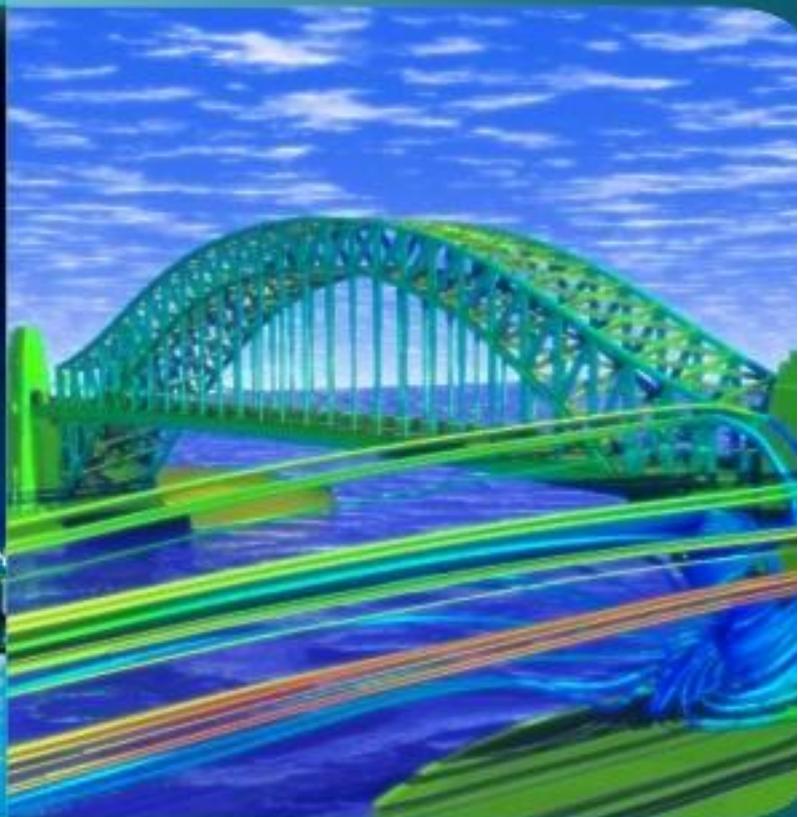




**2010**

**Método dos  
Elementos  
Finitos Aplicados à  
Engenharia de  
Estruturas**



**Prof<sup>a</sup>. Mildred B. Hecke  
Universidade Federal do Paraná  
Versão 1.0.0.0**



**ESCADA HELICOIDAL**

## ESCADA HELICOIDAL

### INTRODUÇÃO

Apresenta-se a seguir o esquema de uma escada helicoidal em balanço que será analisada utilizando-se o programa ANSYS.

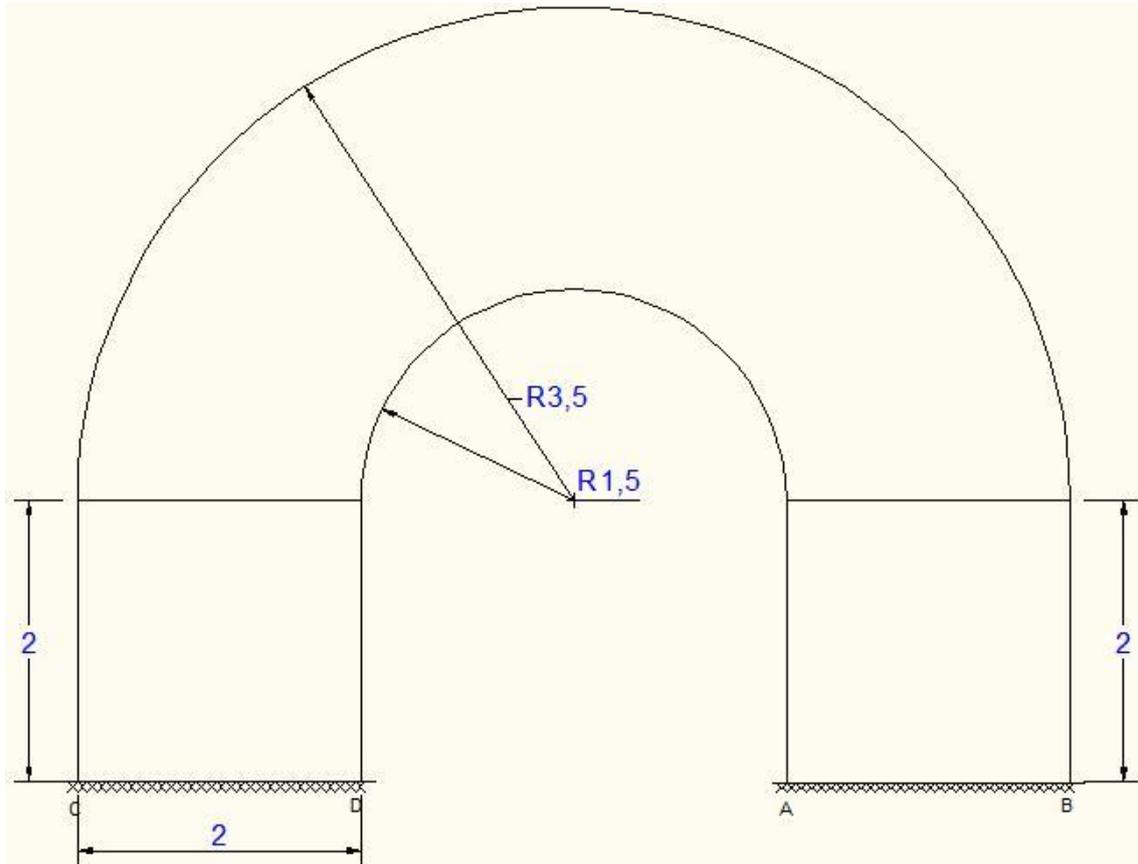


Figura 1 – Esquema da escada em balanço.

### PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- Espessura da laje: 0.35 m;
- OBS: O bordo CD está 1,90 m acima do bordo AB – Inclinação 15%.

### PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- $E_X = 1.5E6 \text{ tf/m}^2$ ;
- $\nu_{X,Y} = 0.2$ .

### CARGA

- Carregamento nos lances:  $P_1 = 1.275 \text{ tf/m}^2$ ;

A

## 1. INÍCIO DA ANÁLISE

### 1.1. *Introduz o título do problema a ser resolvido:*

- ✓ No ANSYS Utility Menu clicar em “File” e acessar a opção “Change Title...”;
- ✓ Na nova janela que aparecer, digitar novo título: “**Escada Helicoidal**”;
- ✓ Clicar em OK.

### 1.2. *Altera o nome dos arquivos:*

- ✓ No ANSYS Utility Menu clicar em file e acessar a opção “Change Jobname...”;
- Na nova janela que aparecer, digitar novo nome do arquivo: “**helicoidal**”;
- ✓ Clicar em OK.

### 1.3. *Escolhe o tipo de análise que se pretende executar, visando filtrar comandos a serem apresentados na telas de entrada:*

- ✓ No ANSYS Main Menu clicar em “Preferences”;
- ✓ Na nova janela que aparecer, em “Discipline for filtering GUI Topics”, selecionar a opção “Structural”;
- ✓ Clicar em OK.

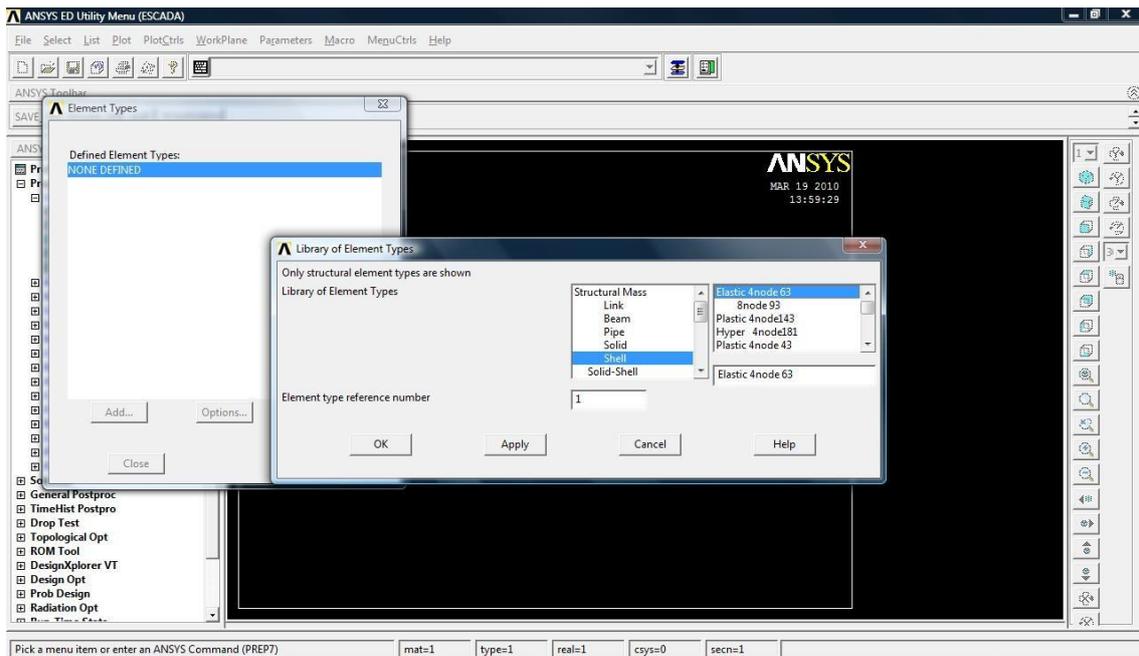
## 2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

- ✓ No ANSYS Main Menu, clicar em “Preprocessor”.

B

### 2.1. *Escolhe o tipo de elemento finito que será usado:*

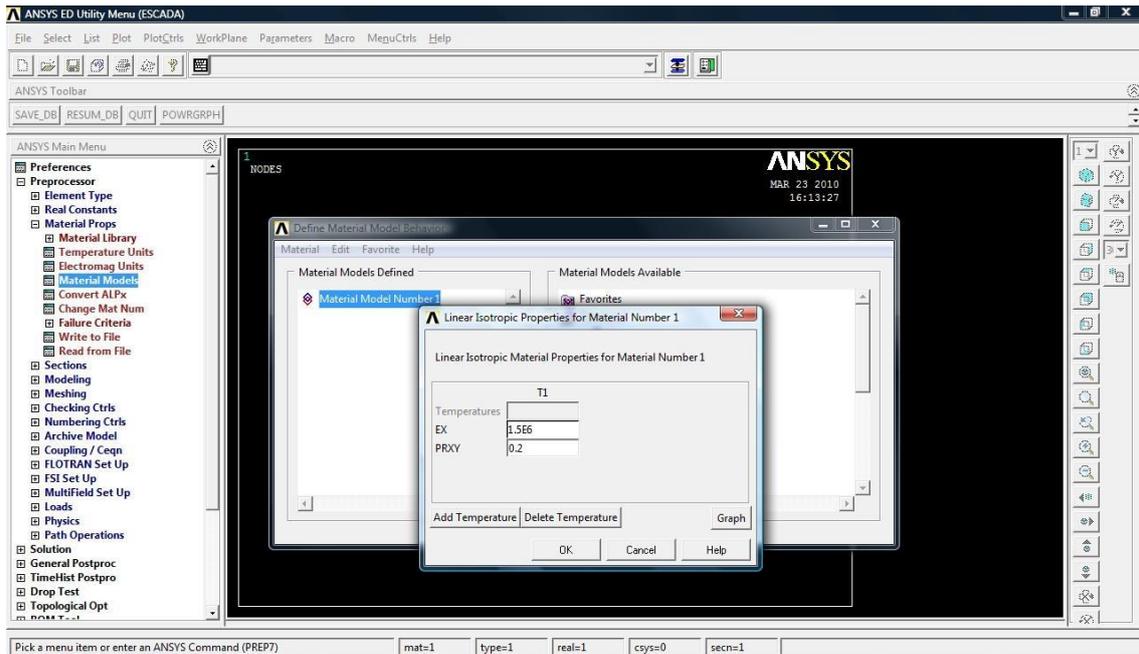
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Element Type”;
- ✓ Dentro do “Element Type”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para selecionar um novo elemento.
- ✓ Outra janela se abrirá, então no “Library of Element Types” selecionar o elemento “**Structural Shell**”, “**Elastic 4node63**” e clicar em “OK”;
- ✓ Fechar a janela “Element Types”.



C

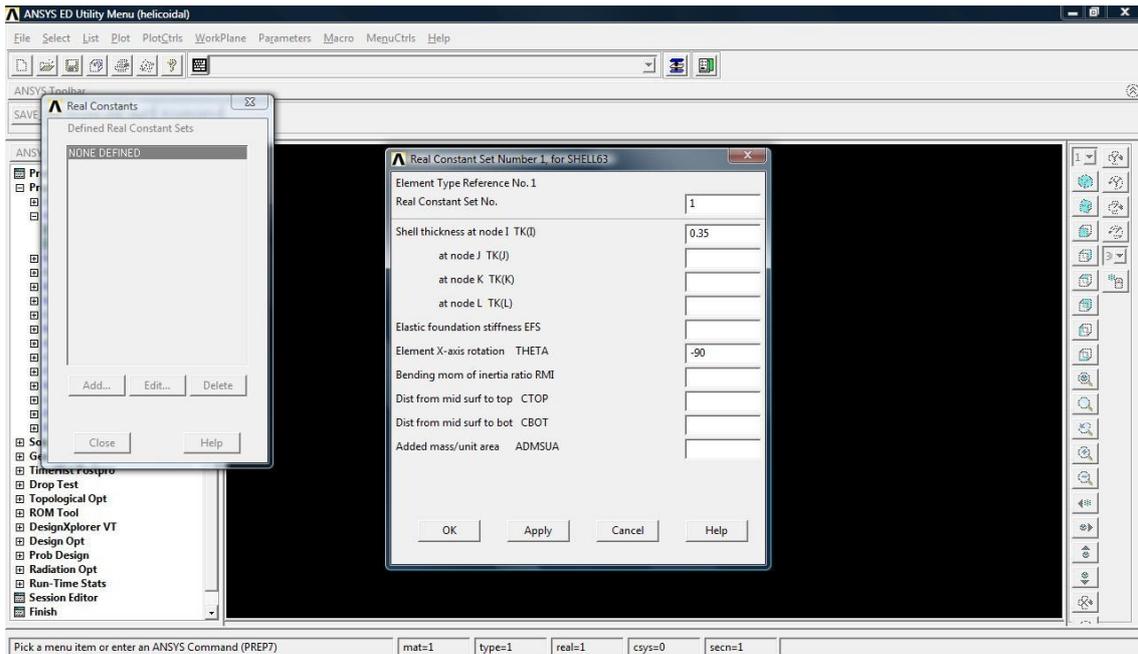
## 2.2. **Define as propriedades do material:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”, “Material Models”;
- ✓ Na nova janela que abrir, para o “Material Model Number 1”, no quadro “Material Models Available” selecionar: “Structural>Linear>Elastic>Isotropic”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
- ✓ A janela “Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1” irá abrir. Inserir na lacuna “EX” o valor referente ao Módulo de Elasticidade do material e na lacuna PRXY o valor do Coeficiente de Poisson e clicar em “OK”:
  - EX = **1.5E6**;
  - PRXY = **0.2**;
- ✓ Fechar a janela “Define Material Model Behavior”.

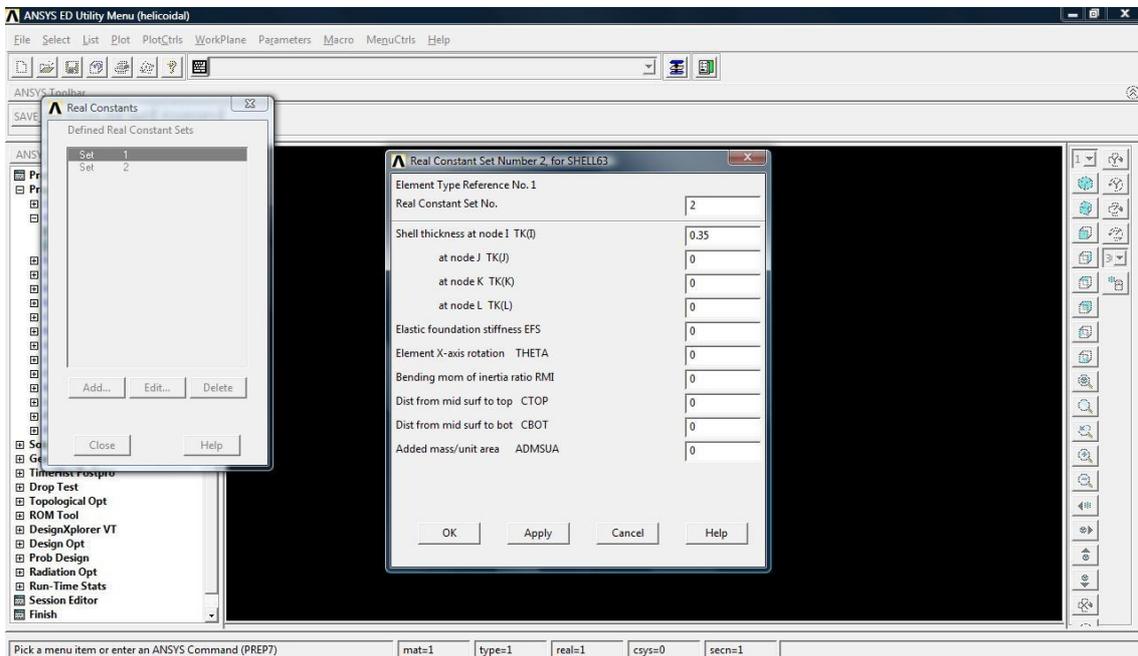


### 2.3. Define Constantes Geométricas:

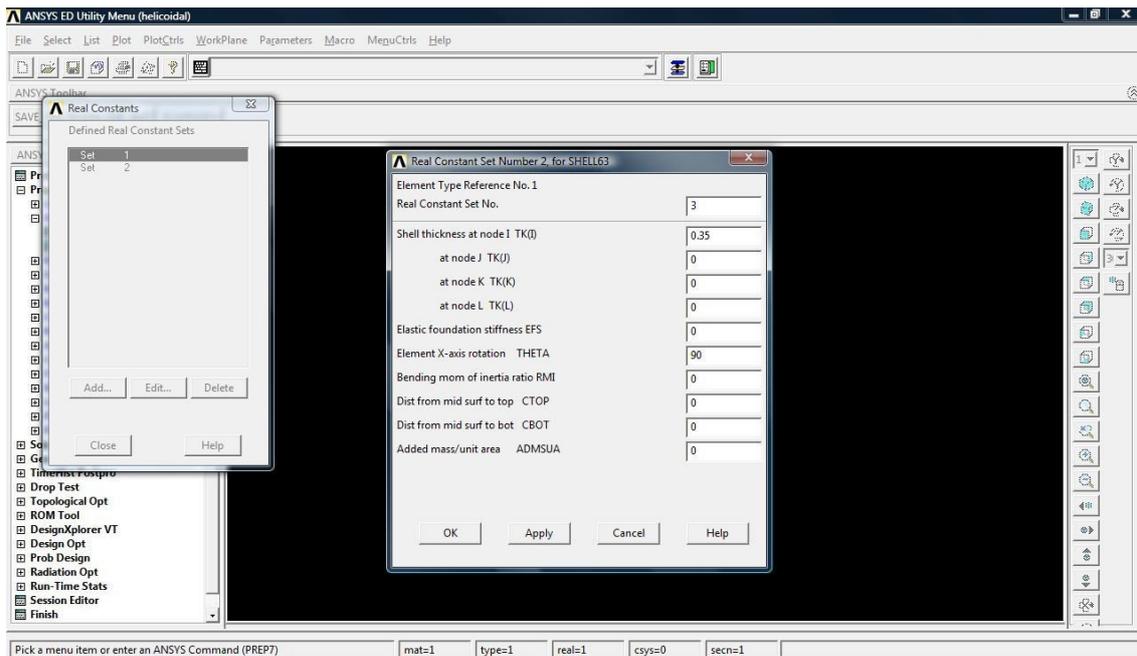
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Real Constants”;
- ✓ Dentro do “Real Constants”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para adicionar novas constantes geométricas;
- ✓ Uma nova janela se abrirá então selecionar o tipo de elemento em “Choose element type” e clicar em OK;
- ✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for “SHELL 63” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. = 1
  - Shell Thickness TK(I) = 0.35
  - Element X-axis rotation THETA = -90
- ✓ Clicar em “APPLY”.



- ✓ A janela “Real Constants Set Number 2, for “SHELL 63” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. = 2
  - Shell Thickness TK(I) = 0.35
  - Element X-axis rotation THETA = 0
- ✓ Clicar em “APPLY”.



- ✓ A janela “Real Constants Set Number 3, for “SHELL 63” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. = 3
  - Shell Thickness TK(I) = 0.35
  - Element X-axis rotation THETA = 90
- ✓ Clicar em “APPLY”.



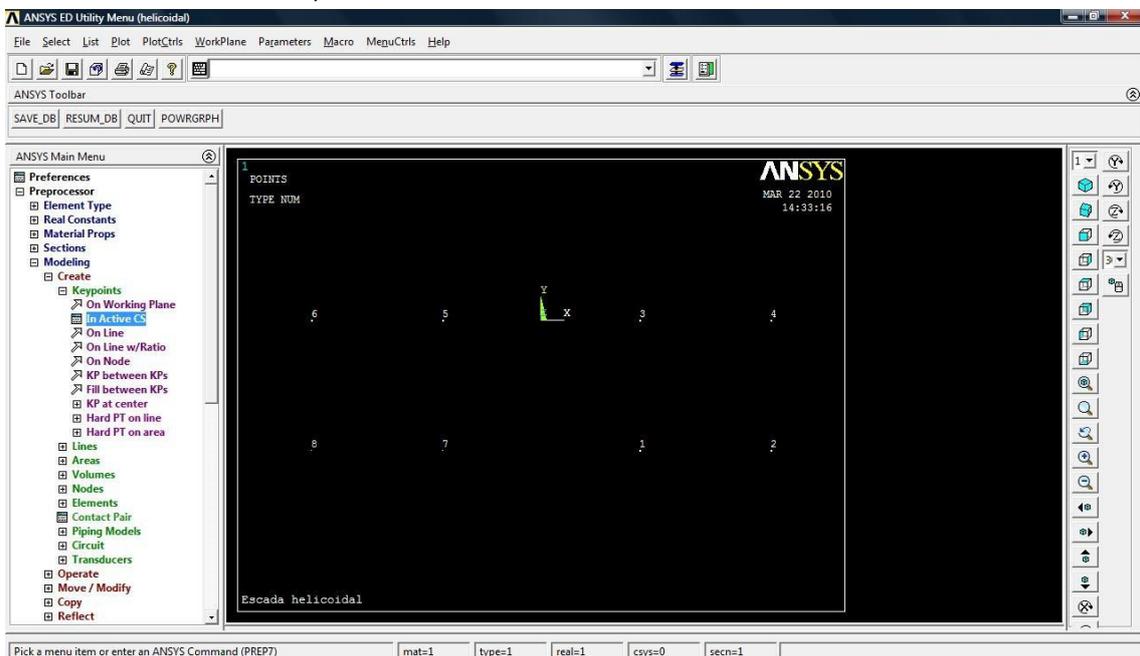
D

## 2.4. Cria o modelo geométrico:

### 2.4.1. Cria o modelo geométrico:

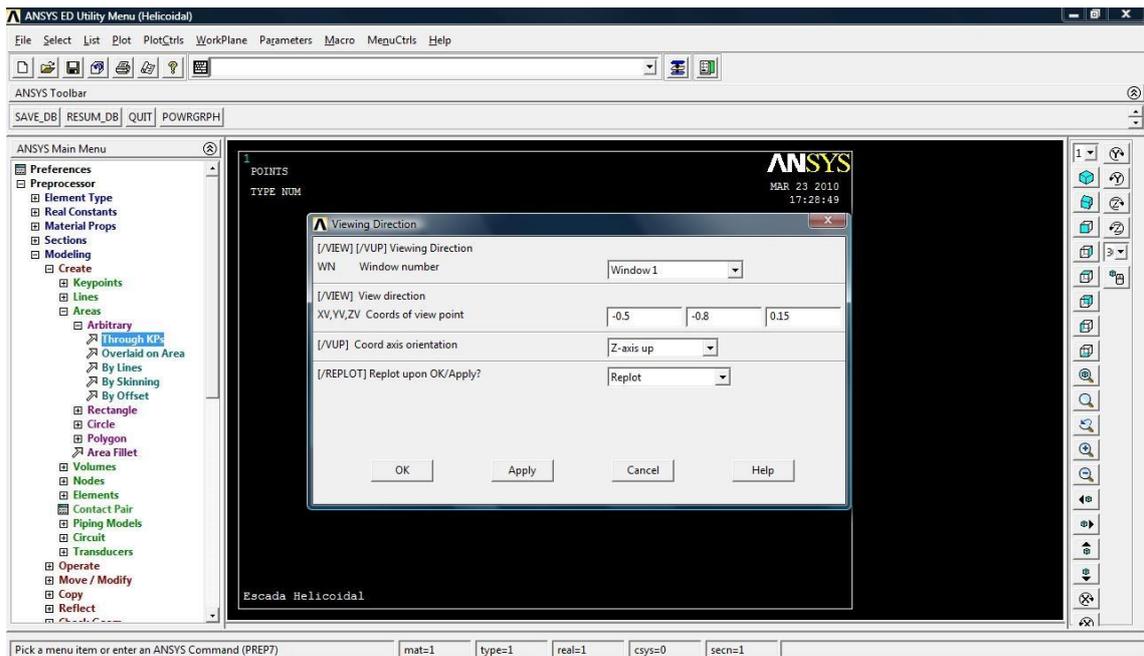
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Keypoints”, “In Active CS”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir um número para o keypoint que será criado em “NPT” e as coordenadas X e Y;
- ✓ Para criar o primeiro keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **1**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 1.5      Y = -2      Z = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **2**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 3.5      Y = -2      Z = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **3**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 1.5      Y = 0      Z = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **4**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 3.5      Y = 0      Z = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **5**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = -1.5      Y = 0      Z = 1.9**;

- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **6**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = -3.5    Y = 0    Z = 1.9**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **7**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = -1.5    Y = -2    Z = 1.9**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **8**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = -3.5    Y = -2    Z = 1.9**;
- ✓ Clicar em “OK”;

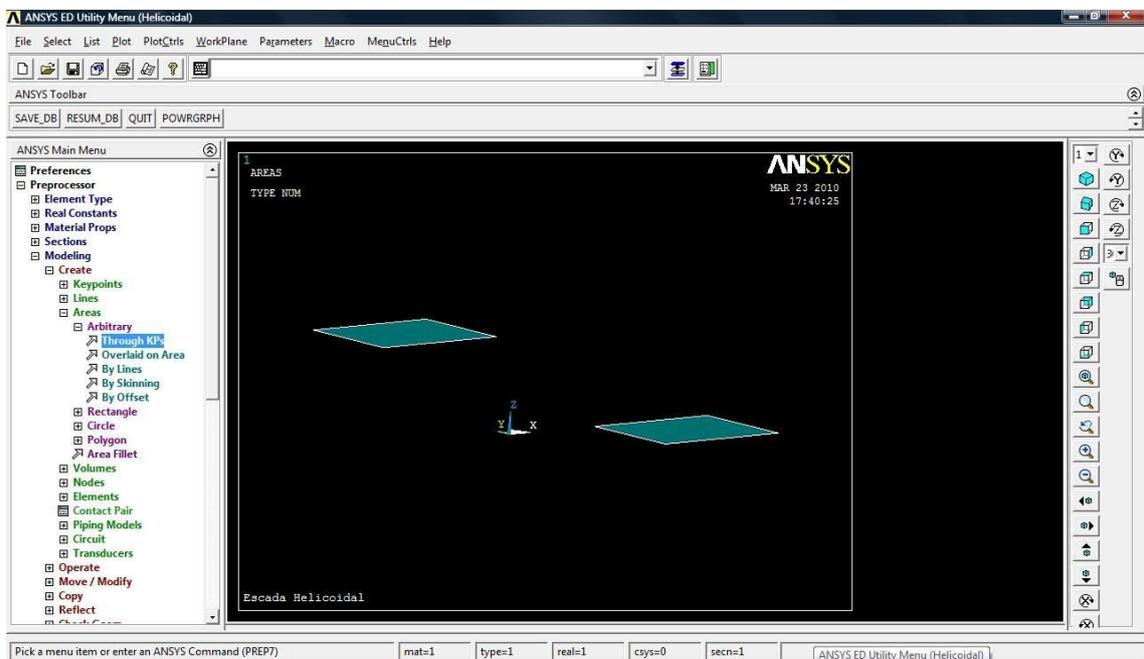


#### 2.4.2. Direção da visualização:

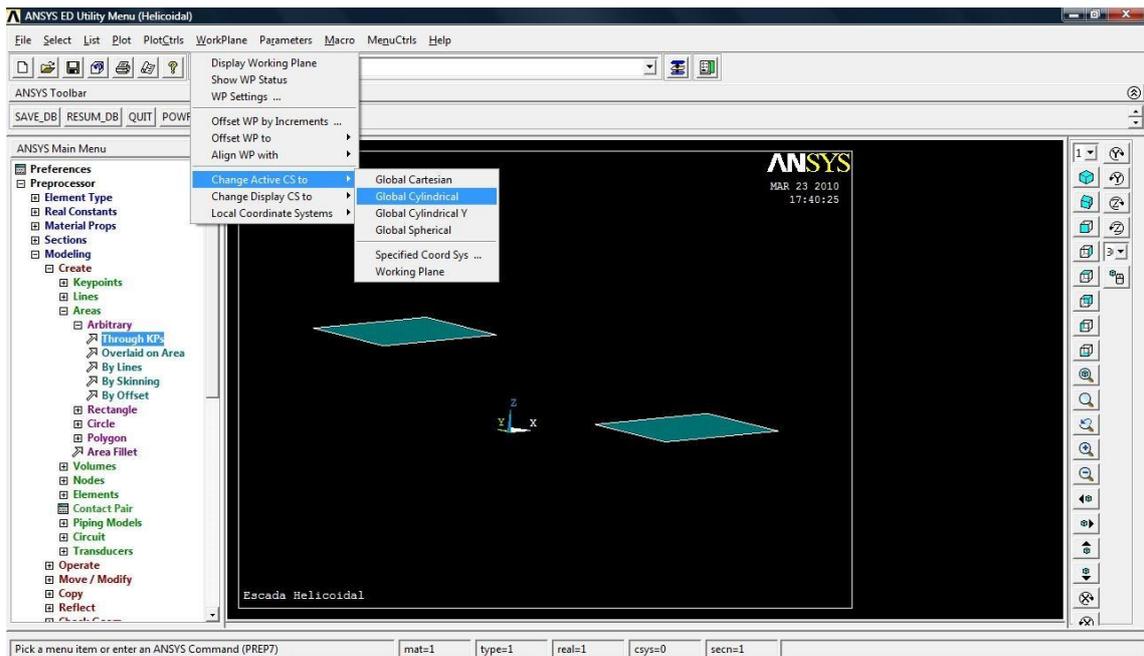
- ✓ Para mudar a direção da visualização ir no “Utility Menu”, “PlotCtrls”, “View Settings”, “View Direction”;
- ✓ Na nova janela inserir:
  - [/VIEW] View direction:
  - XV, YV, ZV Coords of view point **-0.5   -0.8   0.15**
  - [/VUP] Coord axis orientation **Z-Axis up**
- ✓ Clicar em “OK”



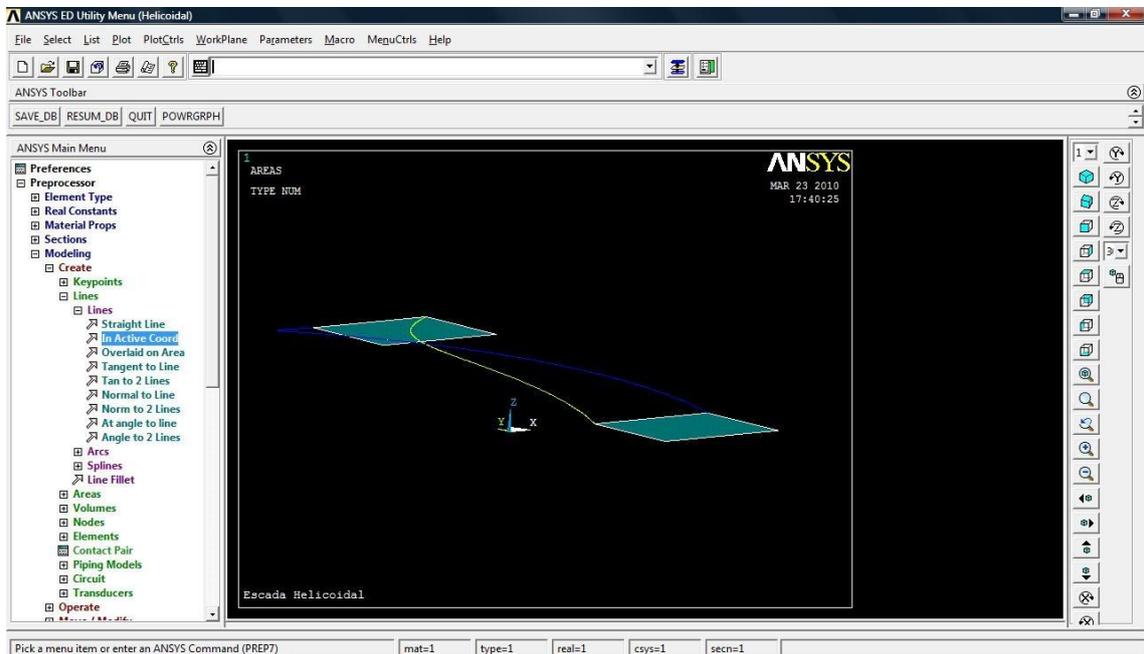
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Area”, “Arbitrary”, “Through KPs”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints **2, 4, 3 e 1**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints **7, 5, 6 e 8**;
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No “Ansys Utility Menu”, selecionar “Work Plane”, “Change Active CS to”, “**Global Cilindrical**” para mudar do sistema de coordenadas cartesiano para o polar;

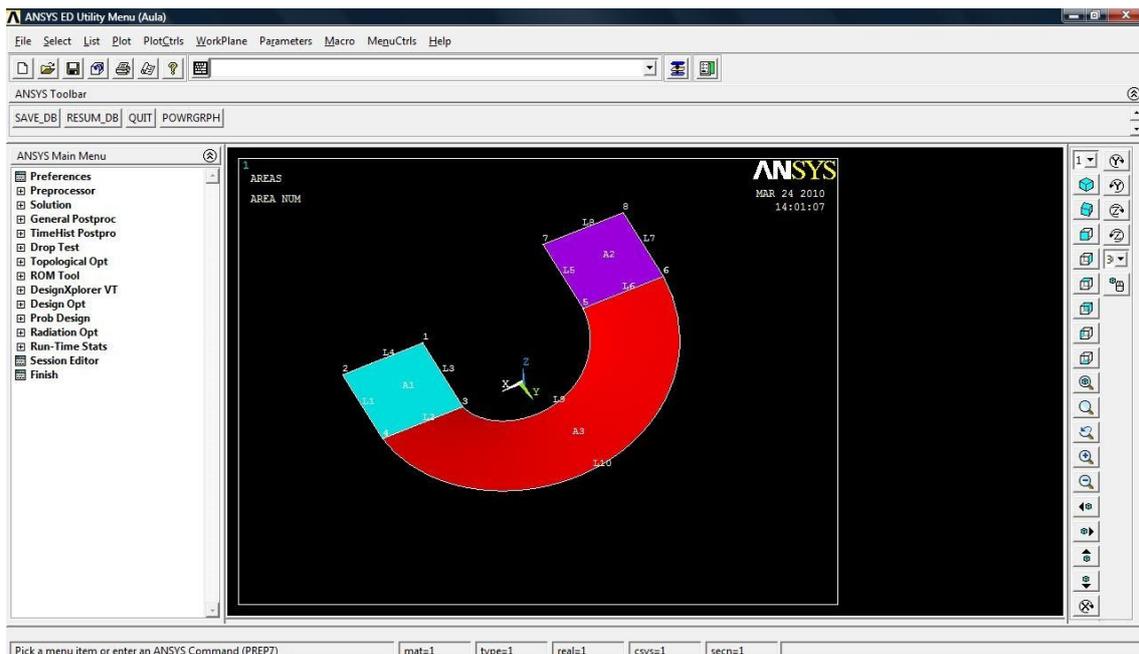
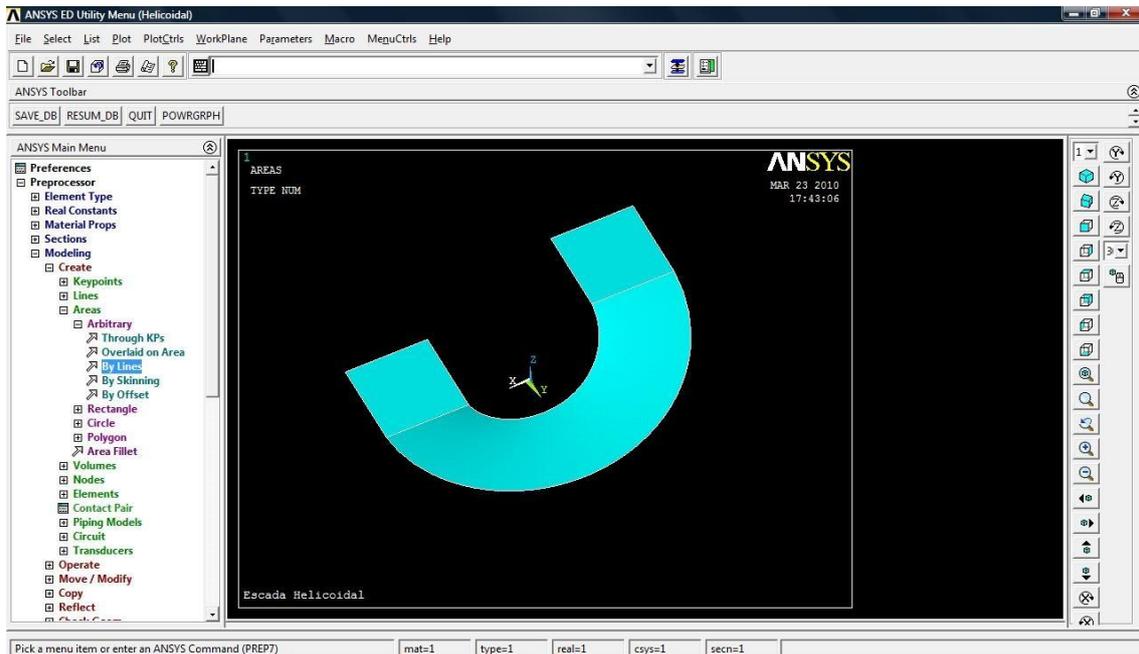


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Line”, “In Active Coordinate”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints 3 e 5;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints 4 e 6;
- ✓ Clicar em “OK”;



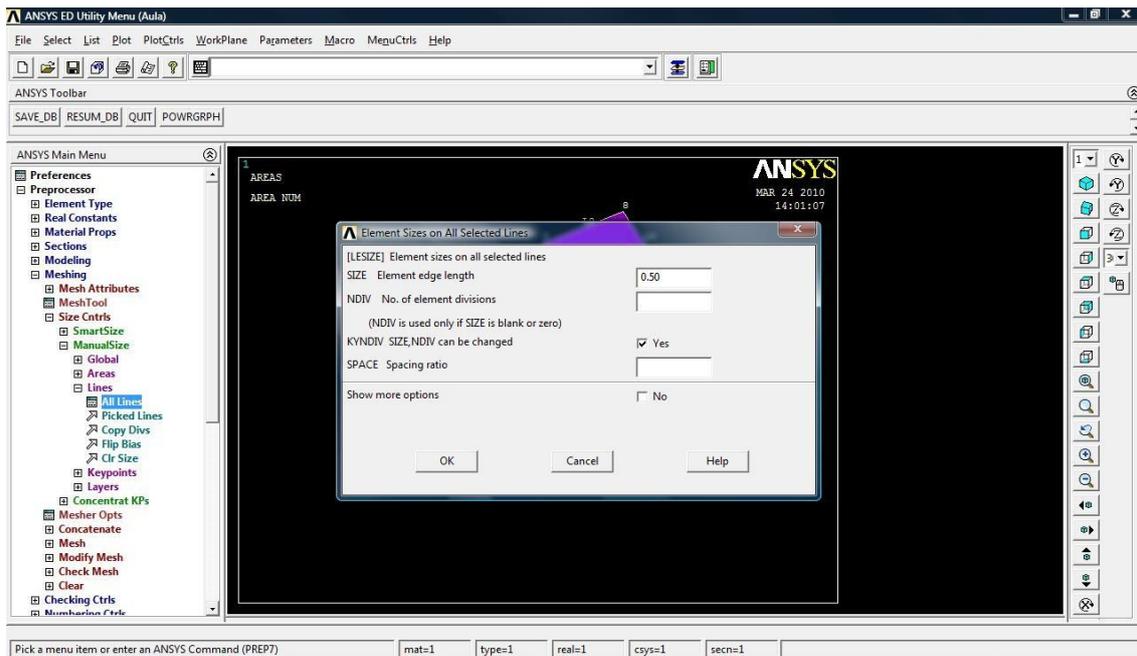
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Area”, “Arbitrary”, “Through Lines”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar as lines 10, 6, 9 e 2;
- ✓ Clicar em “OK”;

- ✓ Uma mensagem aparecerá informando que a área criada não é plana (warning);



### 2.4.3. Define tamanho dos elementos da malha:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “SizeCtrls”, “Manual Size”, “Lines”, “All Lines”;
- ✓ Na nova janela inserir:
  - SIZE Element edge length **0.50**
- ✓ Clicar em “OK”.

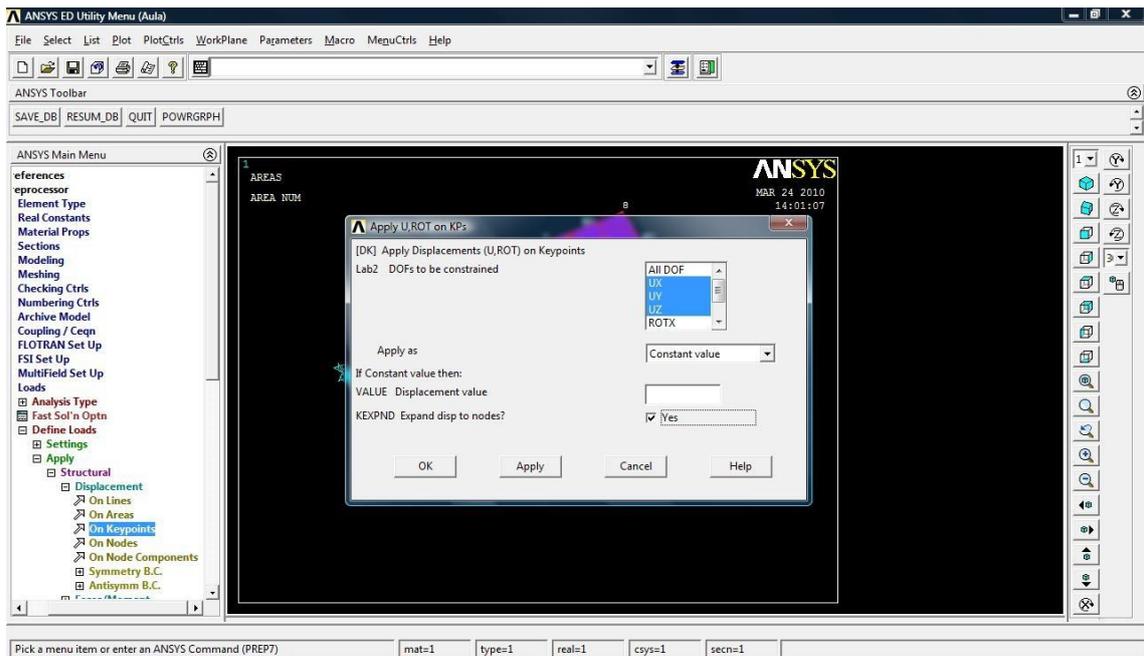


E

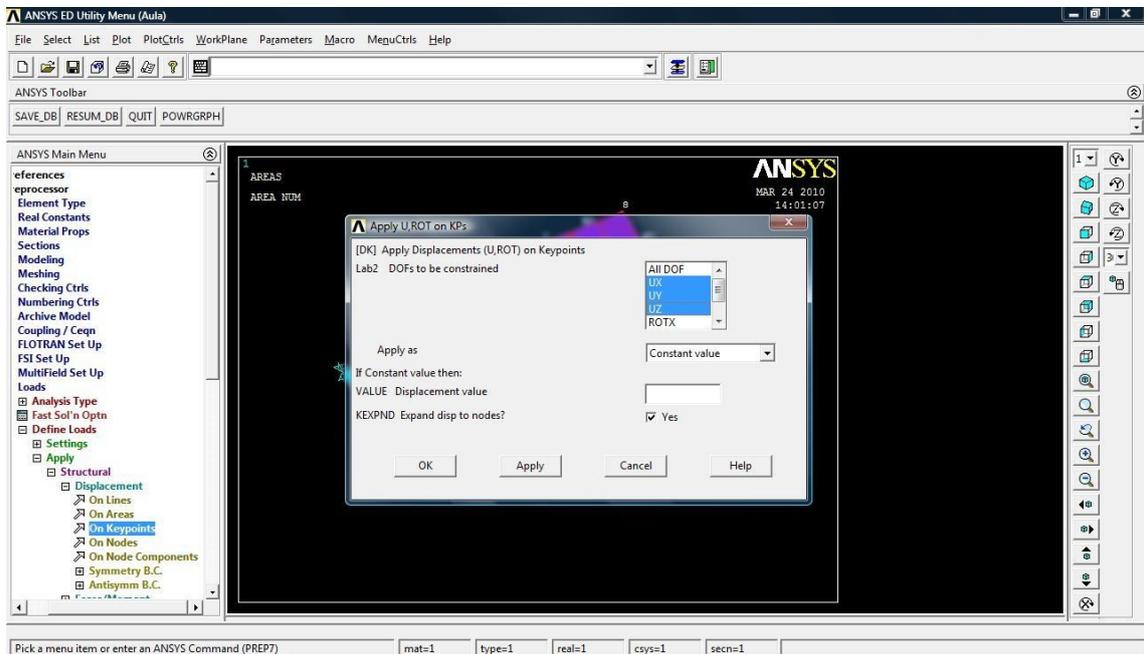
## 2.5. Aplicar as condições de contorno na modelagem sólida:

### 2.5.1. Fornece condição de contorno:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Keypoints”;
- ✓ Apontar os Keypoints **1 e 2** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “**UX, UY e UZ**”;
- ✓ Não esquecer de ligar o comando KEXPND:
  - KEXPND **Yes**
- ✓ Clicar em “APPLY”;



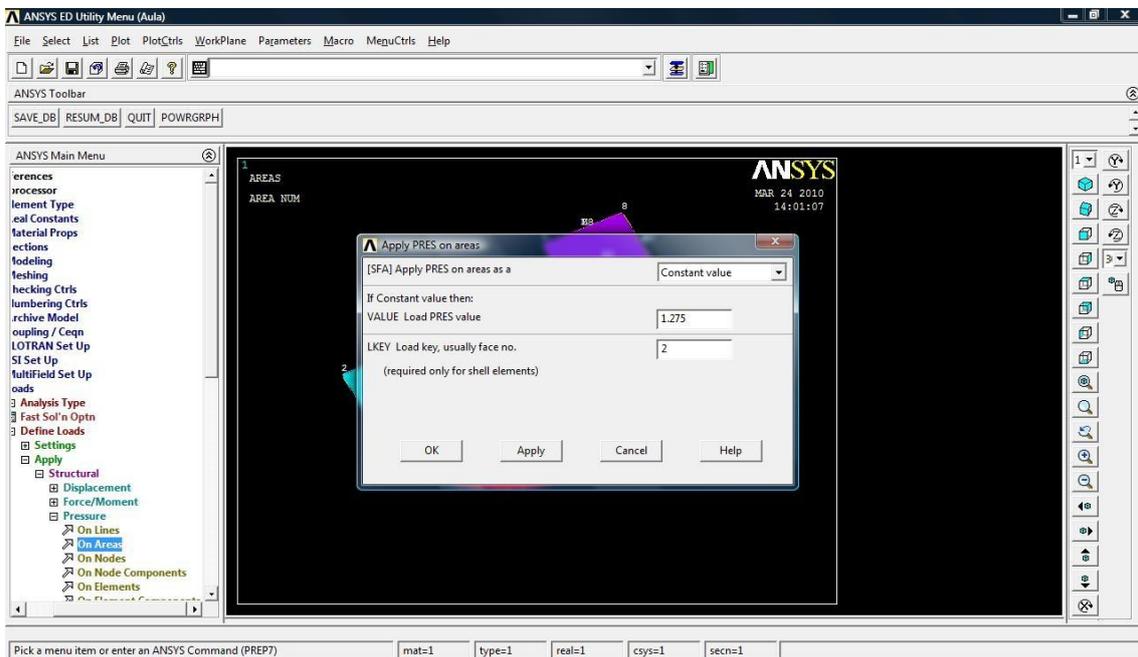
- ✓ Apontar os Keypoints 7 e 8 e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “UX, UY e UZ”;
- ✓ Não esquecer de ligar o comando KEXPND:
  - KEXPND Yes
- ✓ Clicar em “OK”;



### 2.5.2. Aplicar as cargas:

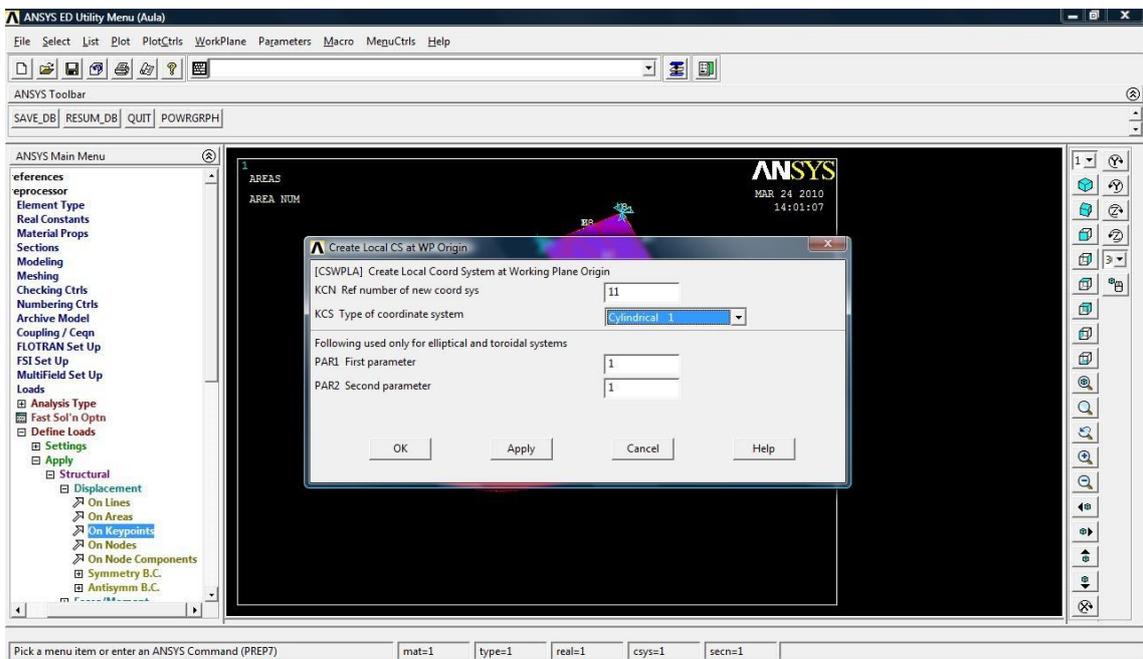
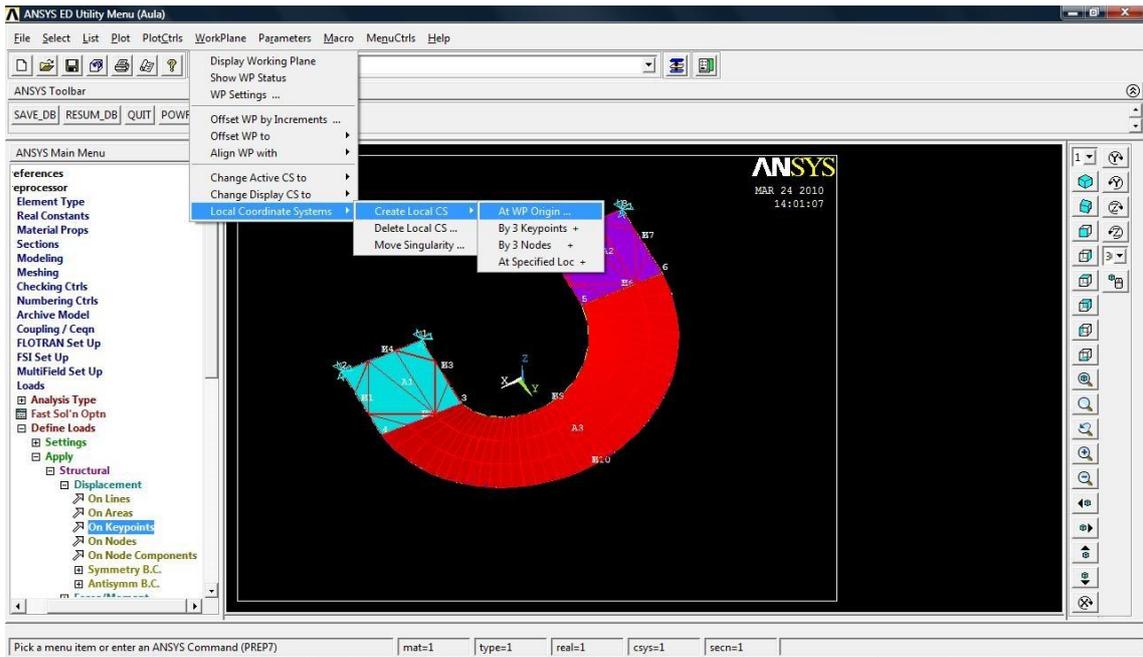
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Pressure”, “On Areas”;
- ✓ Clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na nova janela inserir o valor da carga a ser distribuída na área:

- VALUE           **1.275;**
- LKEY             **2**
- ✓ Clicar em “OK”;



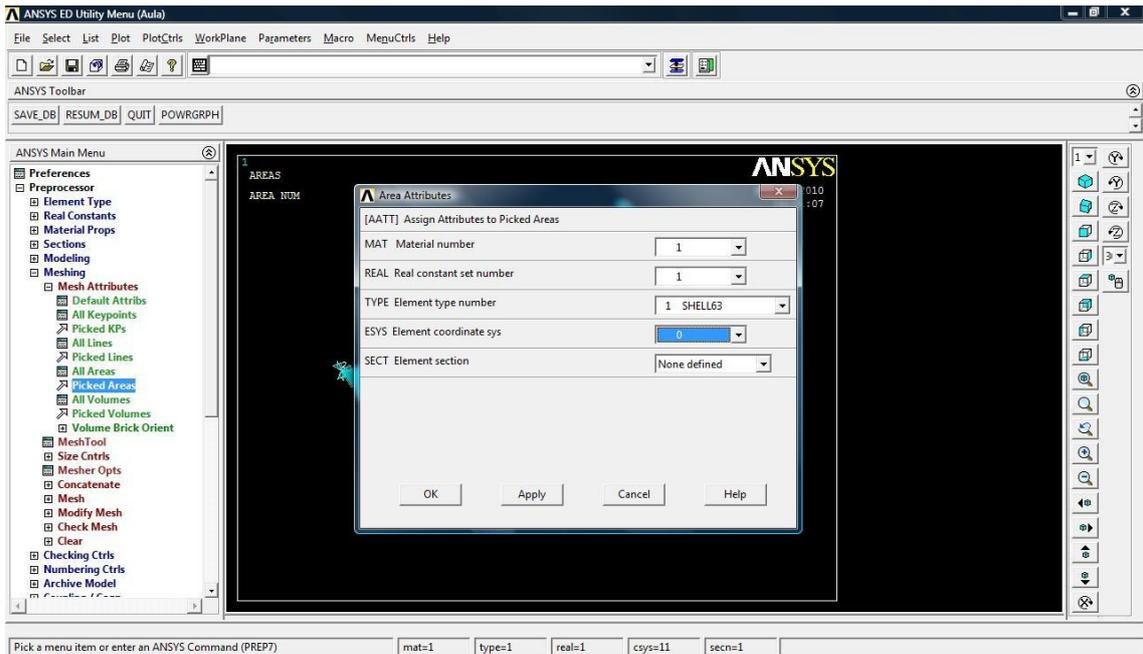
### 2.5.3. Forçar a geração dos elementos no sistema de eixos global:

- ✓ No “Utility Menu”, ir em “Work Plane”, “Local Coordinate System”, “Create Local CS”, “at WP Origin” para criar um sistema de coordenadas;
- ✓ Na nova janela, inserir:
  - KCN Ref Number of new coord sys                                   **11**
  - KCS Type of coordinate system   **Cilindrica 1**
- ✓ Clicar em “OK”

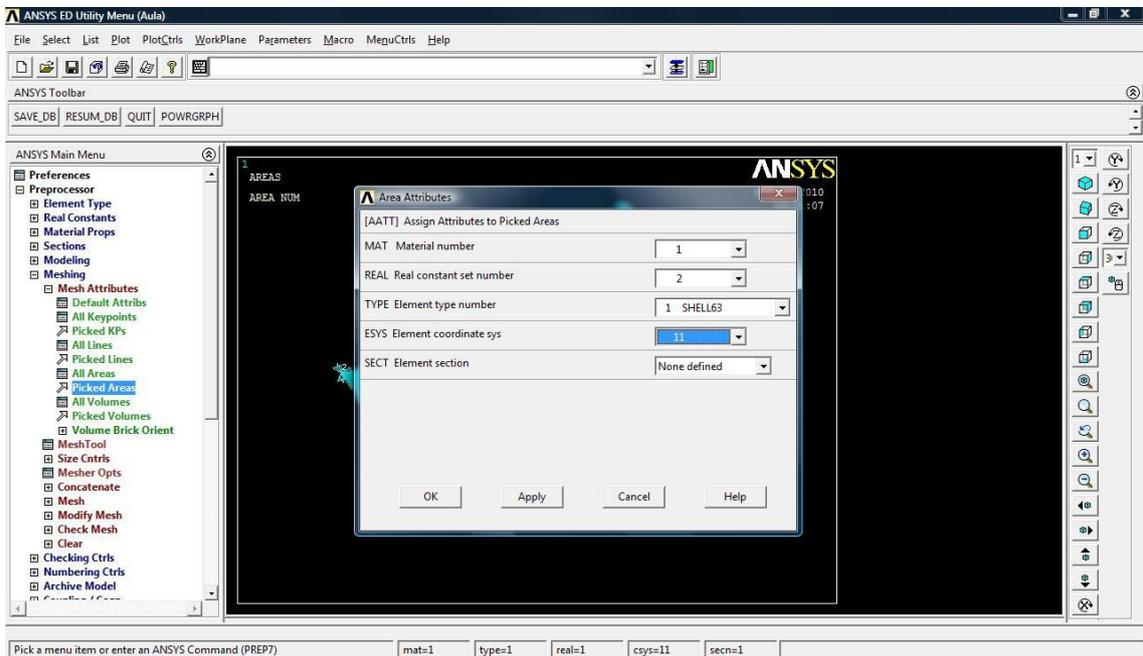


#### 2.5.4. Relaciona propriedades com as áreas:

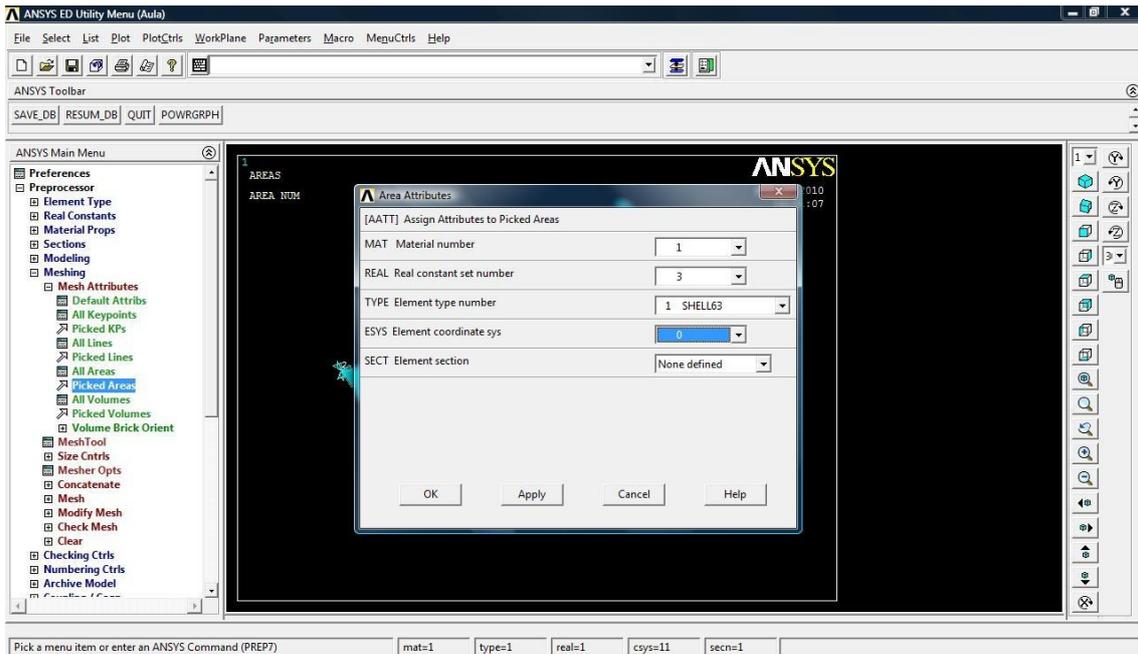
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh Attributes”, “Picked Areas”;
- ✓ Selecionar a área 1;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - REAL Real constant set number = 1
  - ESYS Elem coordinate sys = 0
- ✓ Clicar em “APPLY”



- ✓ Selecionar a área 3;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - REAL Real constant set number = 2
  - ESYS Elem coordinate sys = 11
- ✓ Clicar em “APPLY”



- ✓ Selecionar a área 2;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - REAL Real constant set number = 3
  - ESYS Elem coordinate sys = 0
- ✓ Clicar em “OK”;



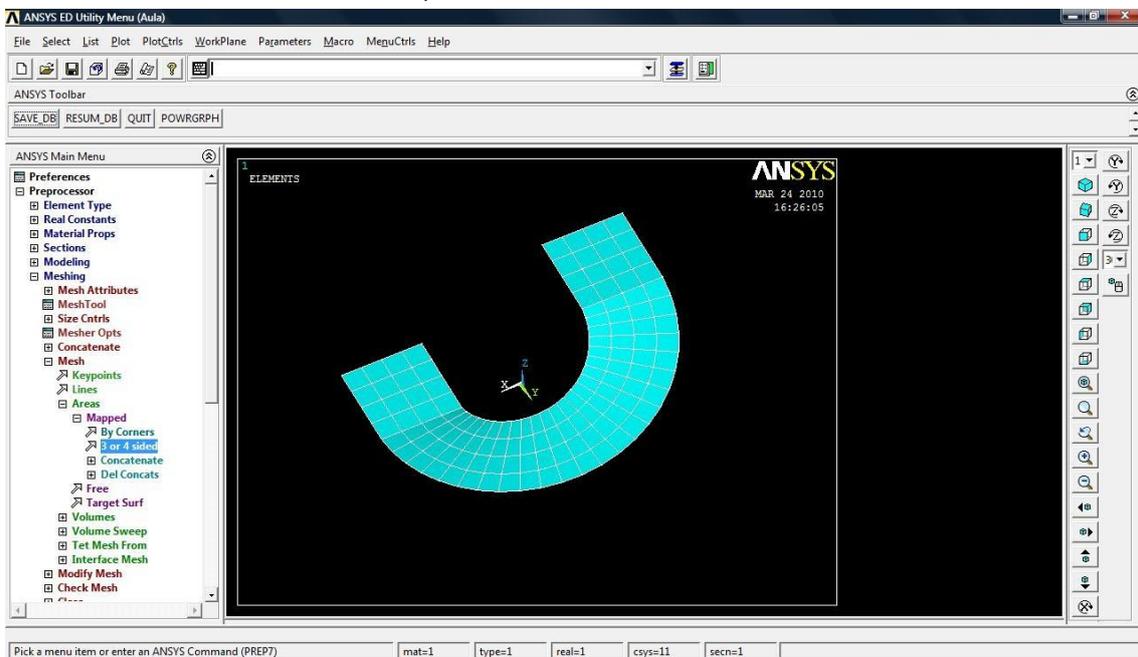
### 2.5.5. Salvando dados no arquivo helicoidal.db

- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE\_DB”.

F

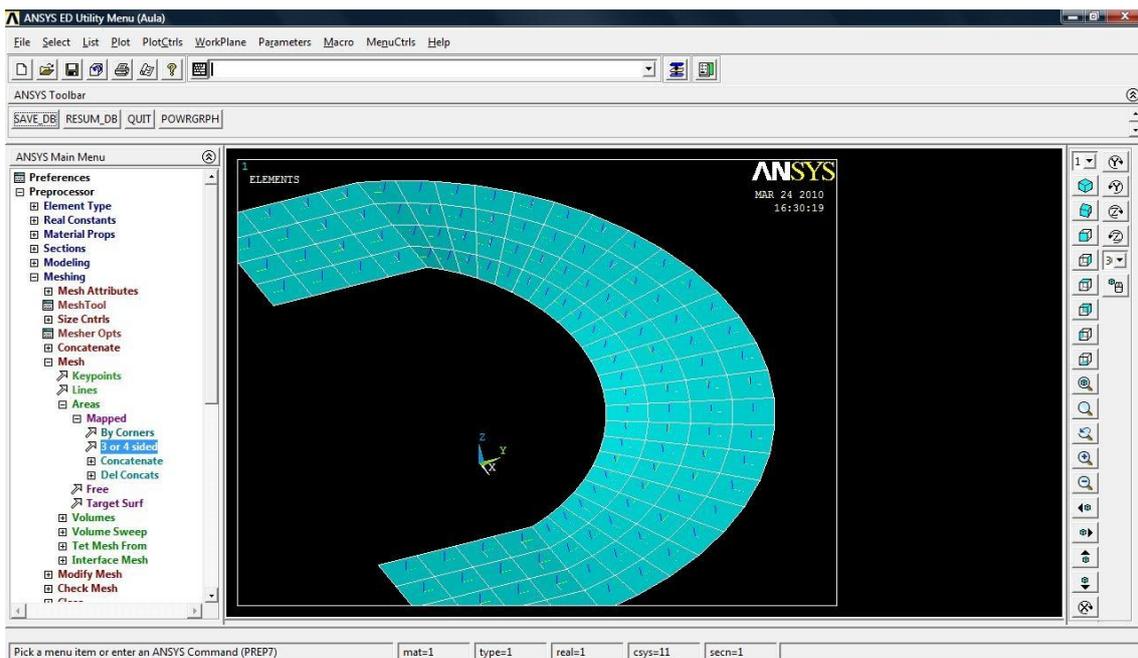
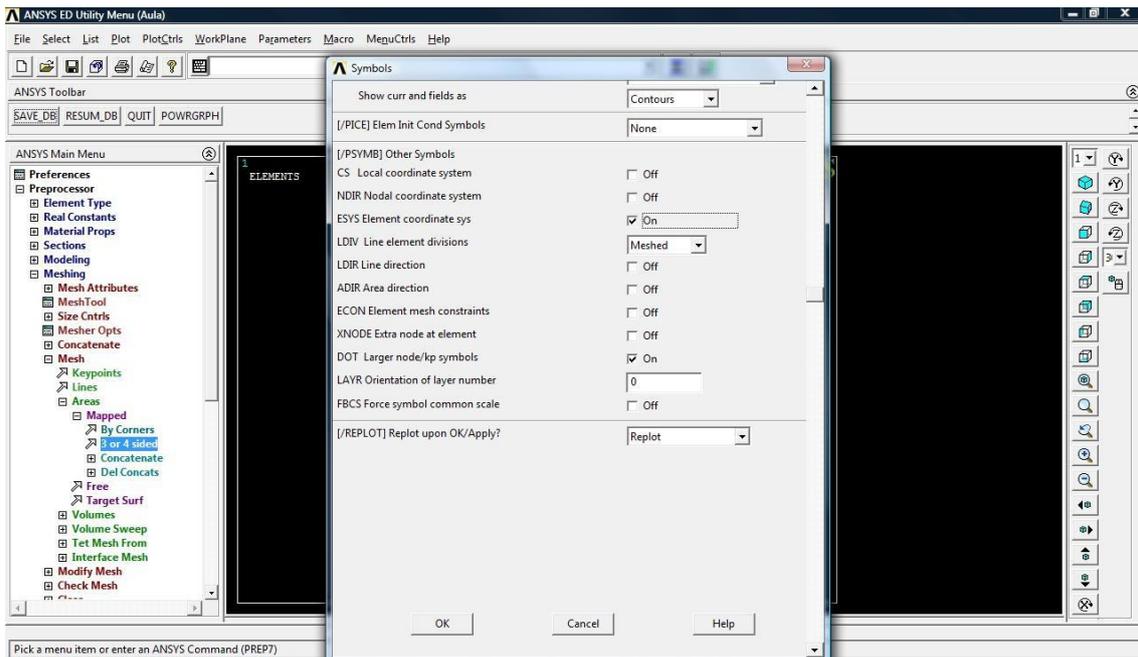
### 2.6. Gera a malha de elementos finitos:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh”, “Areas Mapped + 3 or 4 sides”;
- ✓ Selecionar “PICK ALL”;



- ✓ Para plotar a direção dos elementos, ir no “Utility Menu” e selecionar “PlotCtrls”, “Symbols”;
- ✓ Na nova janela selecionar a opção:
  - ESYS Element Coordinate Sys **ON**;

- ✓ Clicar em “OK”.



- ✓ Na malha com eixos locais, ficam evidentes que os eixos locais dos elementos foram gerados coincidindo com o eixo global;

G

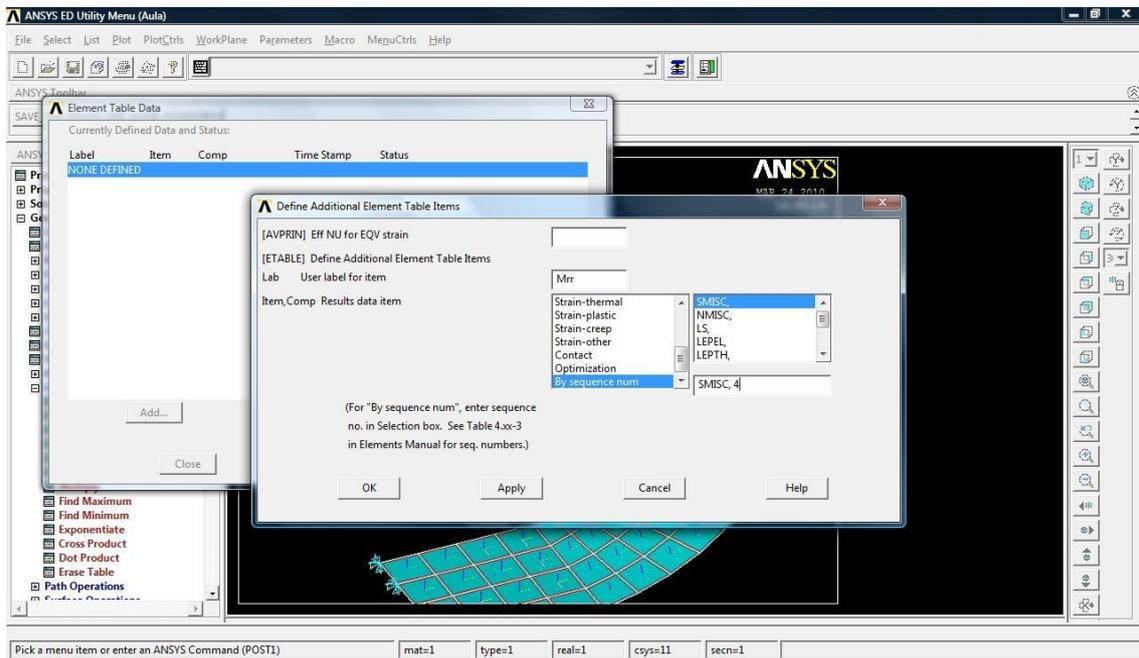
### 3. SOLUÇÃO

- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Solve”, “Current LS”;
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Na janela “Information: Solution is done” clicar em “CLOSE”.

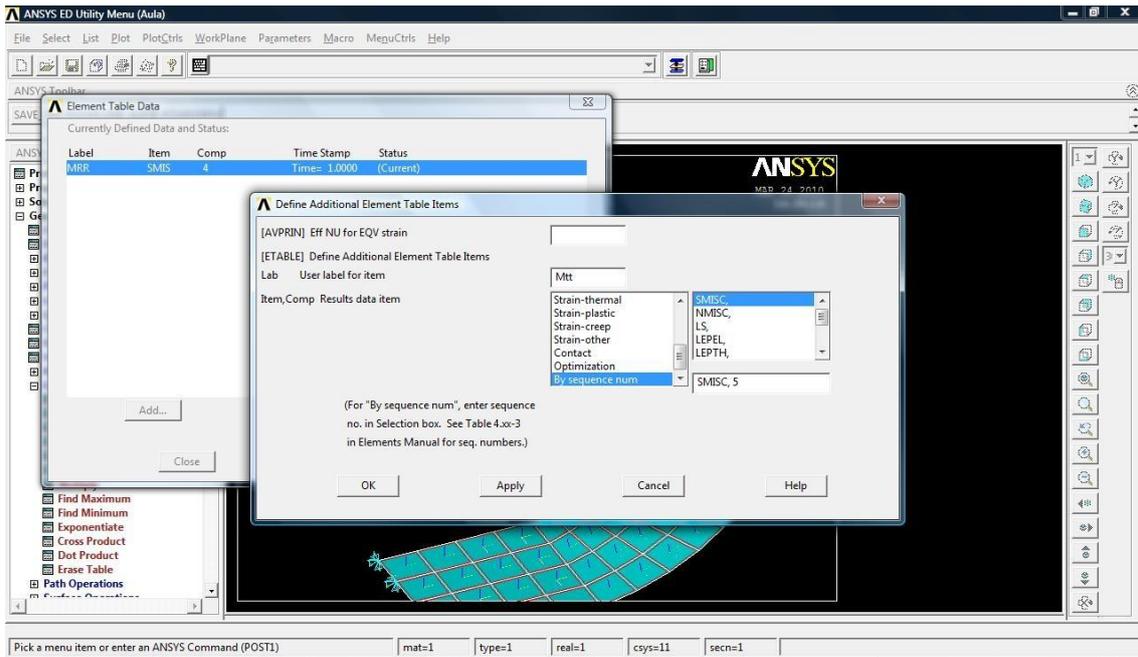
## 4. PÓS PROCESSAMENTO

### 4.1. Gera, lista e plota os resultados:

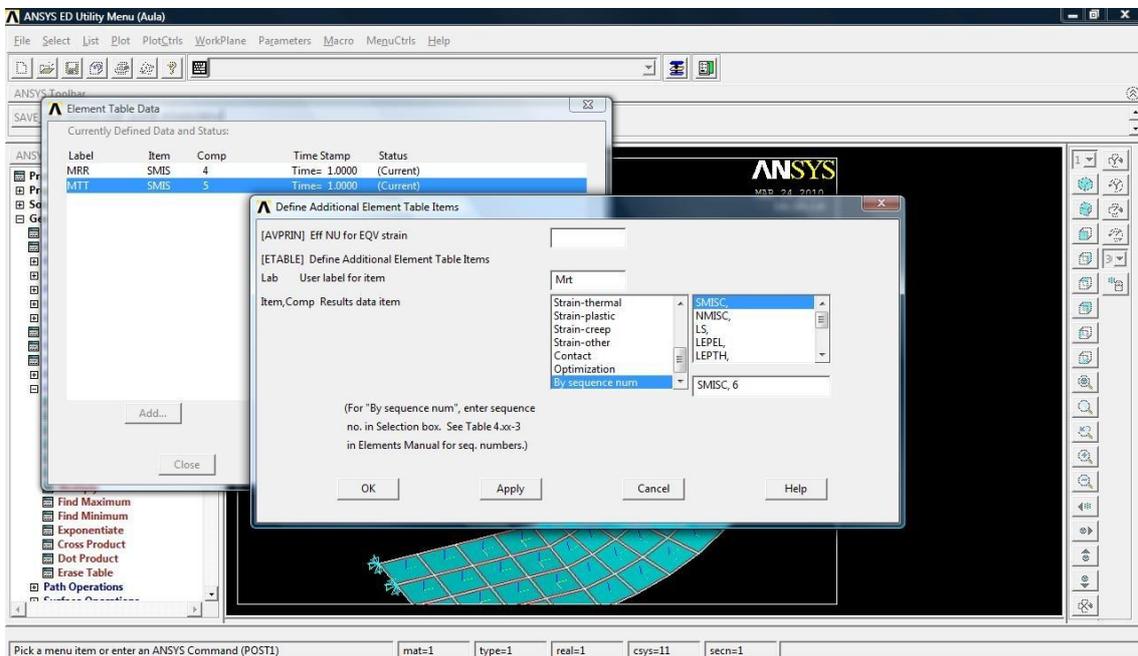
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Element Table”, “Define Table”, “Add”;
- ✓ Na nova janela, definir (momentos em X):
  - LAB **MRR**
  - Item, comp By sequence number **SMISC**  
**SMISC,4**
- ✓ Clicar em “APPLY”.



- ✓ Na nova janela, definir (momentos em Y):
  - LAB **MTT**
  - Item, comp By sequence number **SMISC**  
**SMISC,5**
- ✓ Clicar em “APPLY”.

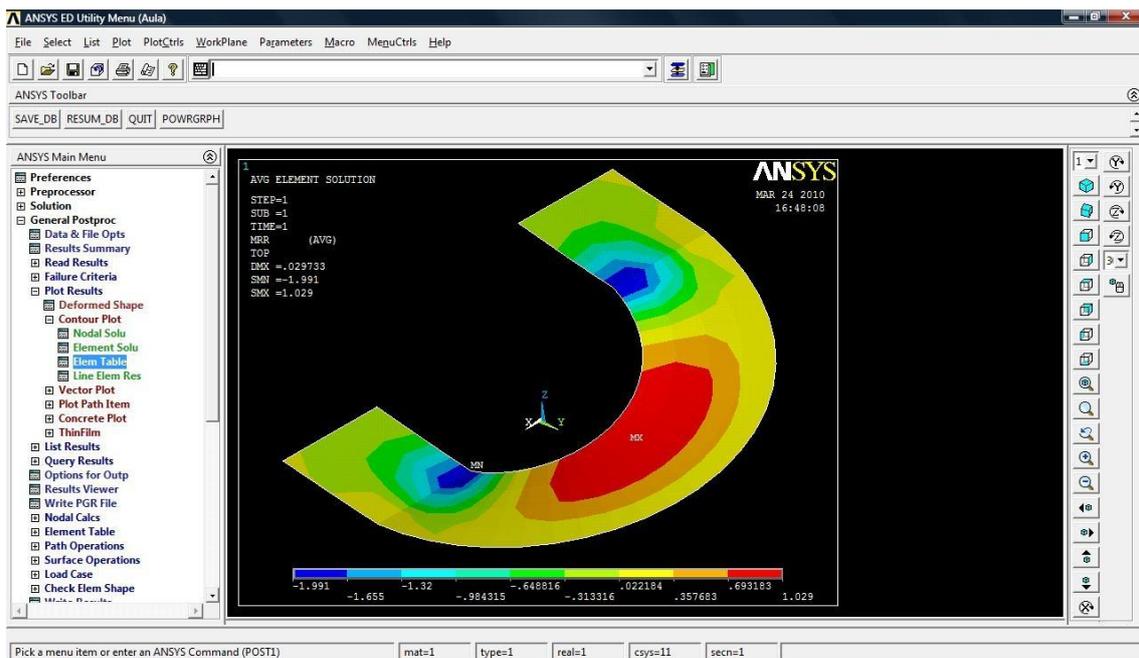
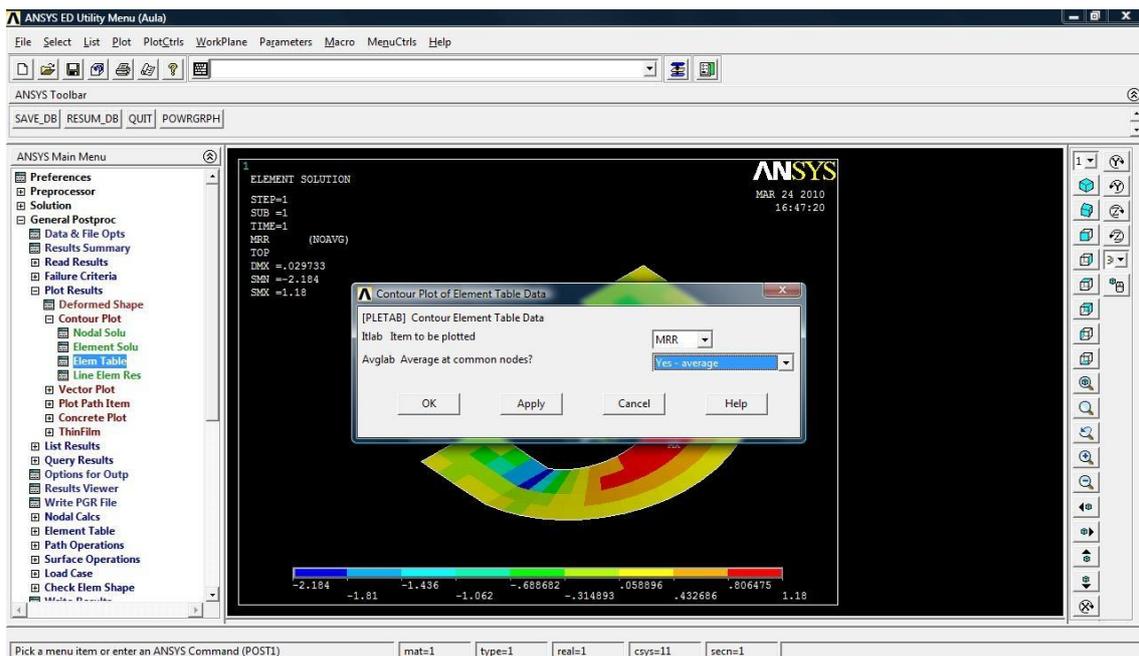


- ✓ Na nova janela, definir:
  - LAB **MRT**
  - Item, comp **By sequence number** **SMISC**  
**SMISC,6**
- ✓ Clicar em “OK”.

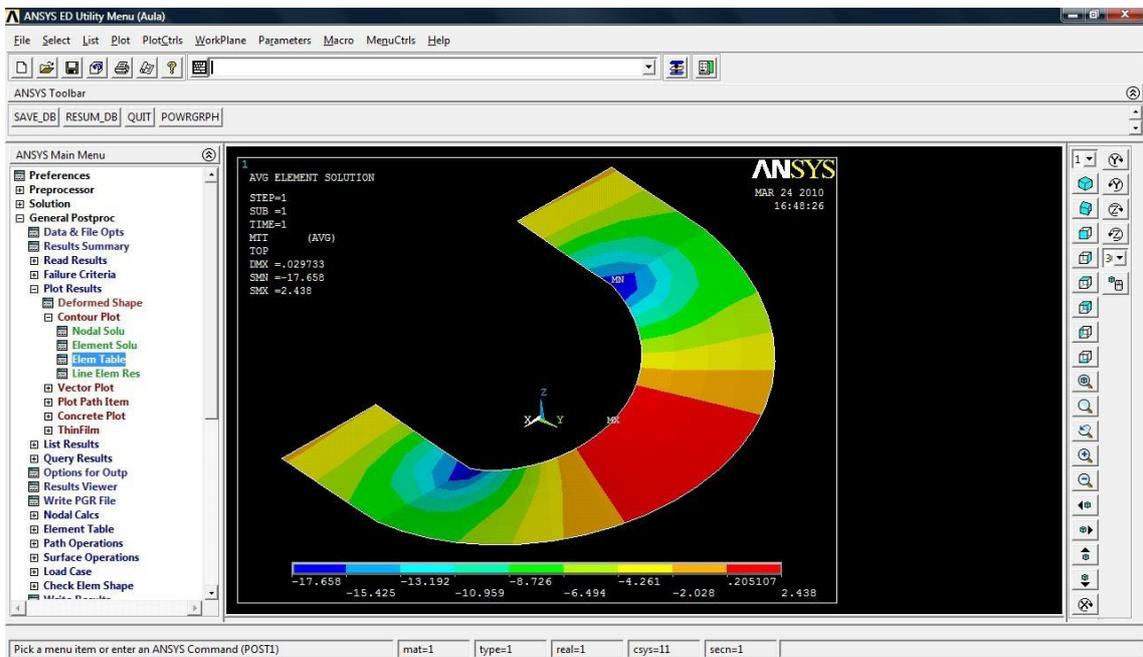
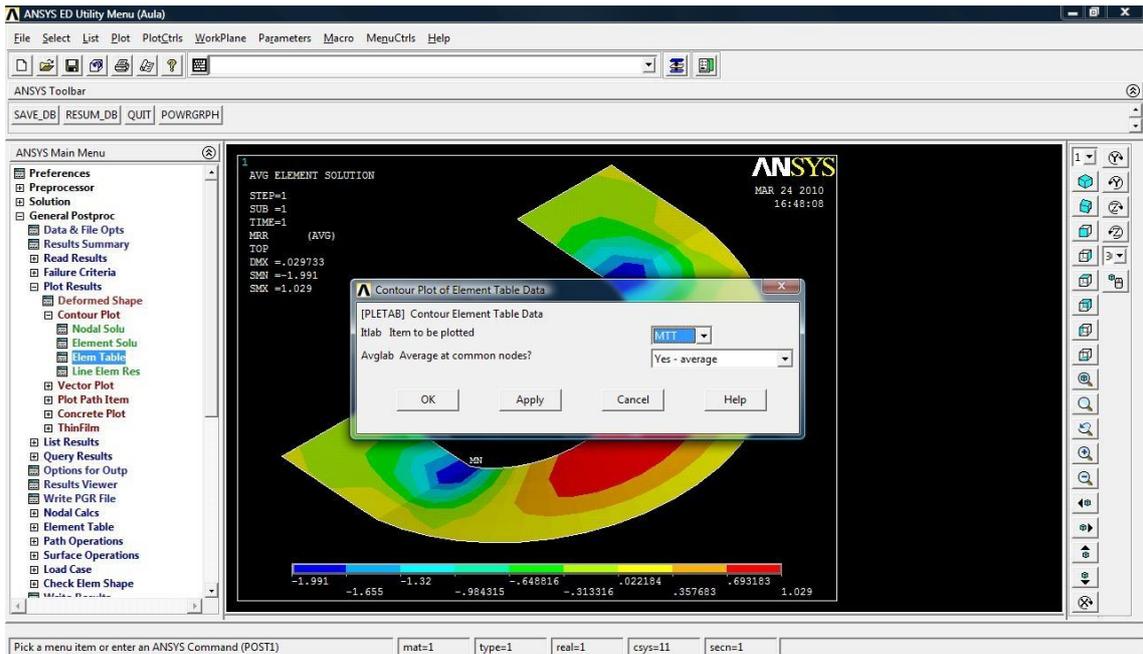


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Element Table”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - Itable **MRR**
  - Avglab **Yes - average**

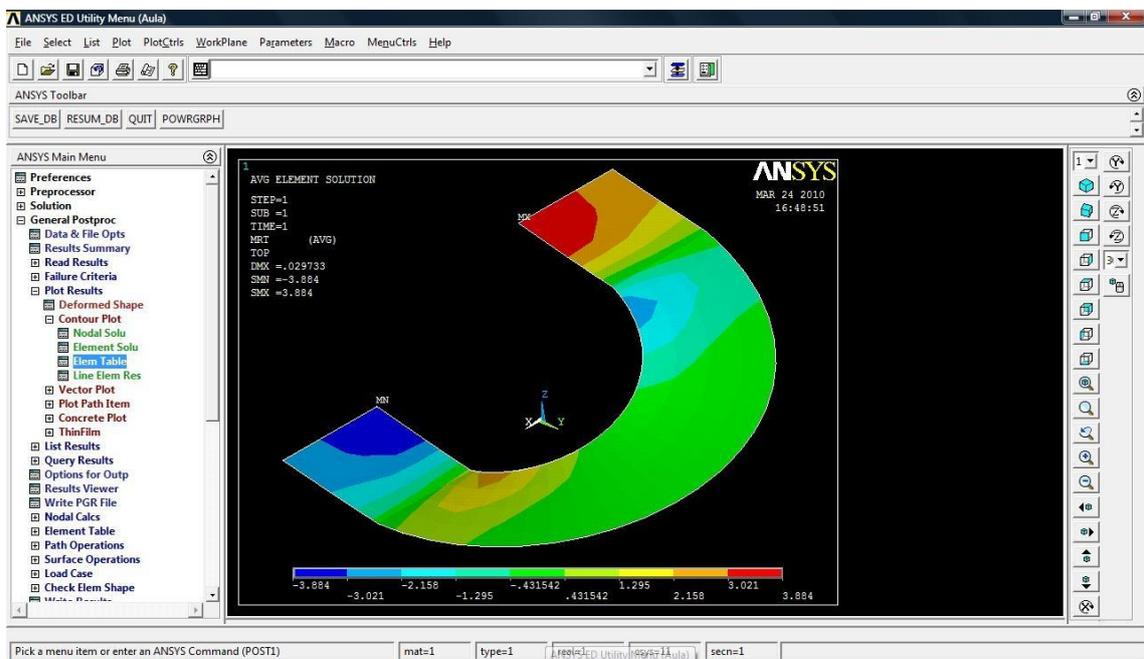
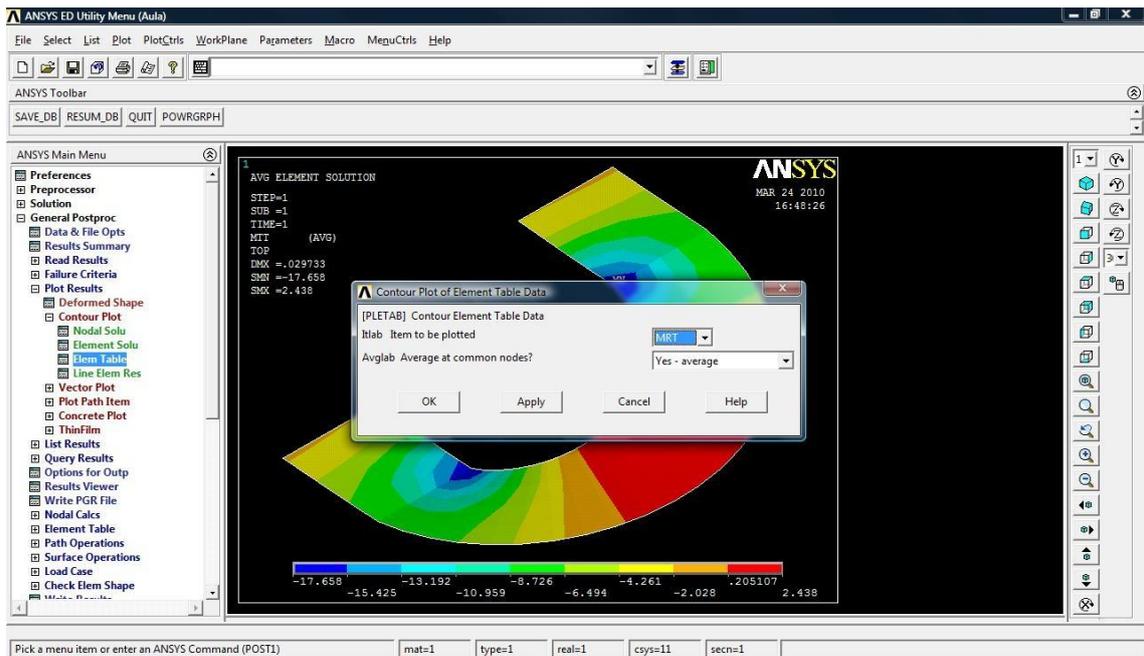
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Element Table”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - Itable **MTT**
  - Avglab **Yes - average**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Element Table”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - Itable **MRT**
  - Avglab **Yes - average**
- ✓ Clicar em “OK”;



## 5. SALVANDO ARQUIVOS E SAINDO DO PROGRAMA:

- ✓ No ANSYS Tollbar, clicar em “SAVE\_DB” para salvar no Data Base;
- ✓ Ainda no ANSYS Toolbar, clicar em “QUIT”;
- ✓ Na nova janela, selecionar a opção “Save everything” e clicar em “OK”.