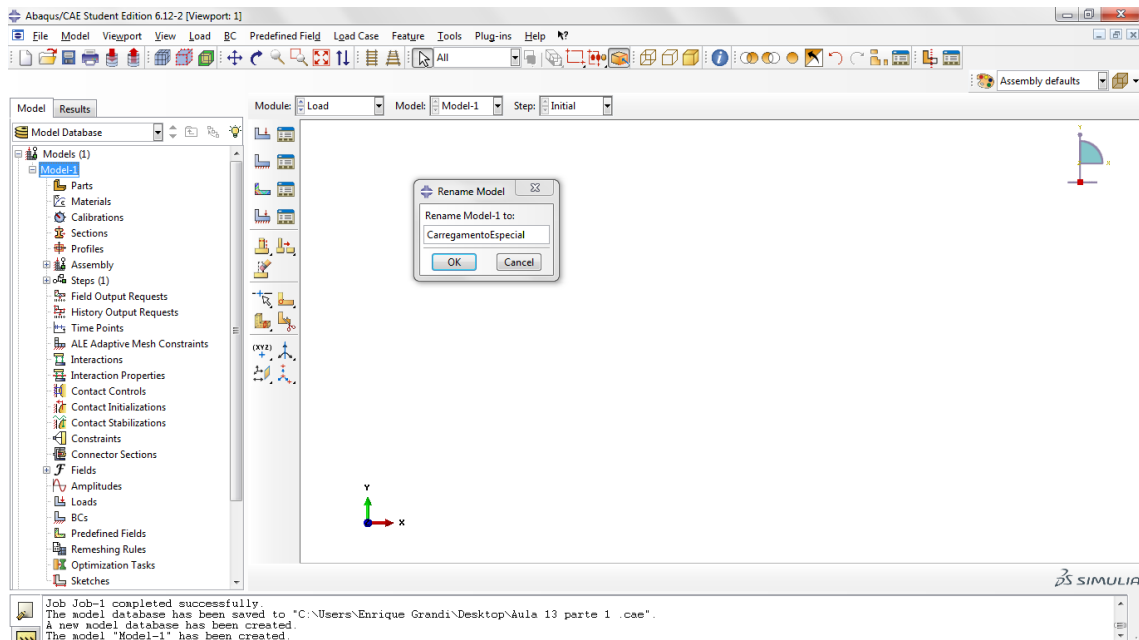


2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

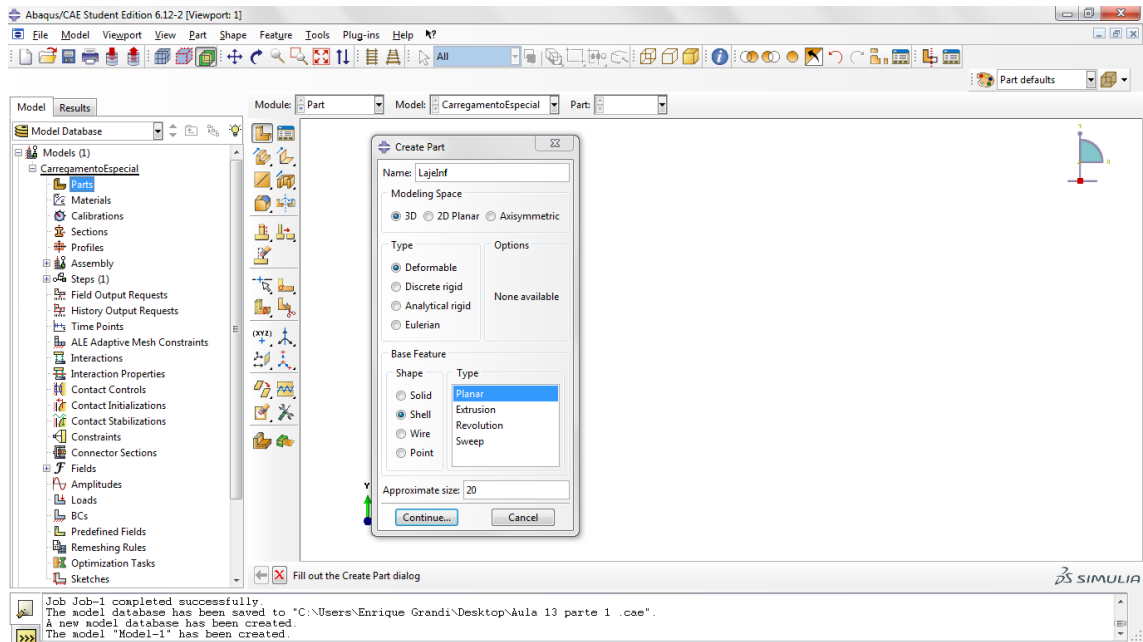
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no **Menu Iniciar** para abrir o **Prompt de Comando** e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em **Create Model Database** na caixa **Start Session** que aparece, **selecione** **With Standard/Explicit Model**.

2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

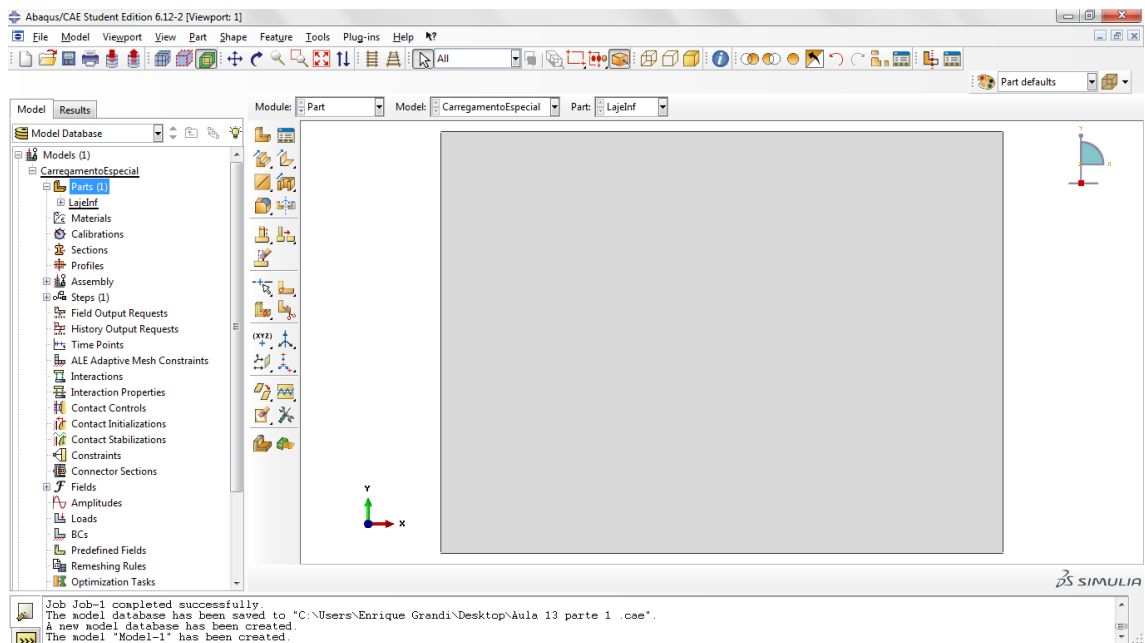
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**. **Digite** *CarregamentoEspecial -5200*.



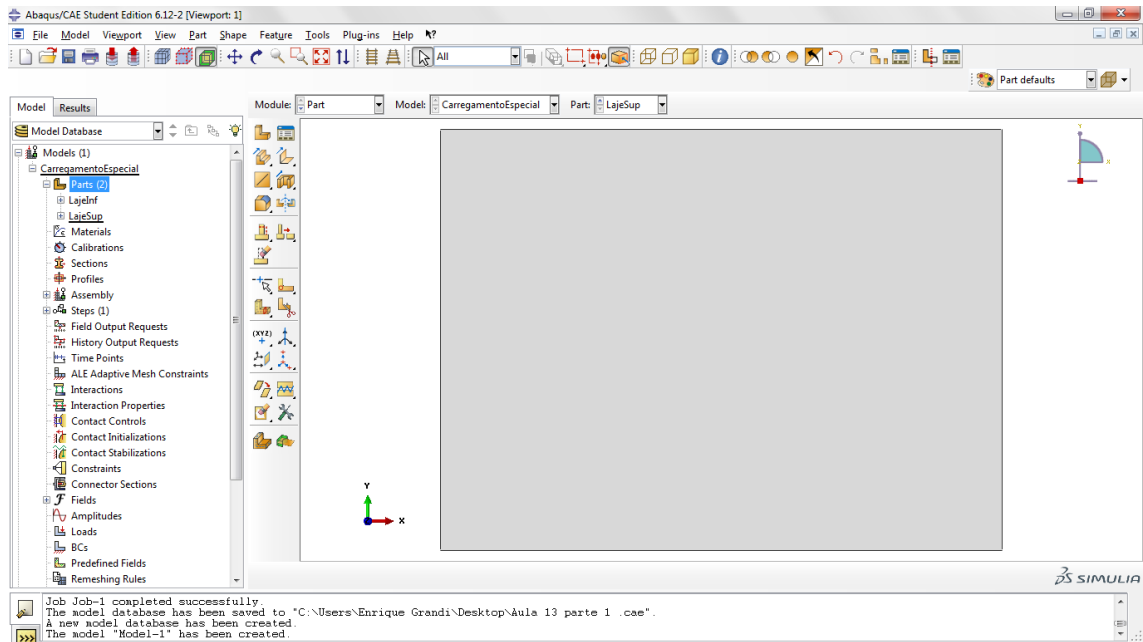
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**, no campo **Name** **digite** *LajeInf*, e **selecione** as opções: **3D**, **Deformable**, **Shell**, **Planar**. Em **Approximate size** **digite** *20* e **clique** em **Continue...**



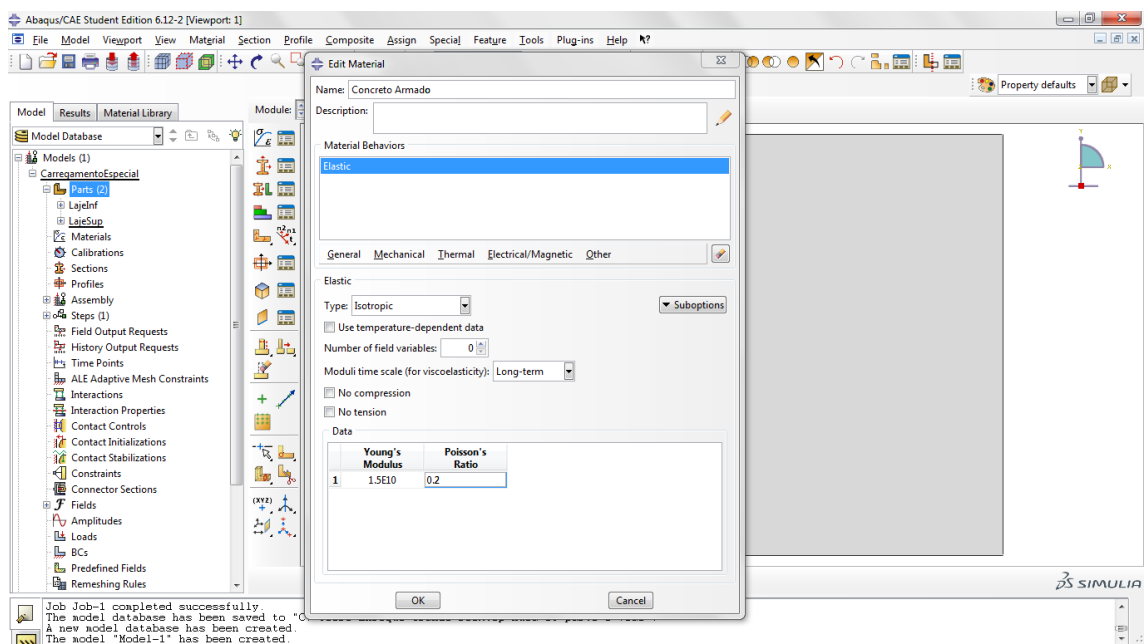
- ✓ **Clique** em **Create Lines: Rectangle (4 lines)** na caixa de ferramentas e **insira** as seguintes coordenadas 0,0 – 4,3, **desative** a função e **clique** em **Done**.



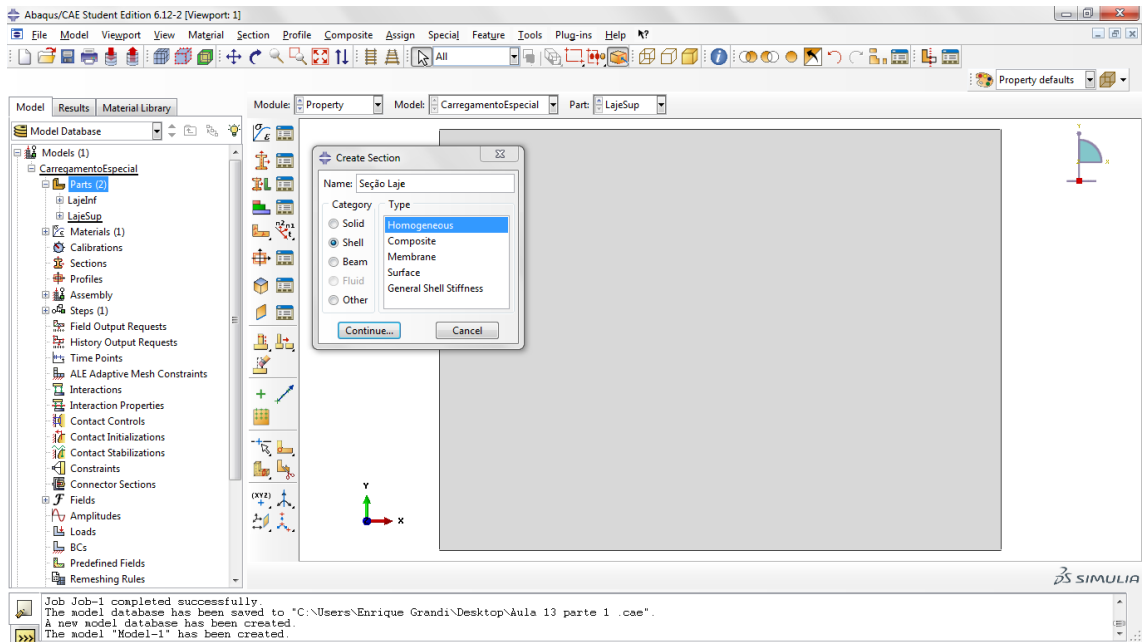
- ✓ **Repita** o procedimento para criar a LajeSup , inserindo um retângulo com as coordenadas 0,3 ; 4,6 .



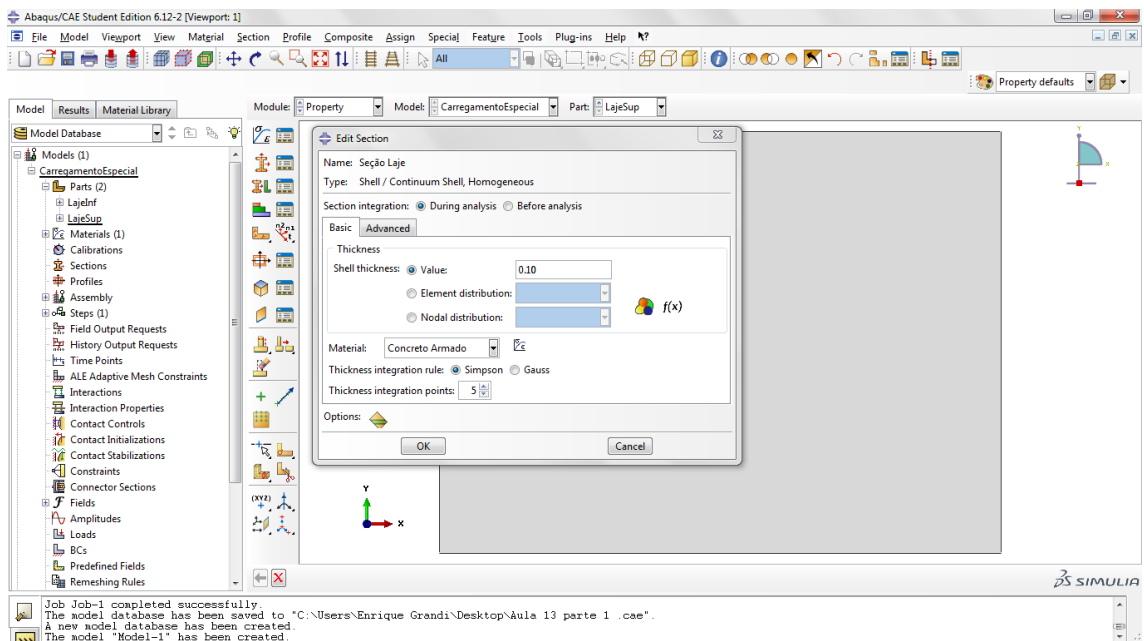
- ✓ No menu Model à esquerda, dê duplo clique em Materials. Na janela Edit Material Renomeie o material para *Concreto Armado*, selecione Mechanical>Elasticity>Elastic e digite 1.5E10 em Young's Modulus e 0.2 em Poisson's Ratio. Clique em OK.



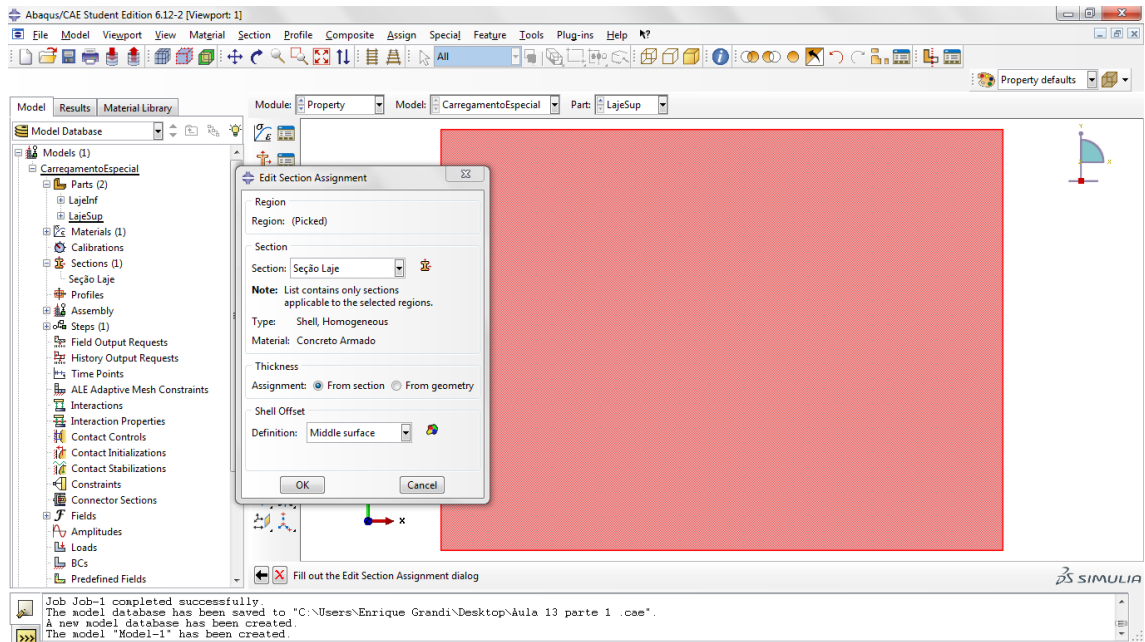
- ✓ No menu Model à esquerda, dê duplo clique em Sections. No campo Name: digite *Seção Laje*, em Category selecione Shell, e em Type selecione Homogeneous. Clique em Continue...



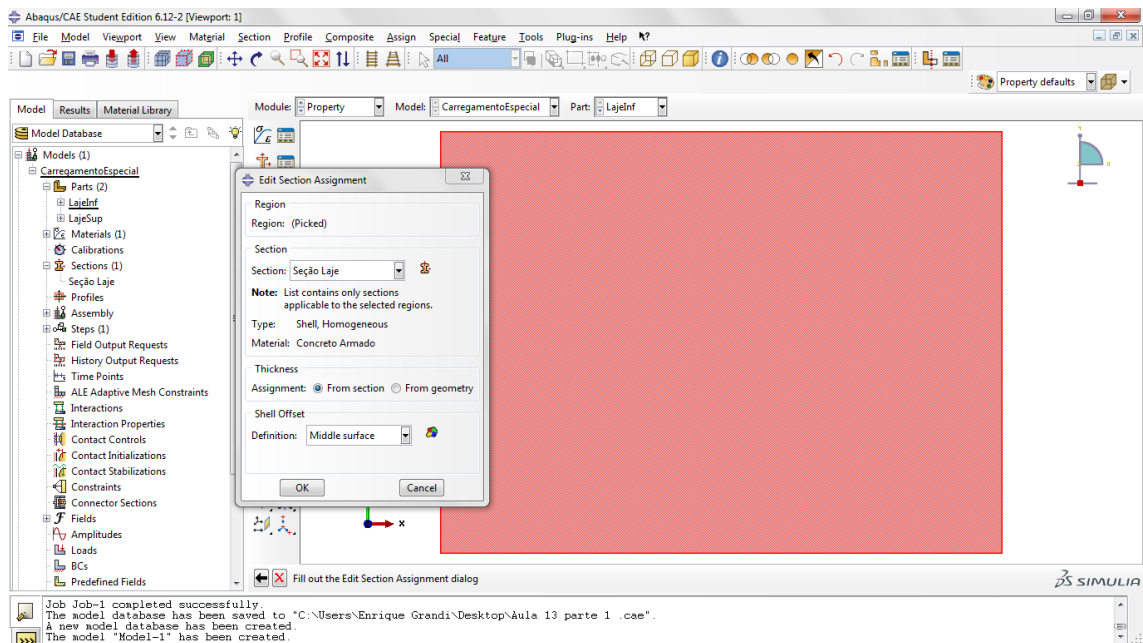
- ✓ Na janela Edit Section, **Certifique-se** de que **Concreto Armado** está selecionado em **Material**, **selecione Value** no campo **Thickness**, e **insira** o valor de 0.10 e **clique** em **OK**.



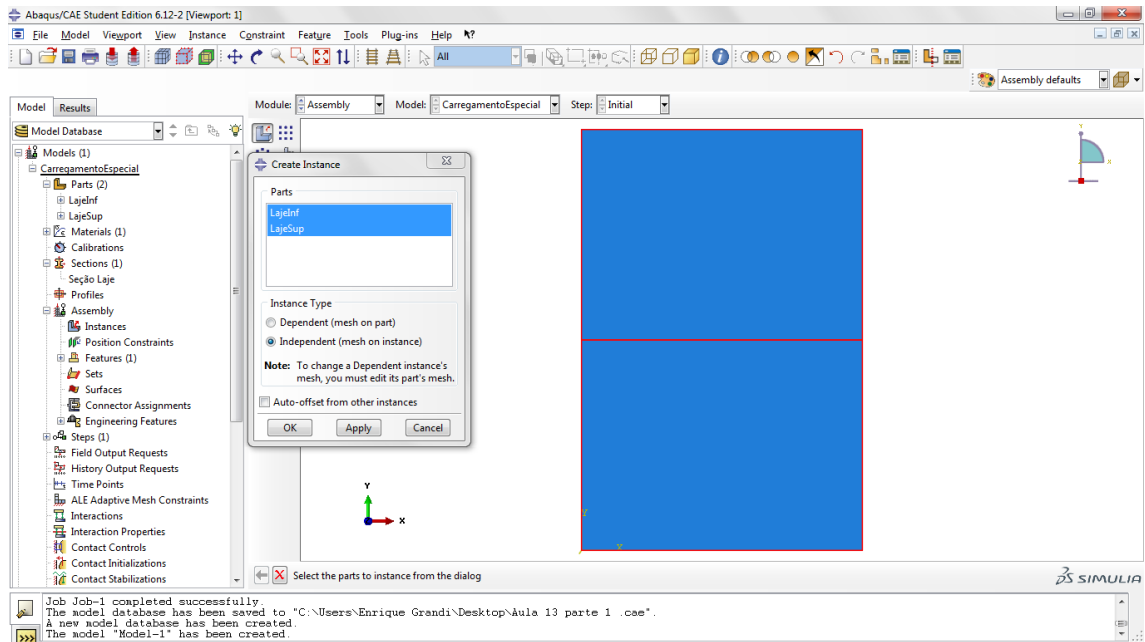
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Assign Section**. **Selecione** a **LajeSup** e **clique** em **Done**. **Selecione Seção Laje** em **Section:** e **clique** em **OK**.



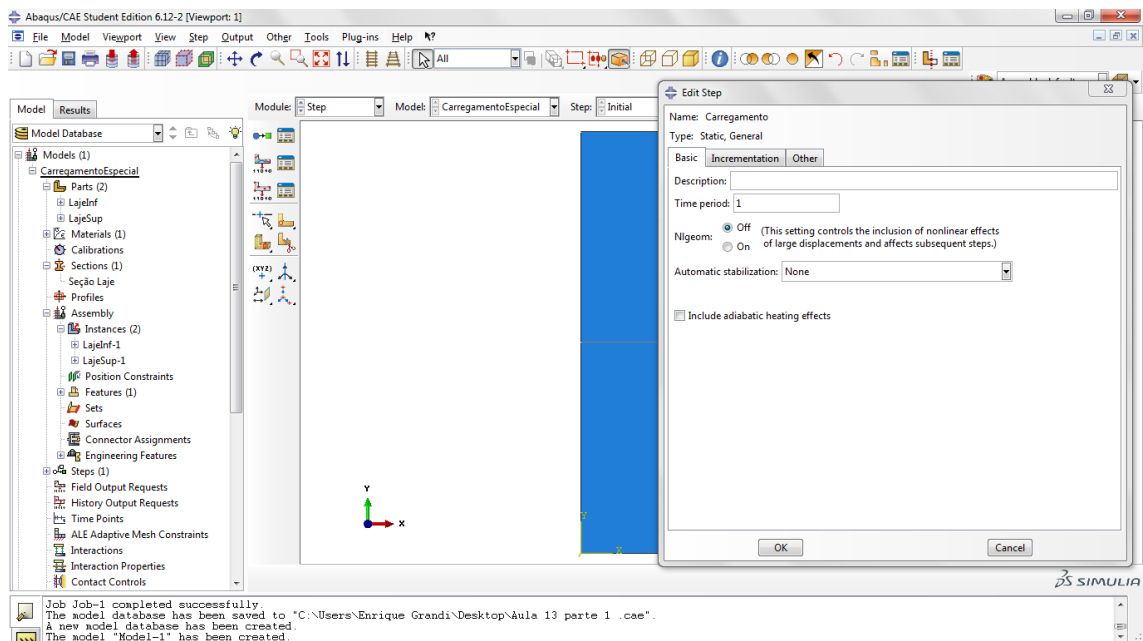
✓ Repita esse procedimento para a LajeInf.



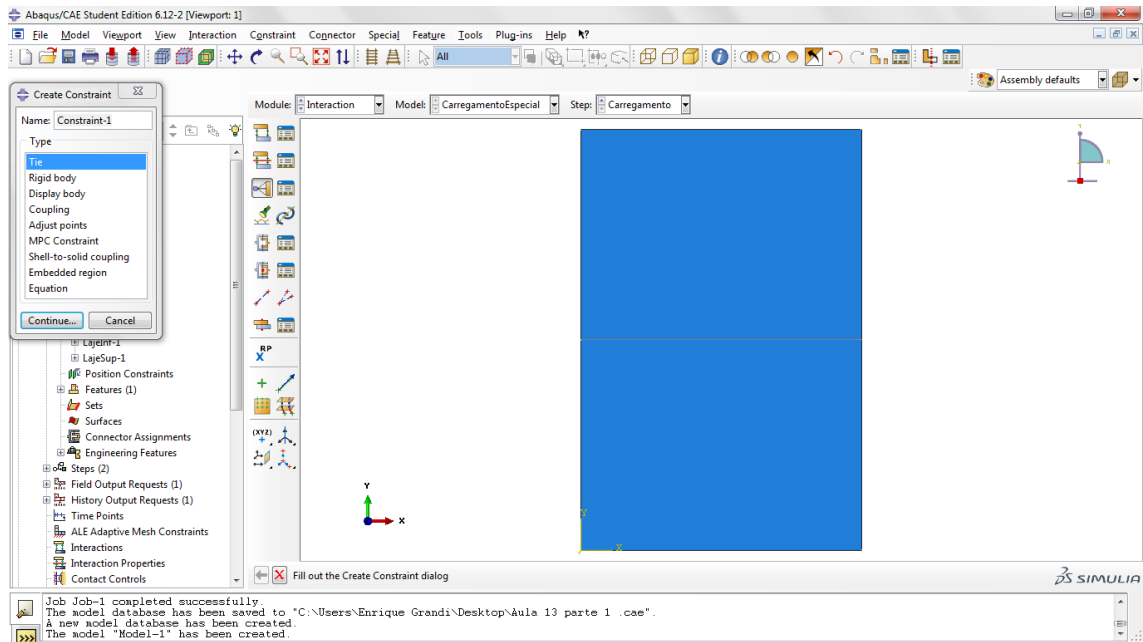
✓ No menu **Model** à esquerda, **abra Assembly**, **dê duplo clique em Instances**, **selecione** ambas as partes, **marque Independent (mesh on instance)** e **clique em OK**.



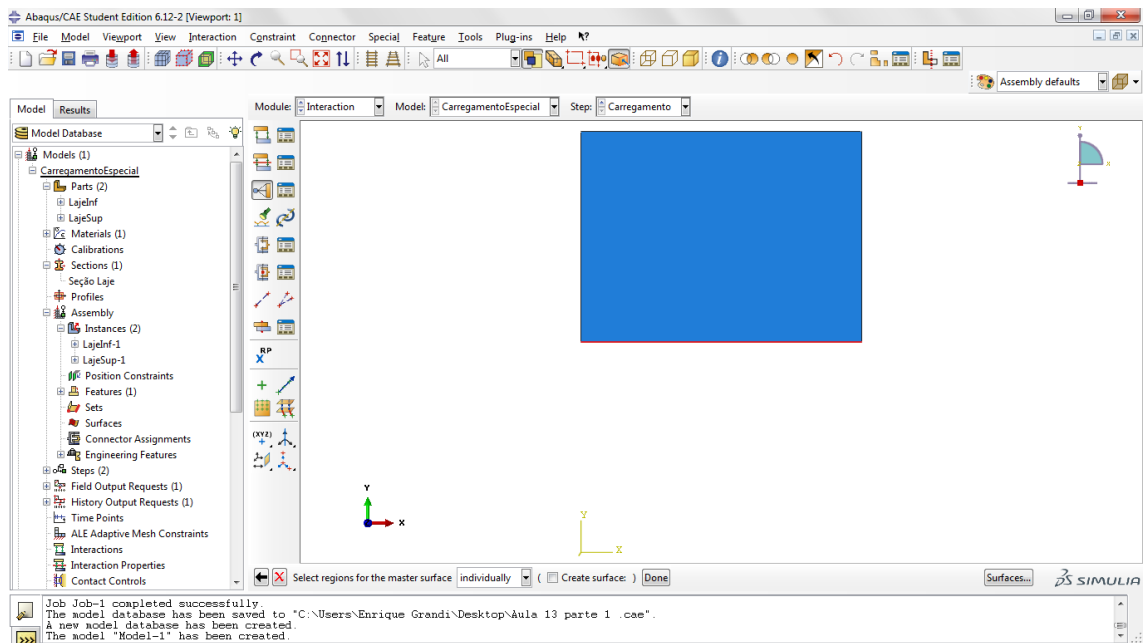
- ✓ No menu **model** à esquerda, dê duplo clique em **Steps**. Digite **Carregamento** no campo **Name:** e **Clique** em **Continue...** Então **clique** **OK** na nova janela que se abre.



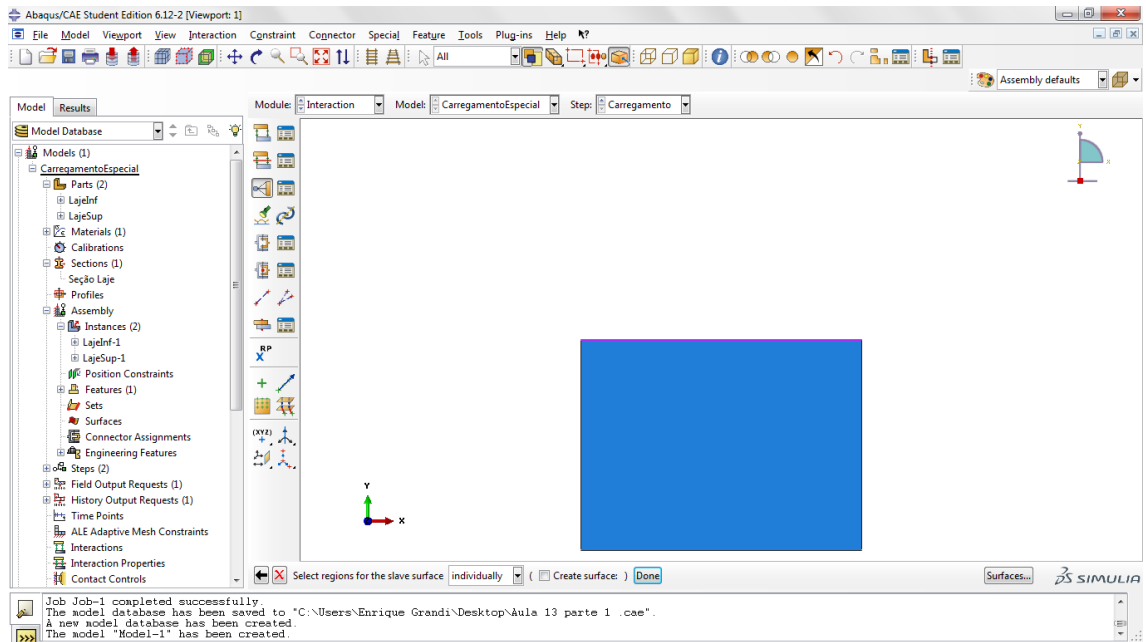
- ✓ No menu **model** à esquerda, dê duplo clique em **Constraints**. Na janela que se abre **selecione** **Tie** em **Type** e **clique** em **Continue...**



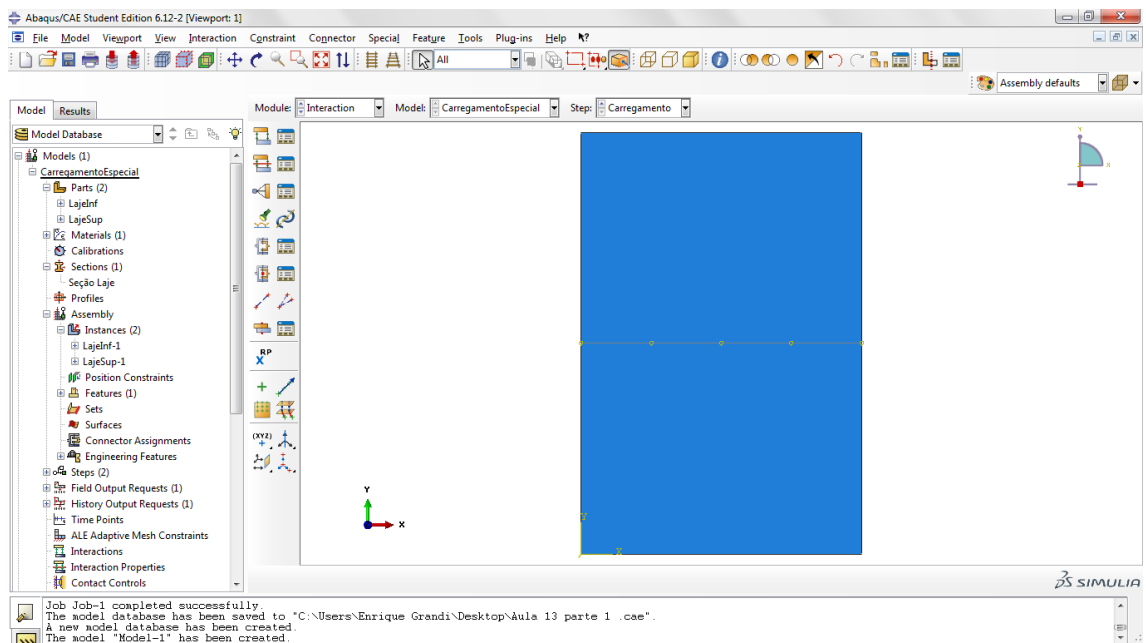
- ✓ **Selecione Surface.** Na barra de ferramentas **clique** em Remove Selected, em Select entities to remove: **selecione** Instances e **marque** a Lajelnf. **Clique** em Done duas vezes. **Selecione** então a linha de contato entre as partes e **clique** em Done.



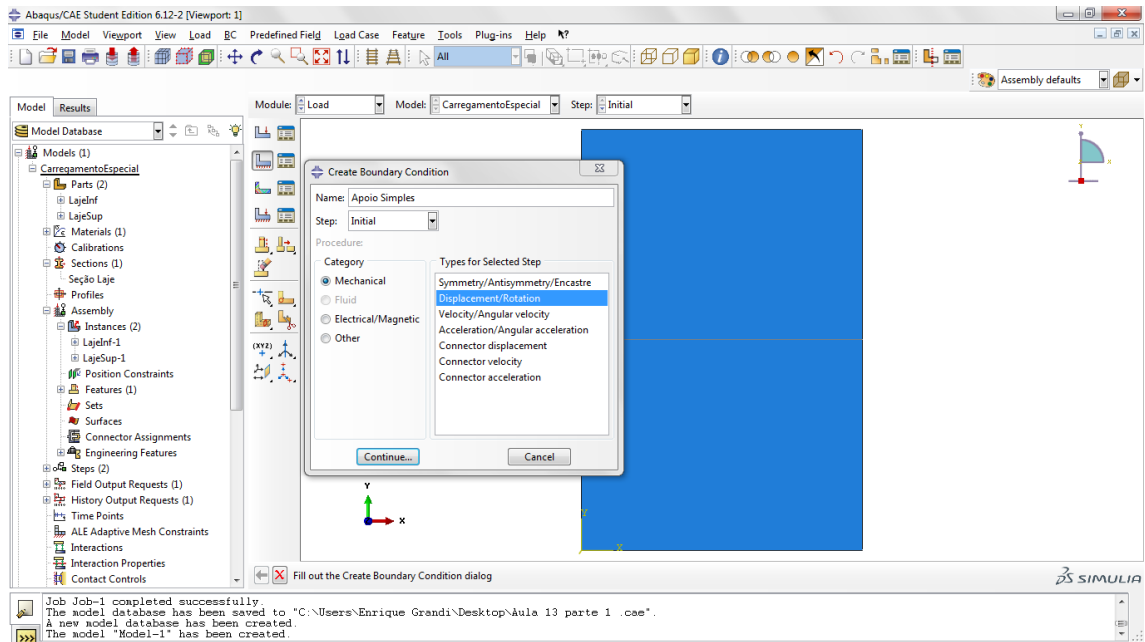
- ✓ **Selecione Surface.** Na barra de ferramentas **clique** em Invert Display. **Selecione** então a linha de contato entre as partes e **clique** em Done.



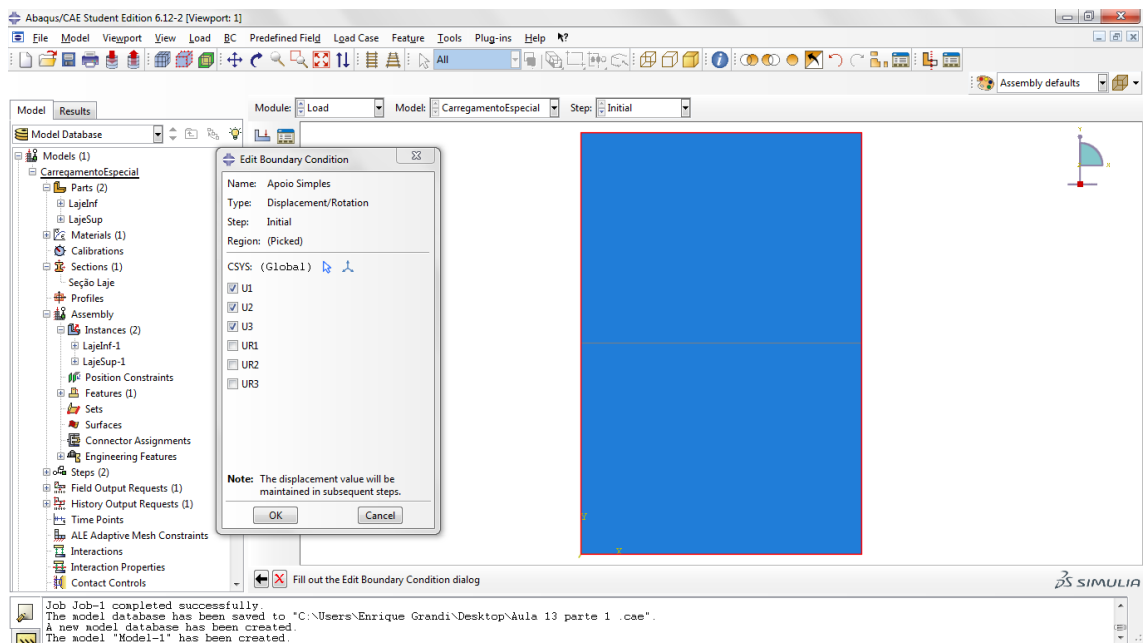
- ✓ Na janela **Edit Constraint** apenas **clique** em **OK**. Na barra de ferramentas **clique** em **Replace All**.



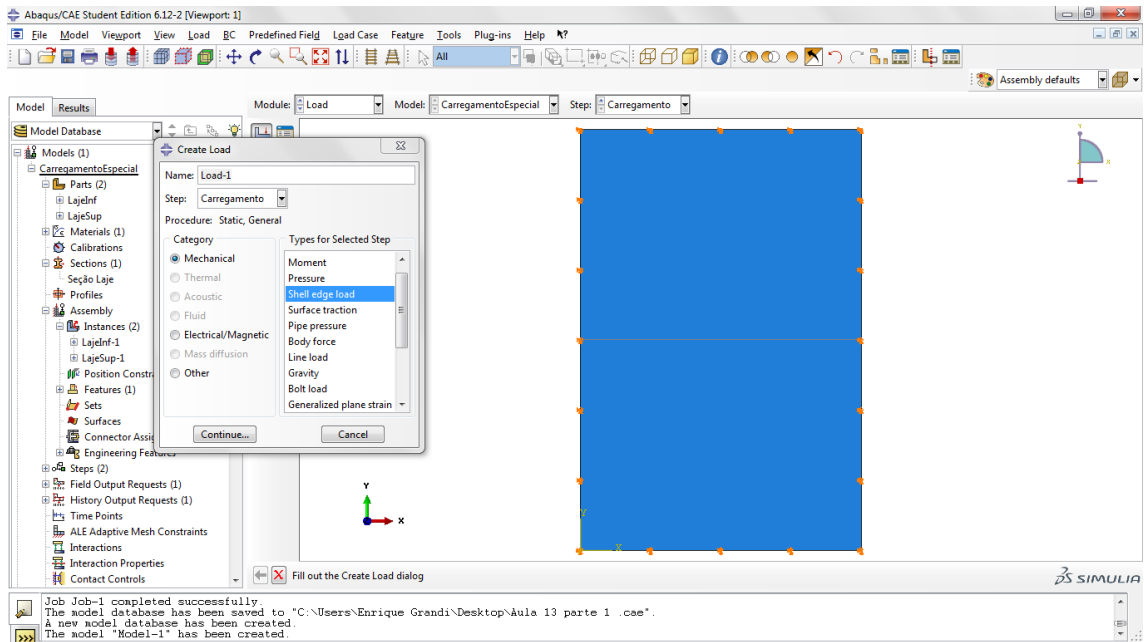
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **BCs**. Na janela **Create Boundary Condition**, **altere** o campo **Name** para **Apoio Simples**, **Step** para **Initial** e **Types for Selected Step** para **Displacement/Rotation**. **Clique** em **Continue...**



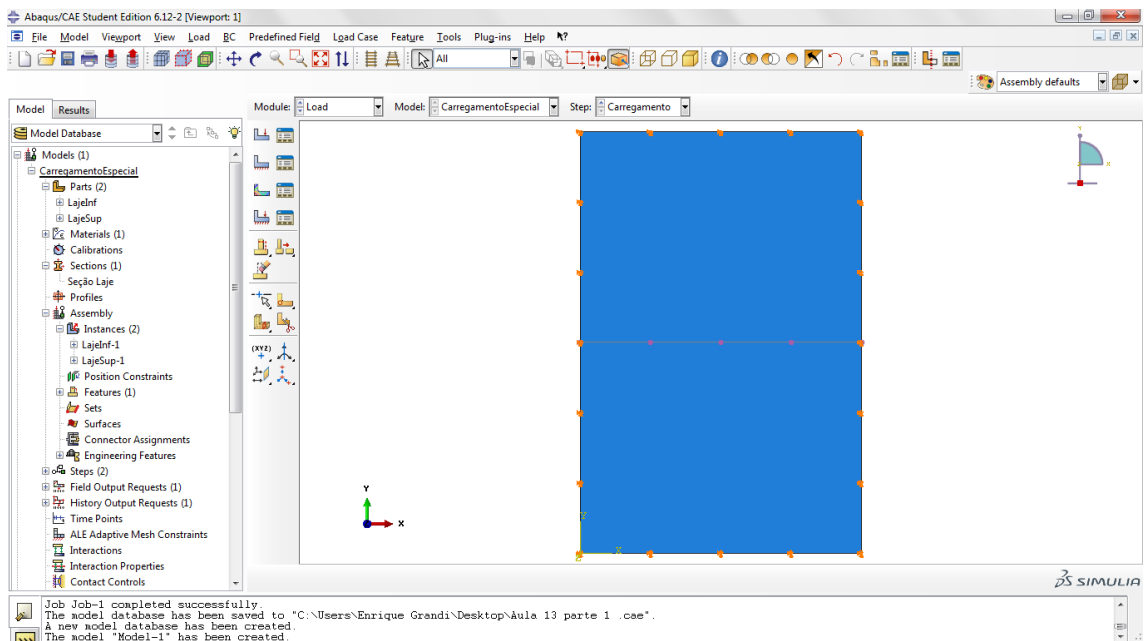
- ✓ **Selecione** os lados conforme a imagem e **clique** em Done. **Marque** U1, U2 e U3 na janela Edit Boundary Condition e **clique** em OK.



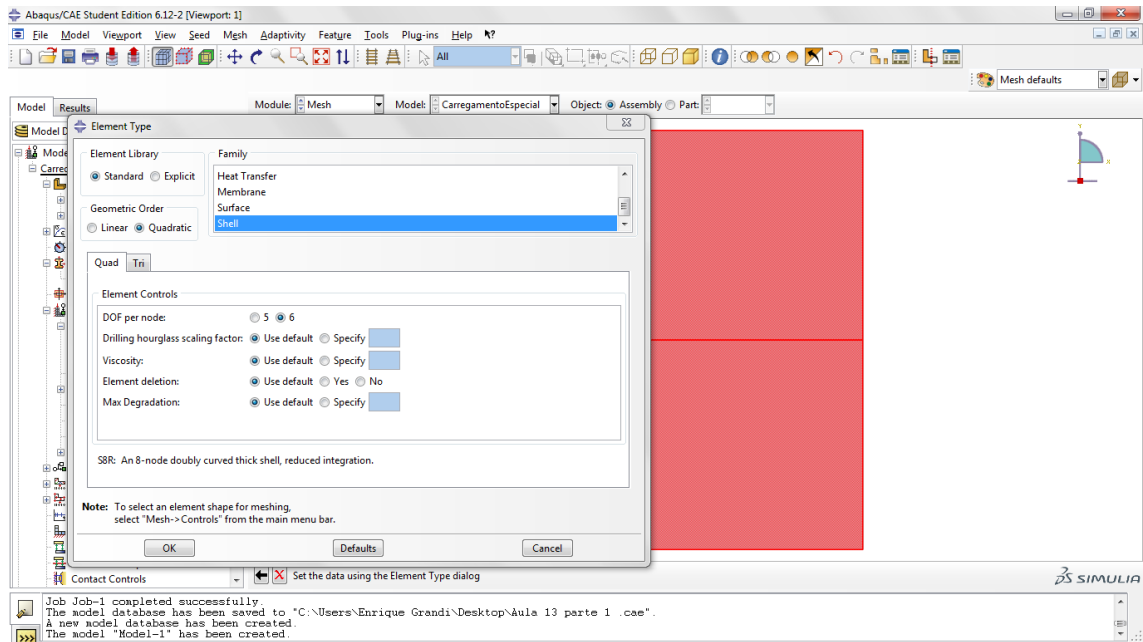
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em Create Load. Na janela Create Load, no campo Name **digite** Carga, **selecione** o Step Carregamento, em Types for Selected Step **selecione** Shell Edge Load e **clique** em Continue...



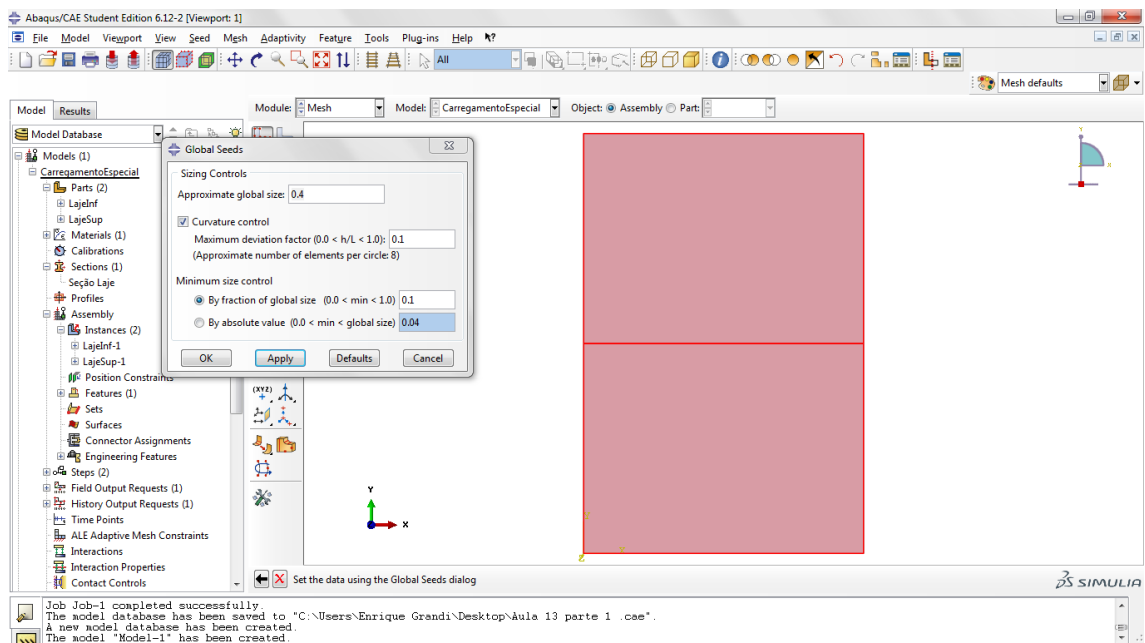
- ✓ **Selecione** a interseção entre as partes e **clique** em Done. **Clique** em **Brown**. Na janela Edit Load, **digite** -5200 no campo Magnitude, **troque** Traction para Transverse e **clique** em OK.



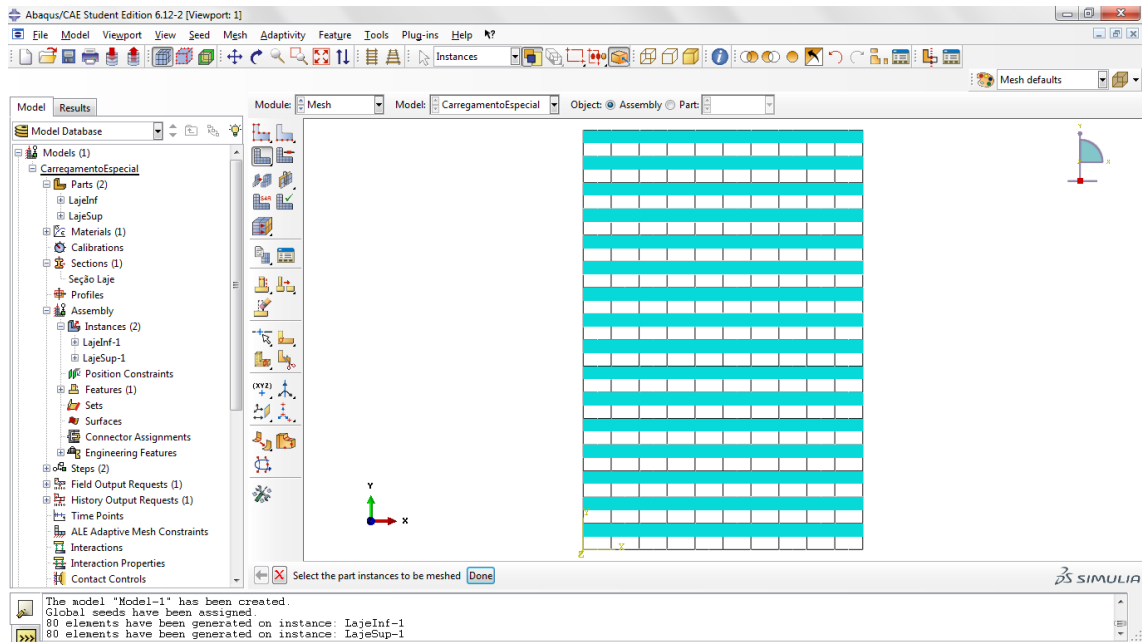
- ✓ Na barra de contexto, em Module, **selecione** Mesh. Na barra do menu principal, **clique** em Mesh>Element Type e **selecione** toda a laje. **Clique** em Done. Abre a janela Element Type. Em Family, **selecione** Shell e em Geometric Order, **selecione** Quadratic e **clique** OK.



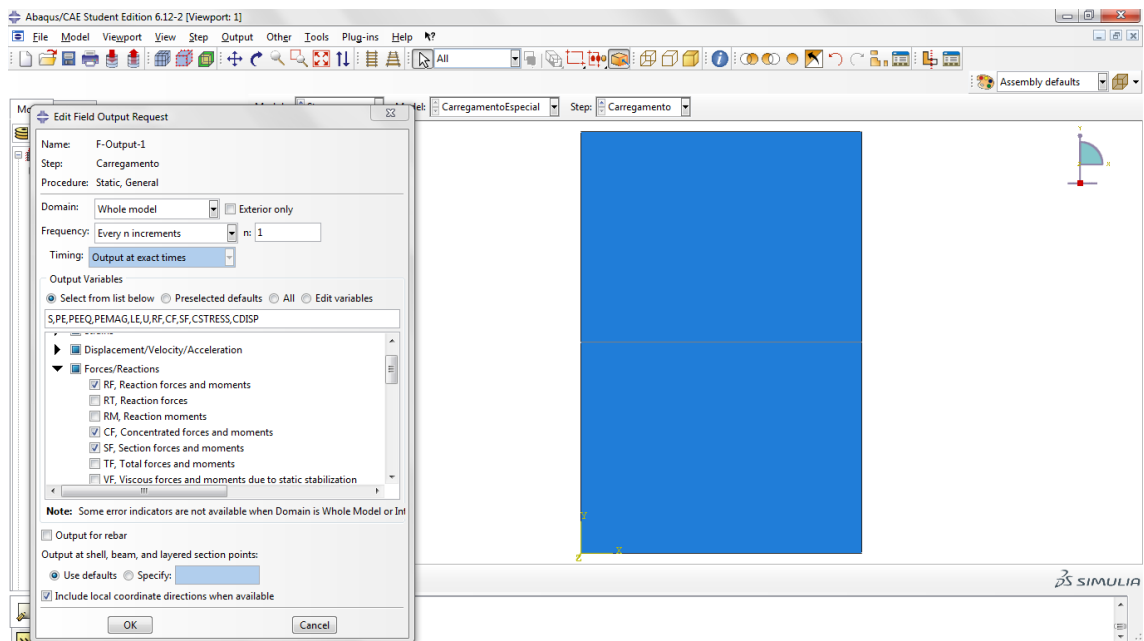
- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Seed>Instance** , **selecione** toda a laje e **clique** em **Done**. **Clique** em **OK** e em **Done**.



- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Instance**, **selecione** toda a laje e **clique** em **Done**.

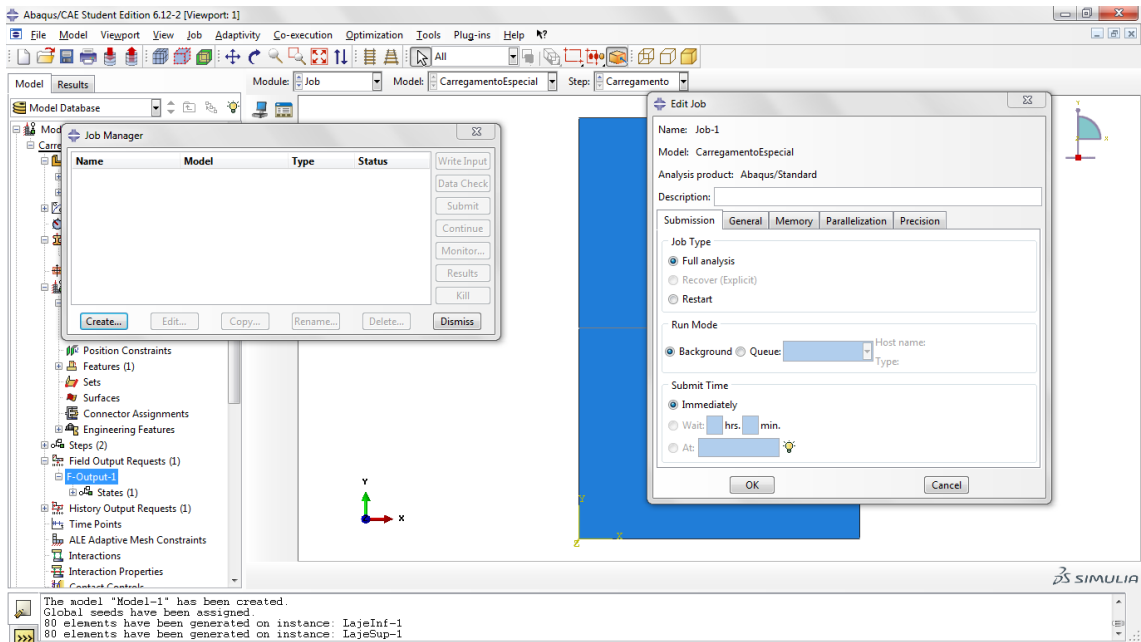


- ✓ No menu model a esquerda, abra Field Output Requests (1), clique com o botão direito em F-Output-1 e clique em Edit. Abra Forces/Reactions, marque SF, Section forces and moments e clique em OK.

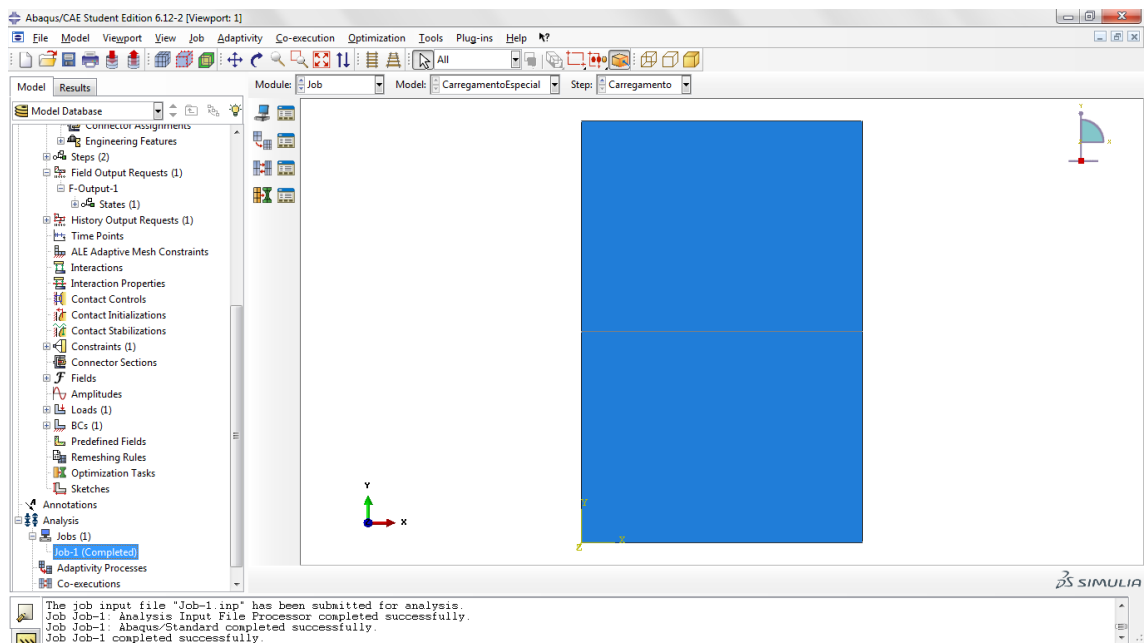


2.3. PROCESSAMENTO

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

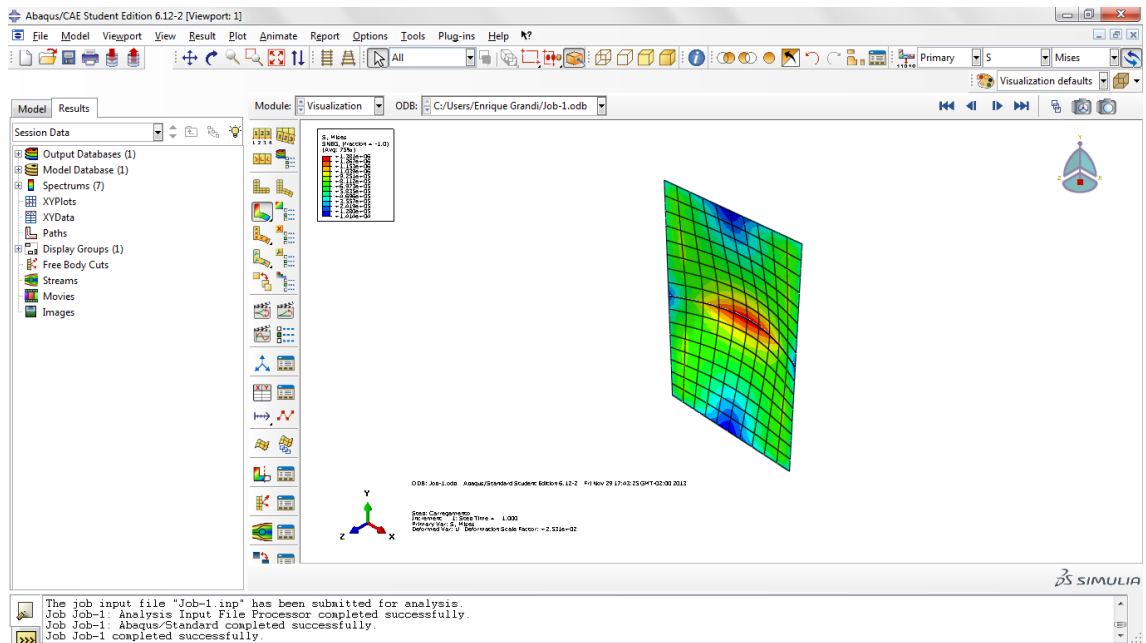


- ✓ **Abra Jobs** e **clique** com o botão direito em **Job-1**. **Clique** em **Submit**. Se aparecer uma janela dizendo “Job files already exist for Job-1. OK to overwrite?”, **clique** **OK**. **Aguarde** o processamento dos dados. Estará concluído quando aparecer “(Completed)” ao lado de **Job-1**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

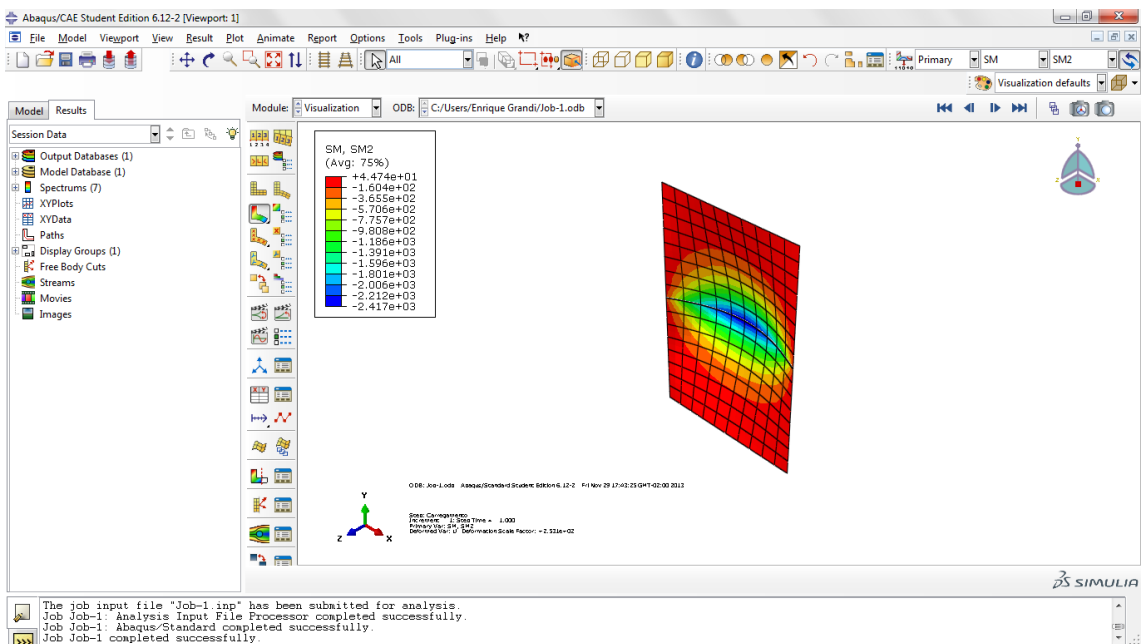


2.4. PÓS-PROCESSAMENTO

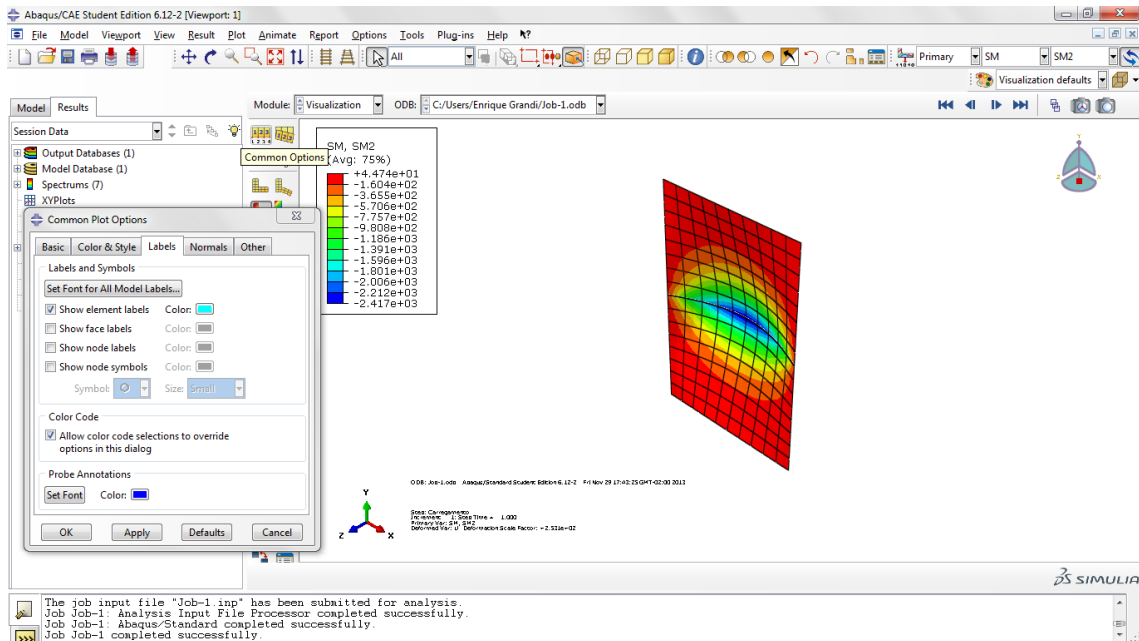
- ✓ No menu **model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Job-1(Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.



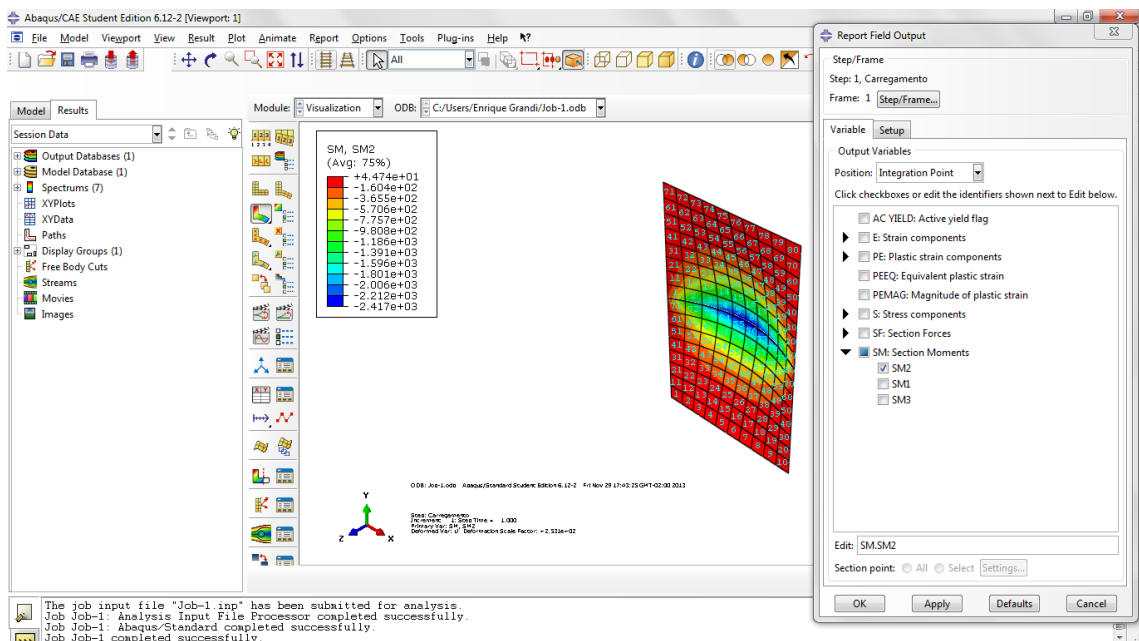
- ✓ Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione SM>SM2**. Na barra de menus principal, **clique** em **Viewport>Viewport Annotation Options...** Na janela aberta, **selecione** a aba **Legend**. **Clique** em **Set Font**. Na nova janela, **altere** **Size** para **14**. **Clique** **OK** nas duas janelas abertas.



- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em Common Options. Na guia Labels **marque** Show element labels. **Clique** em OK.



- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em Report>Field Output. Na janela Report Field Output, **clique** em SM: Section Moments > SM2 e **clique** em Apply. 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.



- ✓ 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**).

2.5. RESULTADOS:

- ✓ Lembre-se de que os valores se encontram em N.m.

abaqus - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

Field Output Report, written Fri Nov 29 17:47:08 2013

Source 1

ODB: C:/Users/Enrique Grandi/job-1.odb
 Step: Carregamento
 Frame: Increment 1: Step Time = 1.000

Loc 1 : Integration point values from source 1
 Output sorted by column "Element Label".
 Field output reported at integration points for part: LAJEINF-1

Element Label	Int PT	SM, S2
1	1	24.0393
1	2	-6.46310
1	3	3.63250
1	4	-11.4554
2	1	-6.73482
2	2	-14.9090
2	3	-7.02268
2	4	-22.5981
3	1	-16.5207
3	2	-21.9299
3	3	-25.9309
3	4	-35.6398
4	1	-24.3424
4	2	-27.0350
4	3	-38.6613
4	4	-44.2850
5	1	-28.2232
5	2	-29.0707
5	3	-46.0741
5	4	-47.9607
6	1	-29.0707
6	2	-28.2232
6	3	-47.9607
6	4	-46.0741
7	1	-27.0350
7	2	-24.3424
7	3	-44.2850
7	4	-38.6613
8	1	-21.9299
8	2	-16.5207
8	3	-35.6398
8	4	-25.9309
9	1	-14.9089
9	2	-6.73482
9	3	-22.5981
9	4	-7.02268

abaqus - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

70	2	-77.3415
70	3	-377.771
70	4	-120.816
71	1	-146.601
71	2	-492.044
71	3	-307.810
71	4	-825.056
72	1	-759.642
72	2	-1.04373E+03
72	3	-1.15805E+03
72	4	-1.47842E+03
73	1	-1.22887E+03
73	2	-1.41897E+03
73	3	-1.68079E+03
73	4	-1.88821E+03
74	1	-1.53267E+03
74	2	-1.64312E+03
74	3	-2.01008E+03
74	4	-2.12737E+03
75	1	-1.69789E+03
75	2	-1.73408E+03
75	3	-2.18523E+03
75	4	-2.22336E+03
76	1	-1.73408E+03
76	2	-1.69789E+03
76	3	-2.22336E+03
76	4	-2.18523E+03
77	1	-1.64312E+03
77	2	-1.53267E+03
77	3	-2.12737E+03
77	4	-2.01008E+03
78	1	-1.41897E+03
78	2	-1.22887E+03
78	3	-1.88821E+03
78	4	-1.68079E+03
79	1	-1.04373E+03
79	2	-759.642
79	3	-1.47842E+03
79	4	-1.15805E+03
80	1	-492.044
80	2	-146.601
80	3	-825.056
80	4	-307.810

Minimum At Element 75
 Int PT 4 -2.22336E+03

Maximum At Element 1
 Int PT 1 24.0393

Total -127.099E+03

abaqus - Blocco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

Field output reported at integration points for part: LAJESUP-1

Element Label	Int Pt	SM, SM2 Bloc 1
1	1	-307.810
1	2	-825.056
1	3	-146.601
1	4	-492.044
2	1	-1.15805E+03
2	2	-1.47842E+03
2	3	-759.642
2	4	-1.04373E+03
3	1	-1.68079E+03
3	2	-1.88821E+03
3	3	-1.22887E+03
3	4	-1.41897E+03
4	1	-2.01008E+03
4	2	-2.12737E+03
4	3	-1.53267E+03
4	4	-1.64312E+03
5	1	-2.18523E+03
5	2	-2.22336E+03
5	3	-1.69789E+03
5	4	-1.73408E+03
6	1	-2.22336E+03
6	2	-2.18523E+03
6	3	-1.73408E+03
6	4	-1.69789E+03
7	1	-2.12737E+03
7	2	-2.01008E+03
7	3	-1.64312E+03
7	4	-1.53267E+03
8	1	-1.88821E+03
8	2	-1.68079E+03
8	3	-1.41897E+03
8	4	-1.22887E+03
9	1	-1.47842E+03
9	2	-1.15805E+03
9	3	-1.04373E+03
9	4	-759.642
10	1	-825.056
10	2	-307.810
10	3	-492.044
10	4	-146.601
11	1	-120.816
11	2	-377.771
11	3	-77.3415
11	4	-253.786
12	1	-575.501
12	2	-813.082
12	3	-401.347
12	4	-573.891
13	1	-969.407

abaqus - Blocco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

70	4	-5.15132
71	1	3.63250
71	2	-11.4554
71	3	24.0393
71	4	-6.46510
72	1	-7.02268
72	2	-22.5981
72	3	-6.75482
72	4	-14.9090
73	1	-25.9309
73	2	-35.6398
73	3	-16.5207
73	4	-21.9299
74	1	-38.6613
74	2	-44.2850
74	3	-24.3424
74	4	-27.0350
75	1	-46.0741
75	2	-47.9607
75	3	-28.2232
75	4	-29.0707
76	1	-47.9607
76	2	-46.0741
76	3	-29.0707
76	4	-28.2232
77	1	-44.2850
77	2	-38.6613
77	3	-27.0350
77	4	-24.3424
78	1	-35.6398
78	2	-25.9309
78	3	-21.9299
78	4	-16.5207
79	1	-22.5981
79	2	-7.02268
79	3	-14.9089
79	4	-6.75482
80	1	-11.4554
80	2	3.63250
80	3	-6.46511
80	4	24.0392

Minimum		-2.22336E+03
At Element		5
Int Pt		2
Maximum		24.0393
At Element		71
Int Pt		3
Total		-127.099E+03