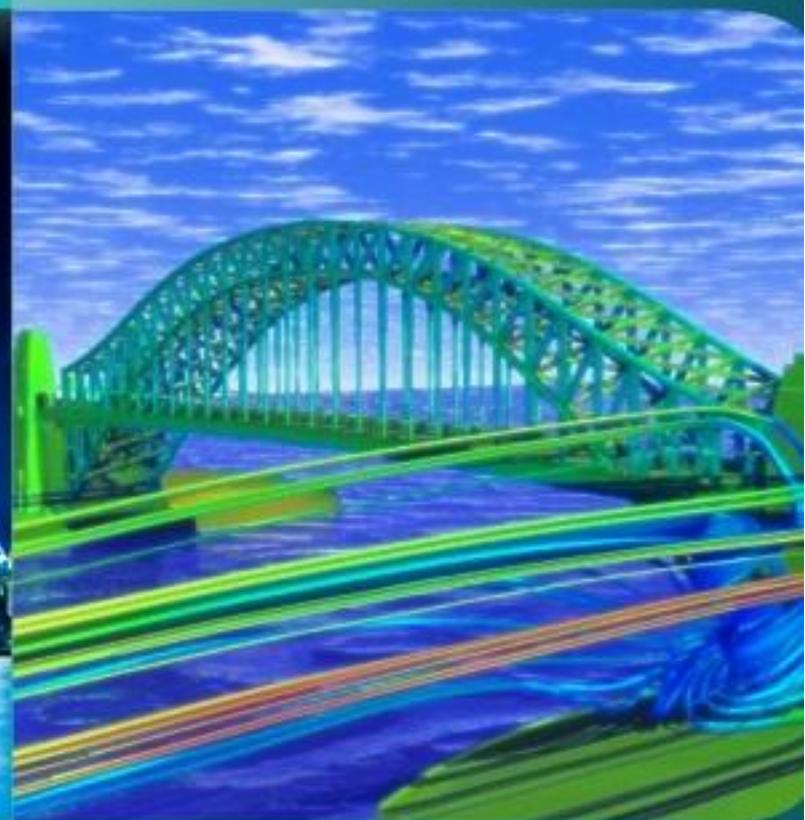




**2010**

**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**



**DIAPASÃO**

## DIAPASÃO

### INTRODUÇÃO

Muitos dos sólidos que devem ser projetados não têm como ter seus modelos matemáticos simplificados e, portanto a alternativa é a utilização de modelos sólidos na sua modelagem. O exemplo a seguir, é apresentado por Sara Cinnamon e seu intuito é modelar um diapasão e determinar o modo principal de vibração para descobrir a nota emitida quando seu garfo é golpeado contra uma superfície. Diapasão é um instrumento metálico em forma de garfo, que serve para afinar instrumentos e vozes através da vibração de um som musical de determinada altura. Foi inventado por John Shore, trompetista de Georg Friedrich Haendel. A forquilha é afinada em uma determinada frequência (atualmente o mais usual é o Lá de 440 Hz). Ao ser golpeado contra uma superfície, as duas extremidades da forquilha do diapasão vibram produzindo a nota que será utilizada para afinar o instrumento musical. Em geral, é necessário encostar a outra extremidade do diapasão na caixa de ressonância do instrumento para amplificar seu som e permitir que seja ouvido à distância. Neste momento, o interesse nosso é na modelagem do diapasão e na determinação das tensões a que ele está submetido no momento do carregamento.

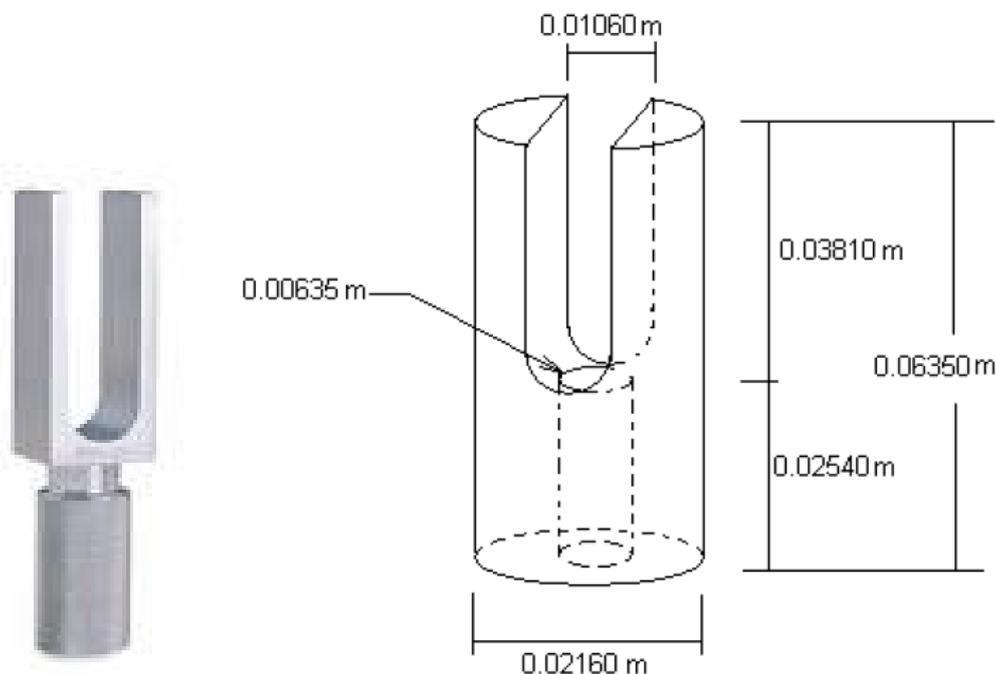


Figura 1 – Foto de um diapasão e modelo a ser construído com dimensões em metros.

## PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E DOS MATERIAIS

O material que será utilizado é o Alumínio 6061 e suas propriedades serão obtidas a partir da biblioteca de materiais do programa ANSYS. Para escolher um material da biblioteca preexistente, primeiro é necessário definir qual o diretório da biblioteca, ou seja, informando-se o local a partir do qual serão lidos os dados do material, como por exemplo, *Programas/ ANSYSInc/ v90/ ANSYSED/ matlib*. Como o sistema de unidades escolhido foi o SI, será utilizado o arquivo chamado *Al\_a6061-T6. SI\_MPL*, obtendo-se assim os valores da densidade, Módulo de Elasticidade e Coeficiente de Poisson.

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: **“Modelo de um diapasão”**;
- ✓ 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: **“Diapasao”**;
- ✓ 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.

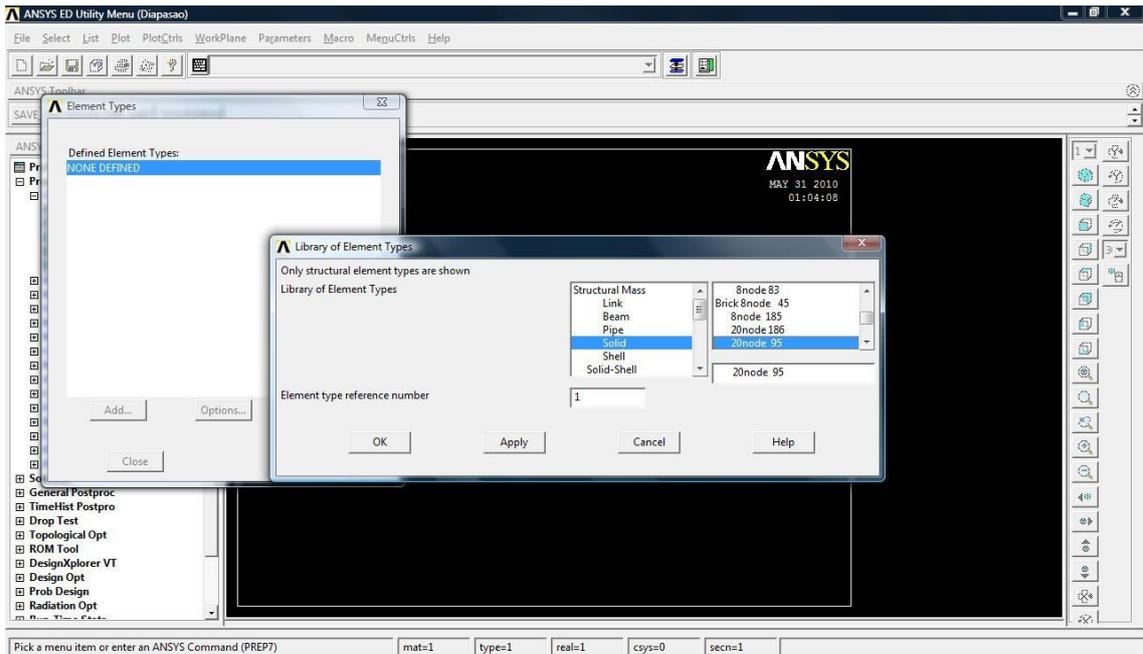
## 2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

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

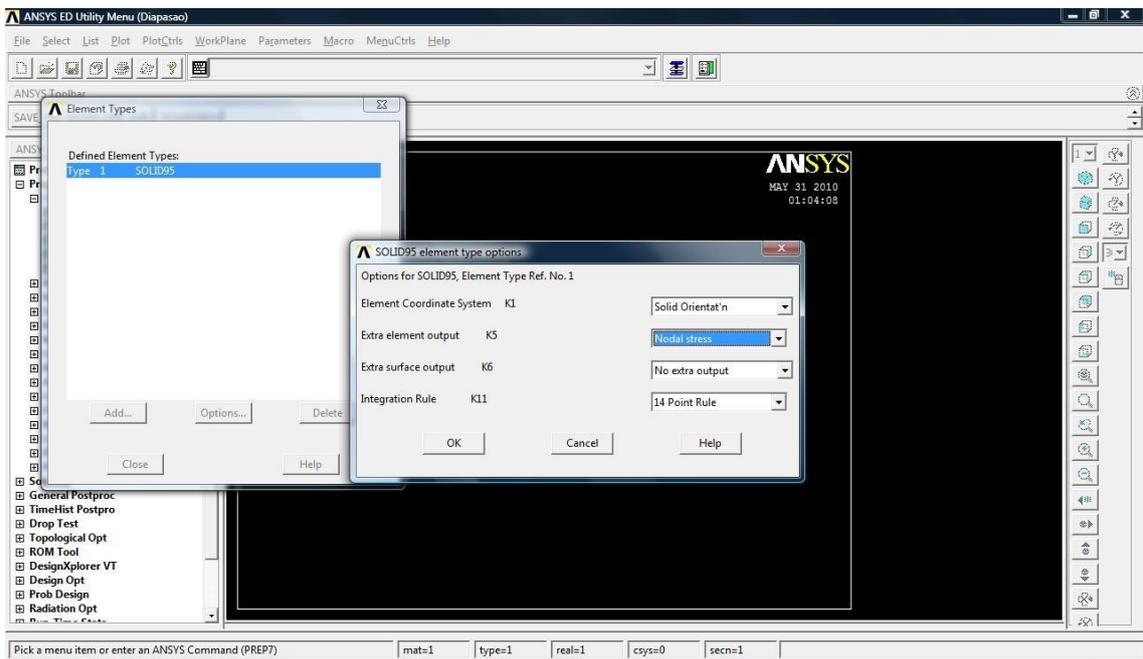
B

### 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 SOLID”**, **“Brick 20 Nodes95”** e clicar em “OK”.
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Ainda na janela “Element Types”, clicar em “Options”, na nova janela, selecionar;
  - Extra element output                      K5    **Nodal Stress**
- ✓ Clicar em “OK”;

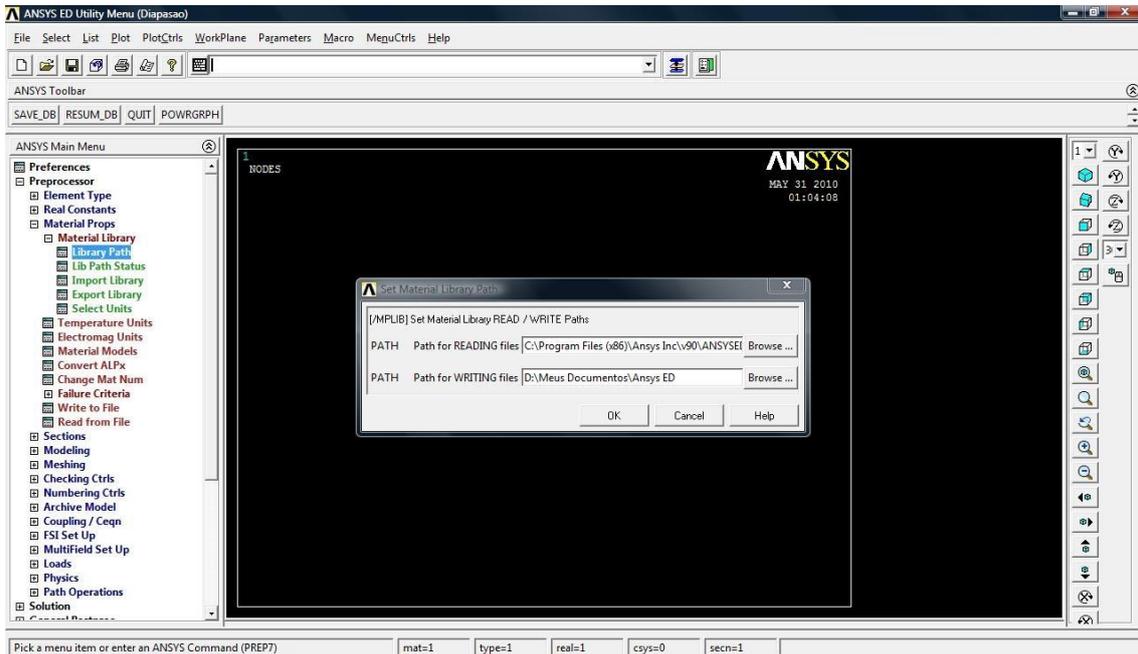


C

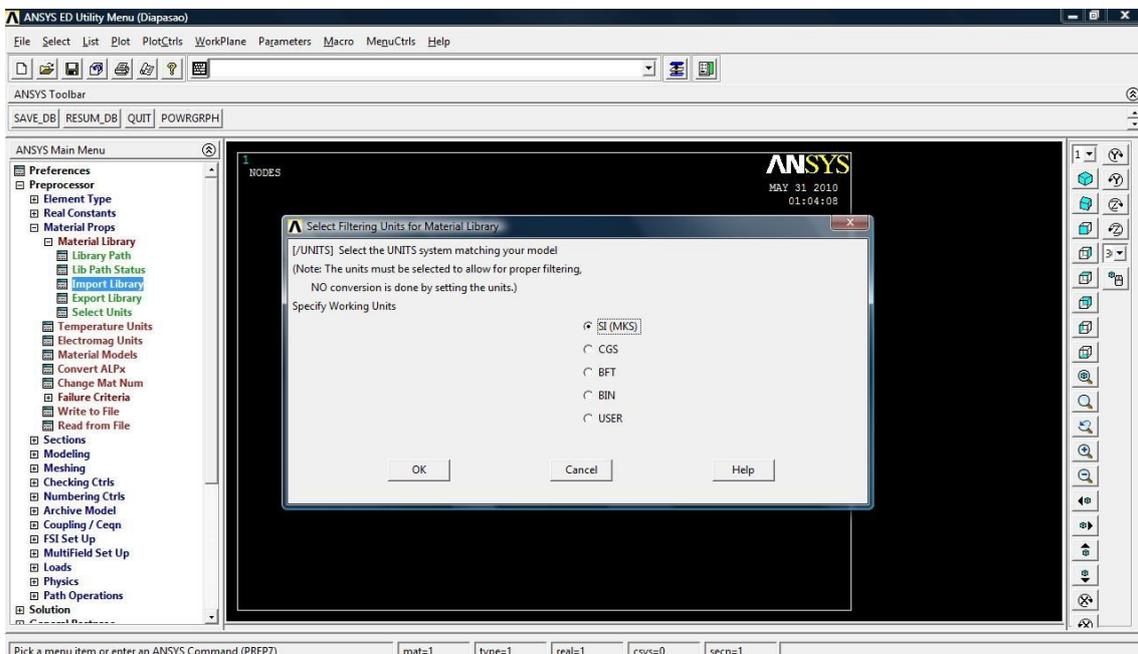
## 2.2. **Defina as propriedades do material:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”, “Mat Library”, “Library Path”;
- ✓ Na nova janela, em “Path for READING files”, clicar em “Browse...”;
- ✓ Escolher:

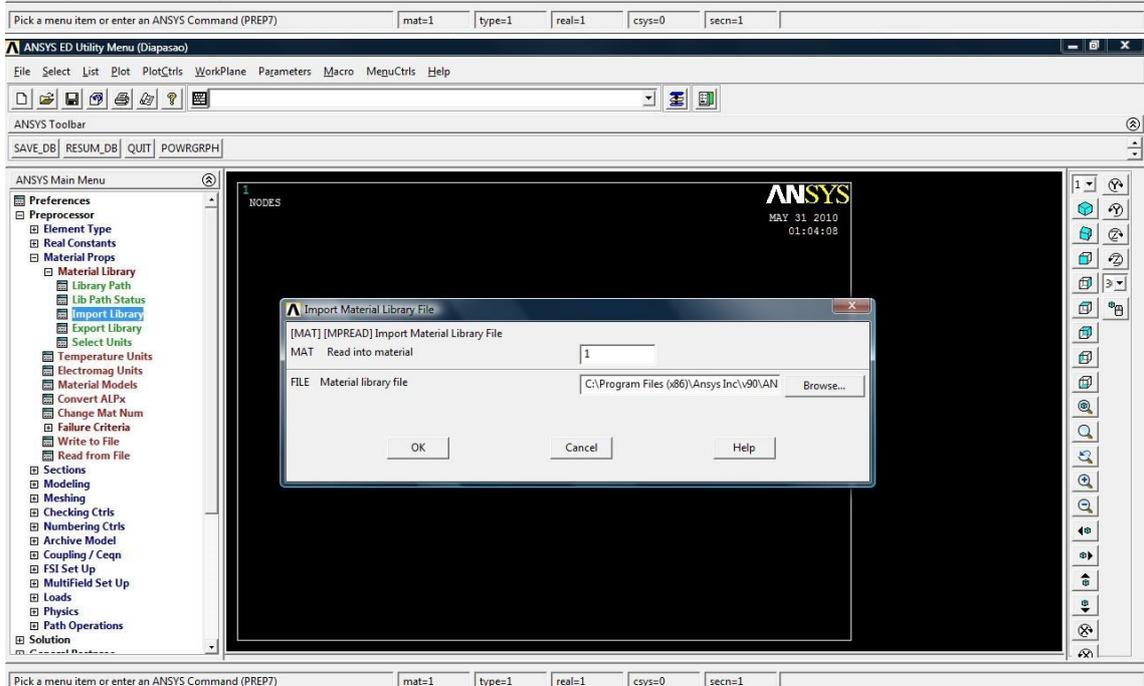
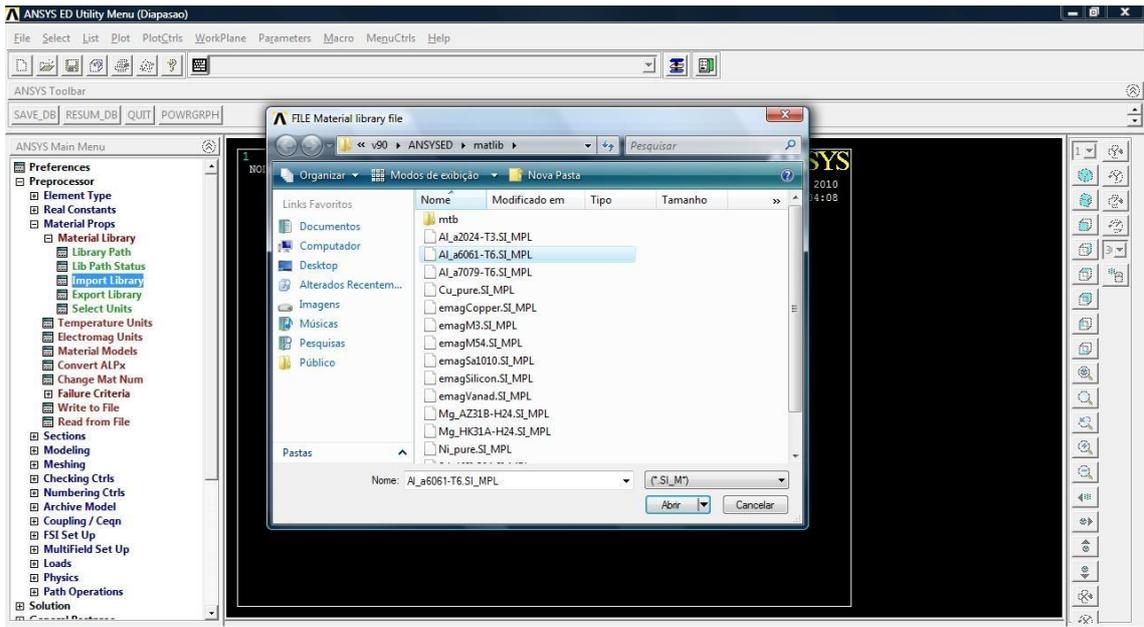
- C:\Program Files\ANSYS Inc\v90\ANSYSED\matlib
- ✓ Clicar em “OK”;



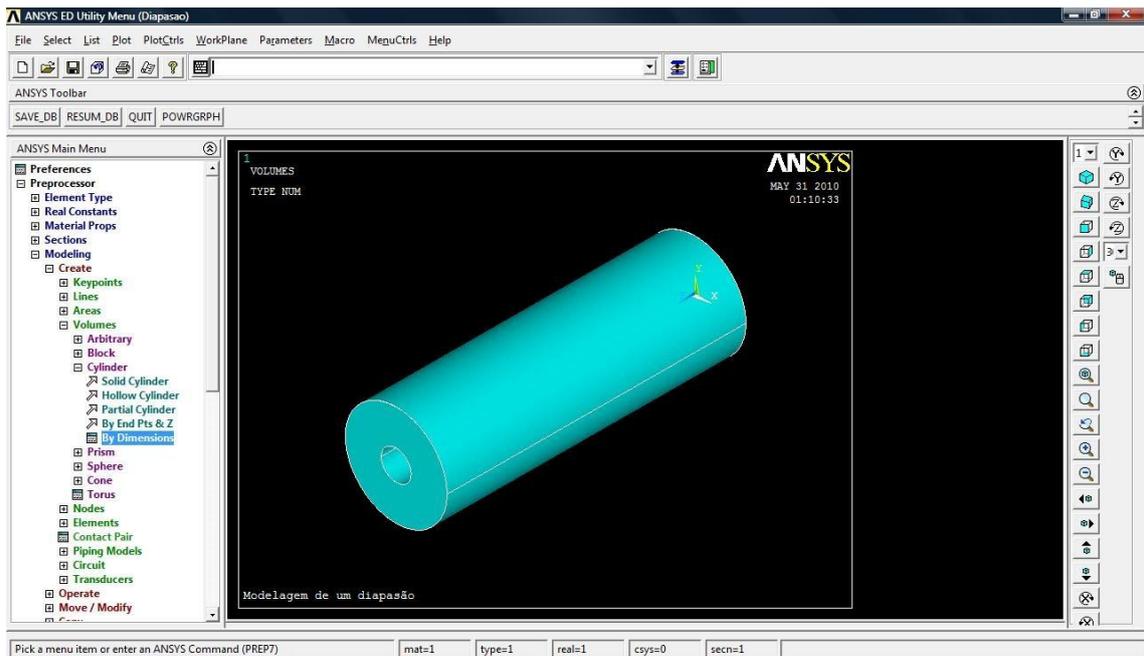
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”, “Mat Library”, “Import Library”;
- ✓ Escolher o sistema de unidades em uso:
  - **SI (MKS)**;
- ✓ Clicar em “OK”;



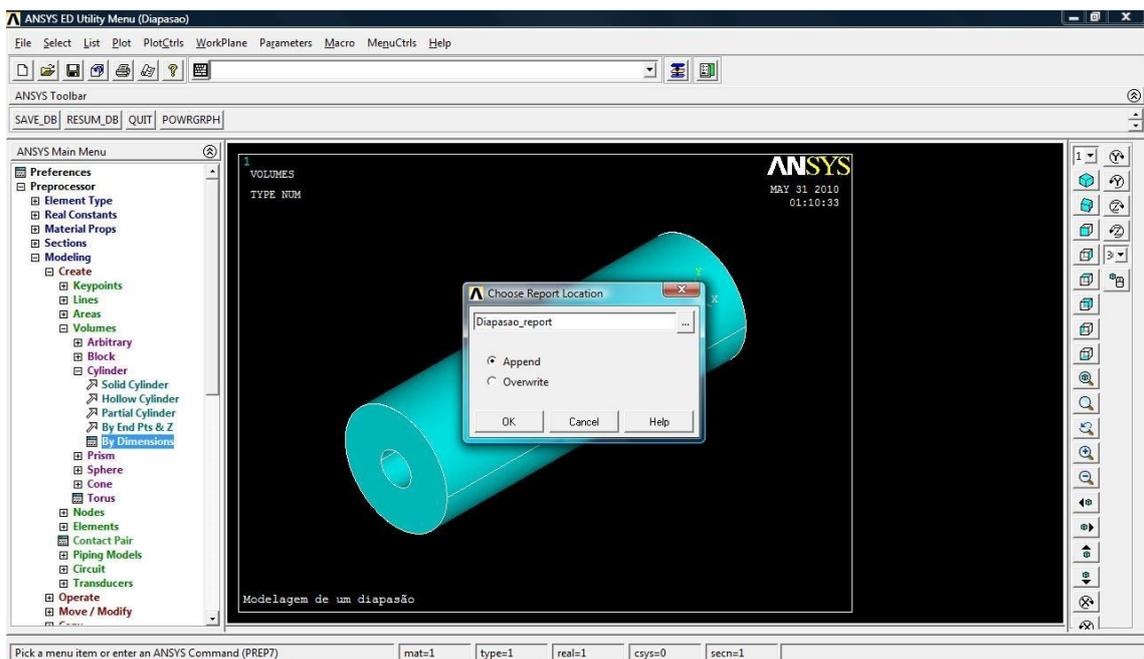
- ✓ Na janela “File Material library file” clicar em “Browse” e selecionar o arquivo:
  - **AI\_a6061-T6.SI\_MPL**;
- ✓ Clicar em “Abrir”, e depois em “OK”;



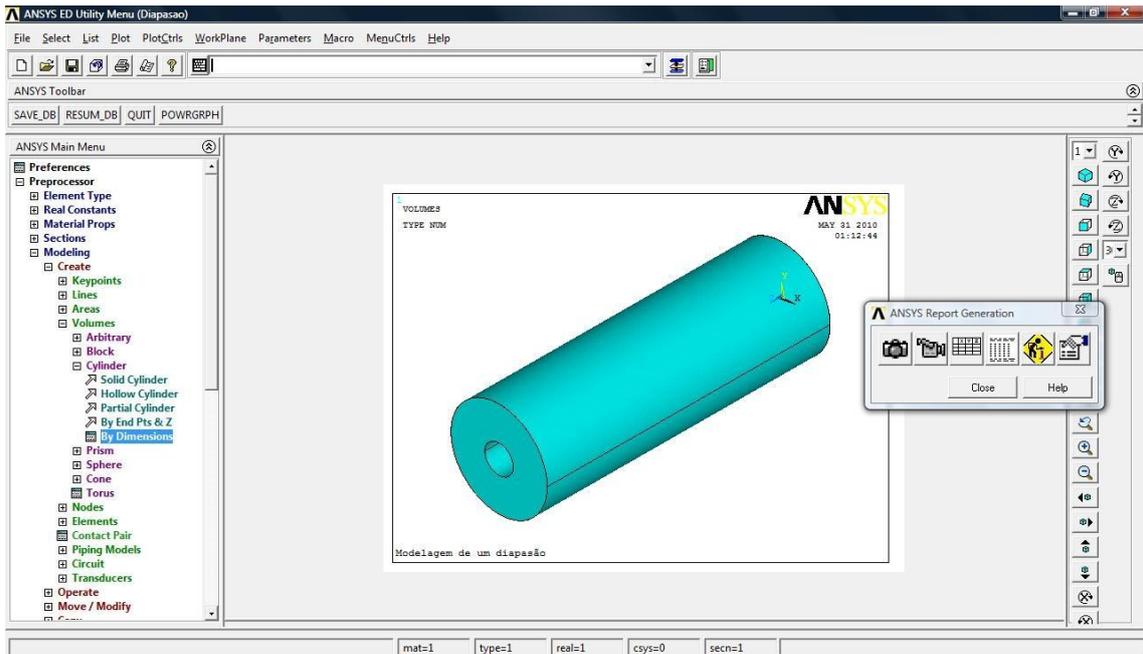




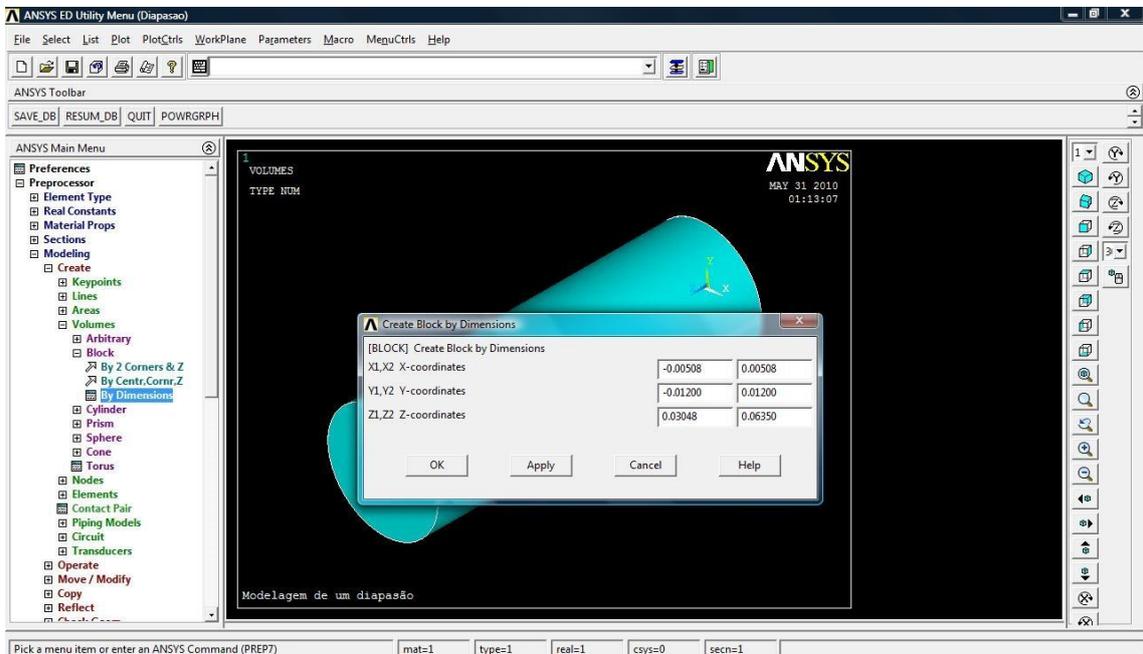
- ✓ Para criar exportar imagens, ir em:
- ✓ No “Ansys Utility Menu”, clicar em “Report Generation”;
- ✓ Na nova janela selecionar “Append” e clicar em “OK”;

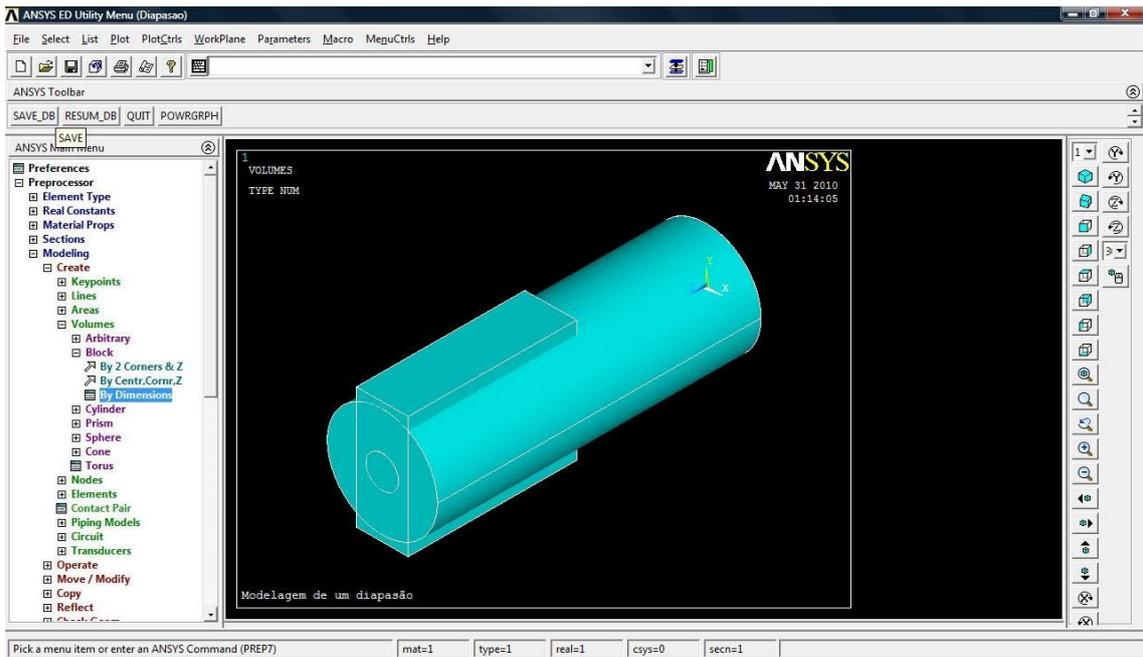


- ✓ Então, clicar no ícone com a câmera fotográfica;

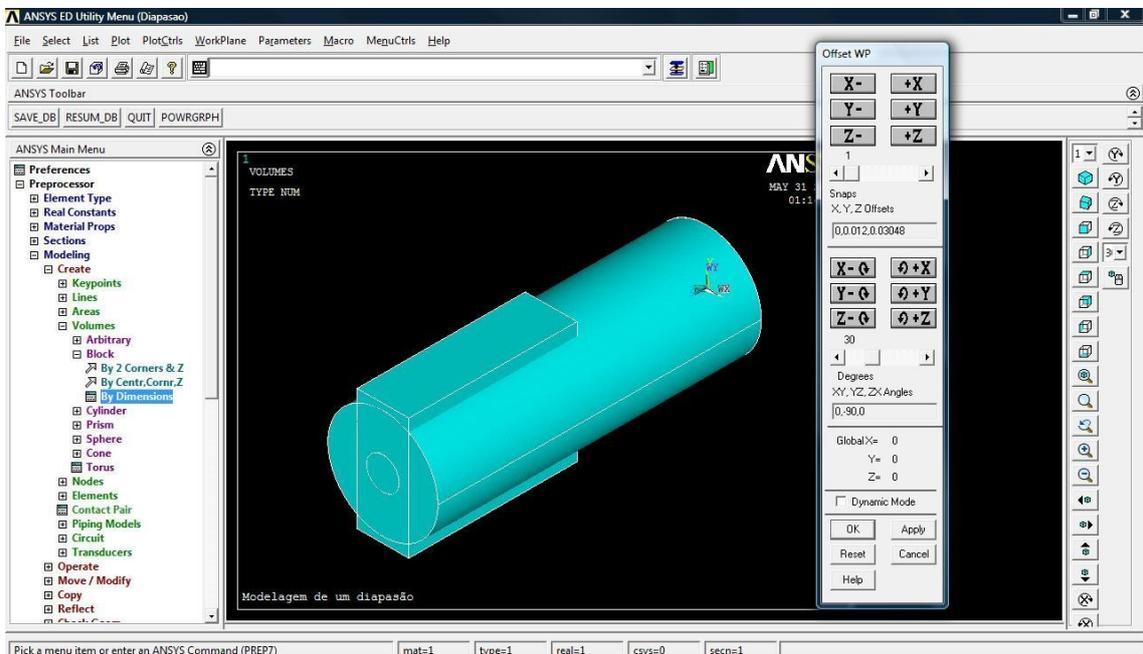


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Volume”, “Block”, “By Dimensions”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir:
  - X1, X2 = **-0.00508**                      **0.00508**;
  - Y1, Y2 = **-0.01200**                      **0.01200**;
  - Z1, Z2 = **0.03048**                        **0.06350**;
- ✓ Clicar em “OK”;



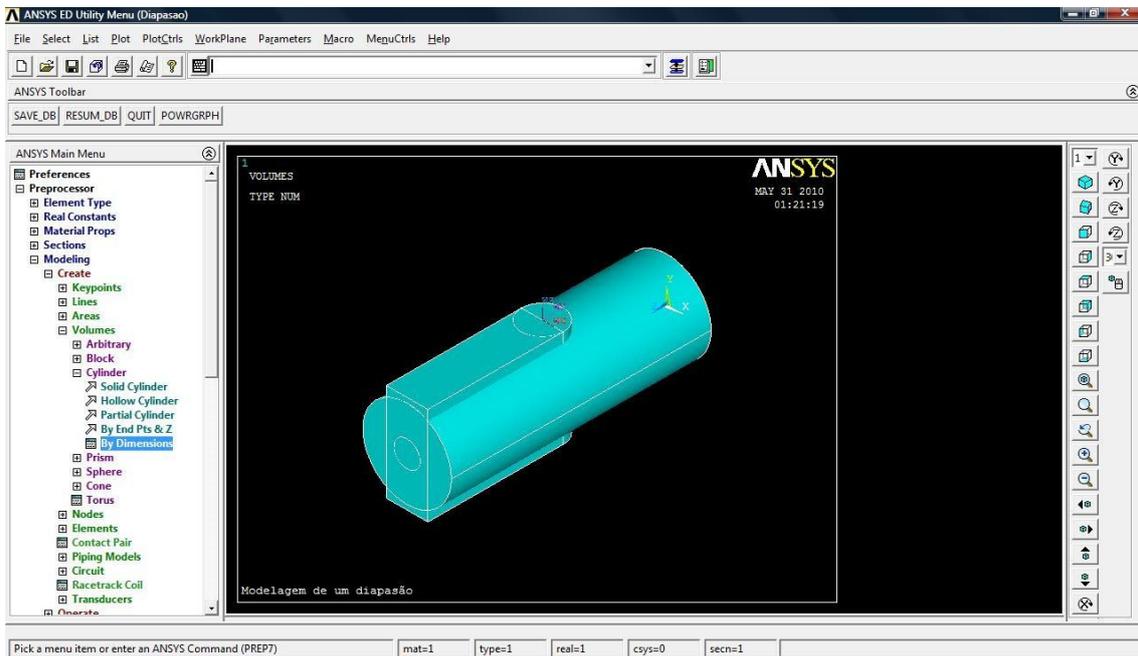
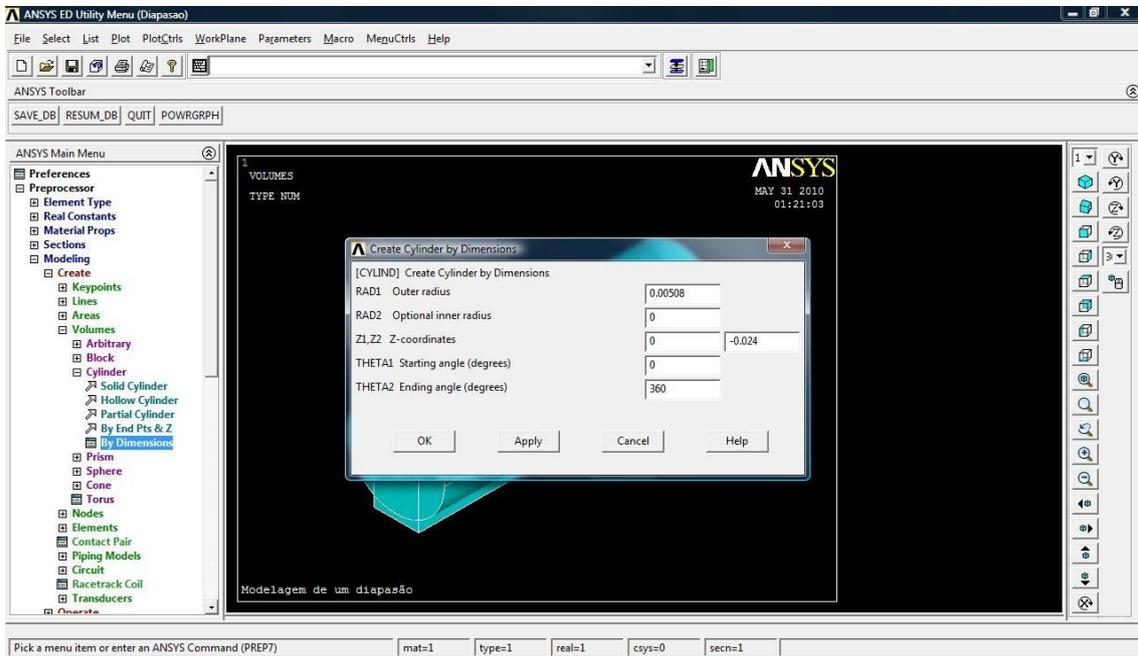


- ✓ Para mudar o sistema de coordenadas de referência:
- ✓ No “Ansys Utility Menu”, clicar em “Offset WP by Increments”
- ✓ Inserir:
  - X, Y, Z Offsets                   **0,0.012,0.03048**
  - XY, YZ, ZX Angles               **0,-90,0**
- ✓ Clicar em “OK”;

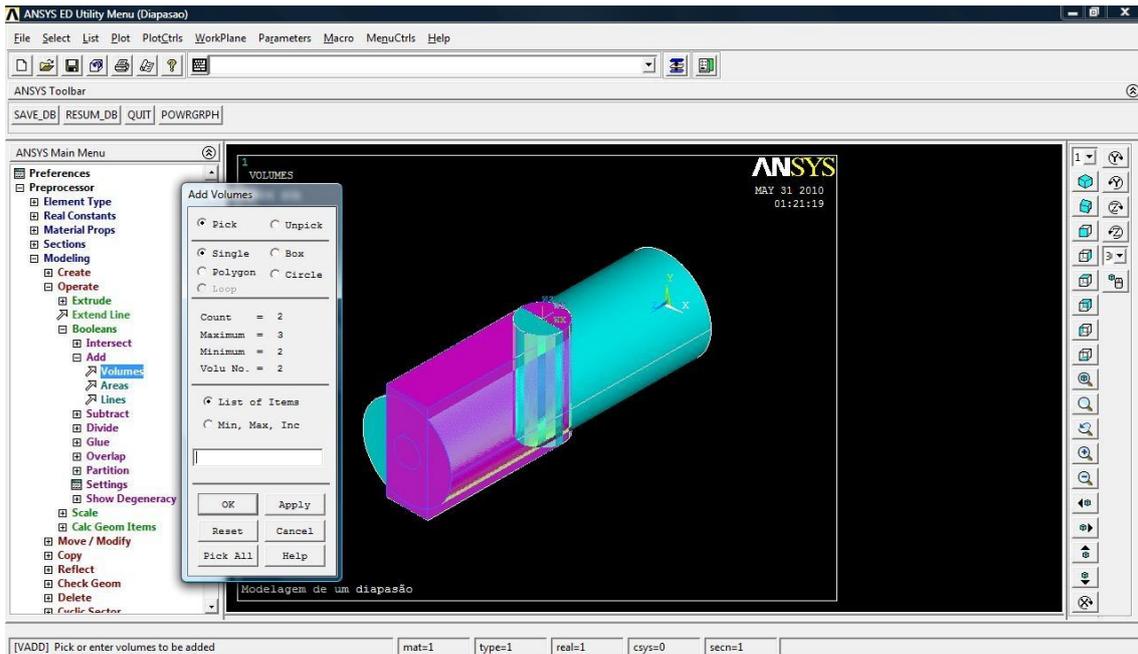


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Volume”, “Cylinder”, “By Dimensions”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir:
  - RAD1               = **0.00508**;
  - RAD2               = **0.0**;

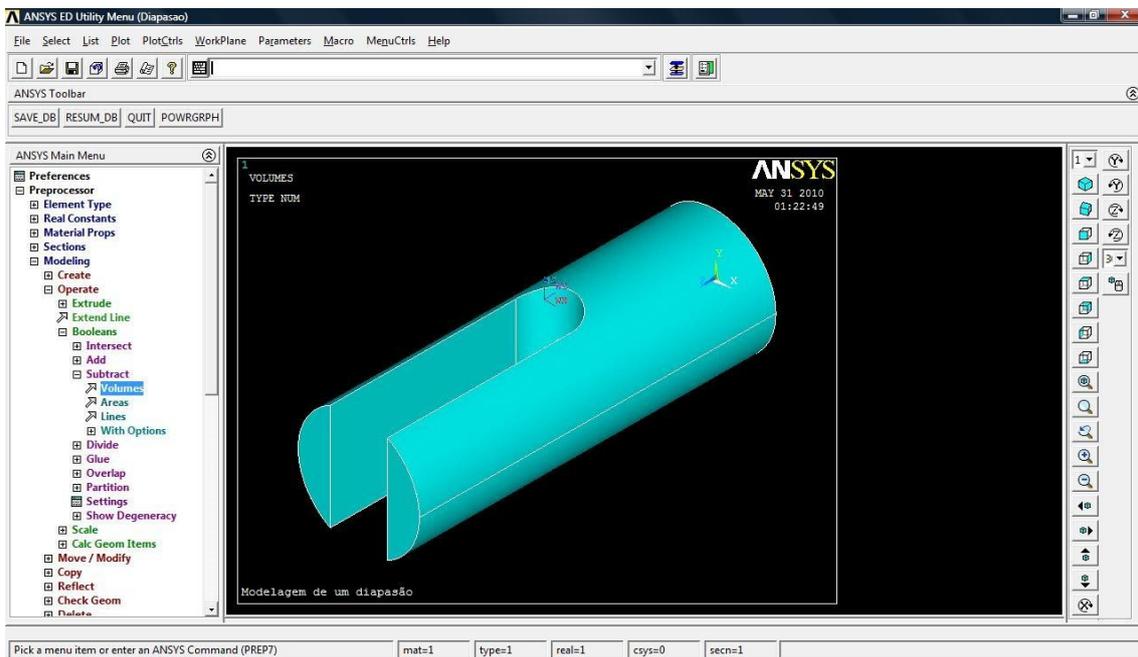
- Z1, Z2 = 0 -0.0240;
- THETA1 = 0;
- THETA2 = 360;
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Operate”, “Booleans”, “Add”, “Volumes”;
- ✓ Apontar os últimos dois volumes criados (prisma retângulo e cilindro menor) e clicar em “OK”;



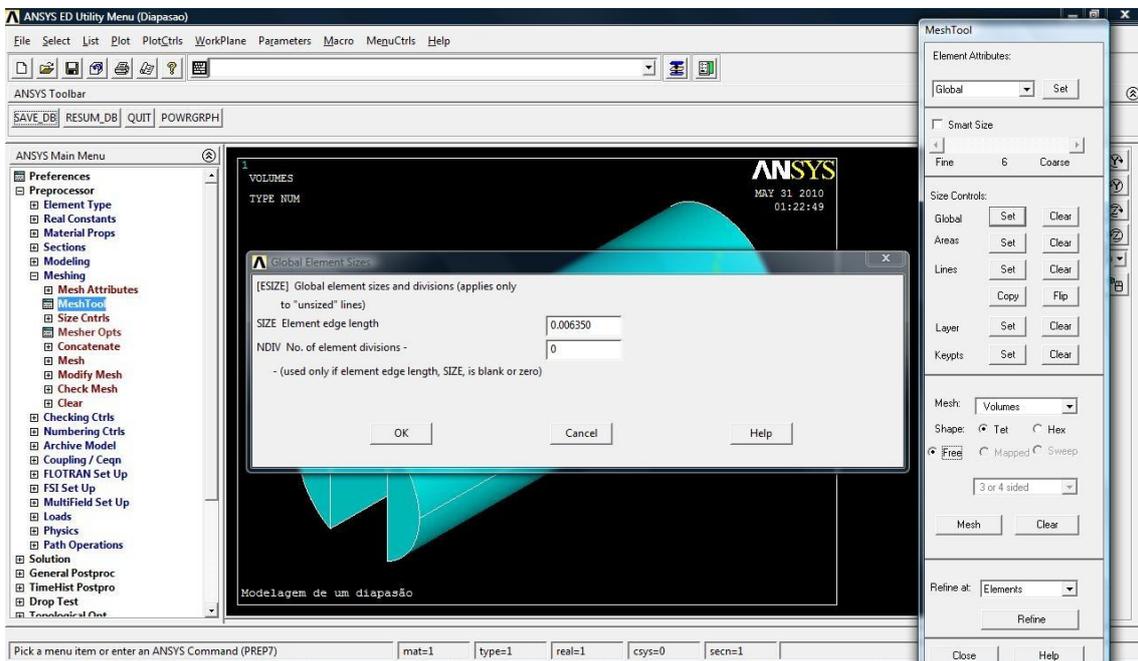
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Operate”, “Booleans”, “Subtract”, “Volumes”;
- ✓ Apontar com o mouse o cilindro maior e clicar em “OK”;
- ✓ Apontar com o mouse o outro volume “OK”;



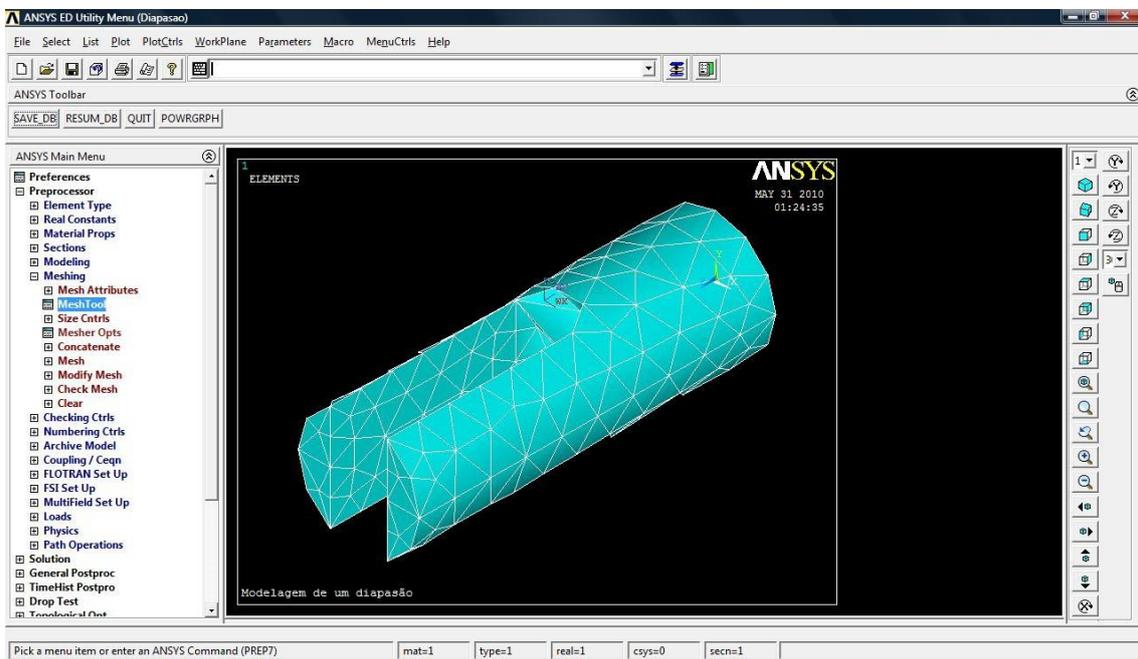
#### 2.4. Gera a malha de elementos finitos:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh Tool”;
- ✓ Clicar em “Set”, junto ao “Size Controls”, “Global”;

- ✓ Na nova janela, inserir:
  - SIZE element edge length = **0.006350**
- ✓ Clicar em “OK”;

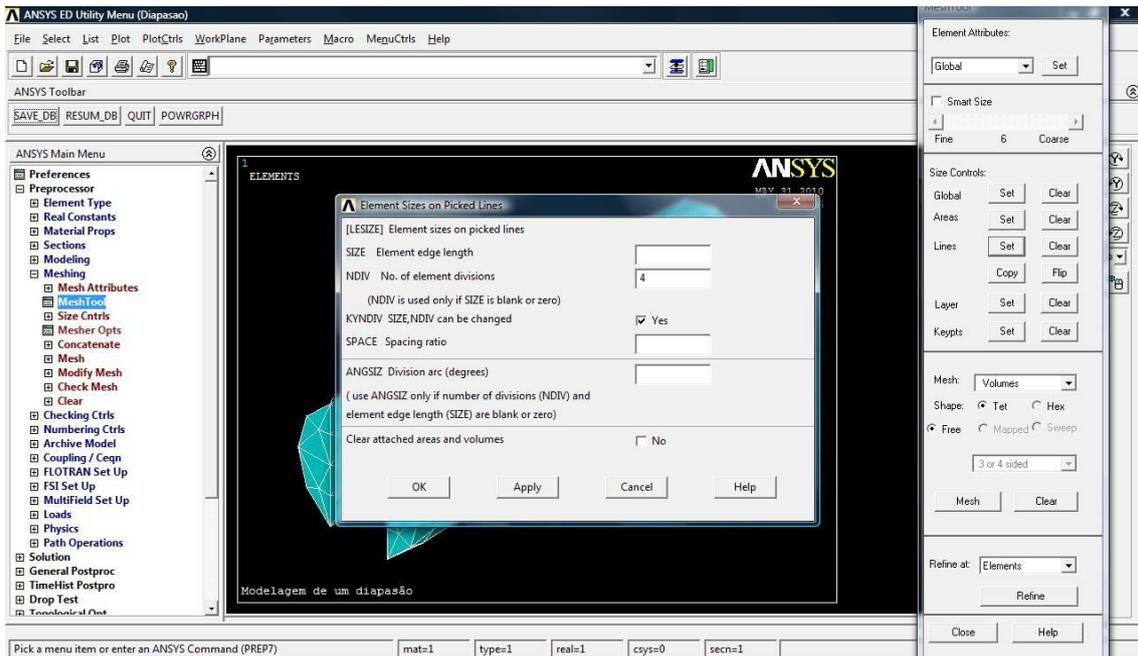


- ✓ Clicar em “Mesh”, selecionar com o mouse o **volume** e clicar em “OK”;

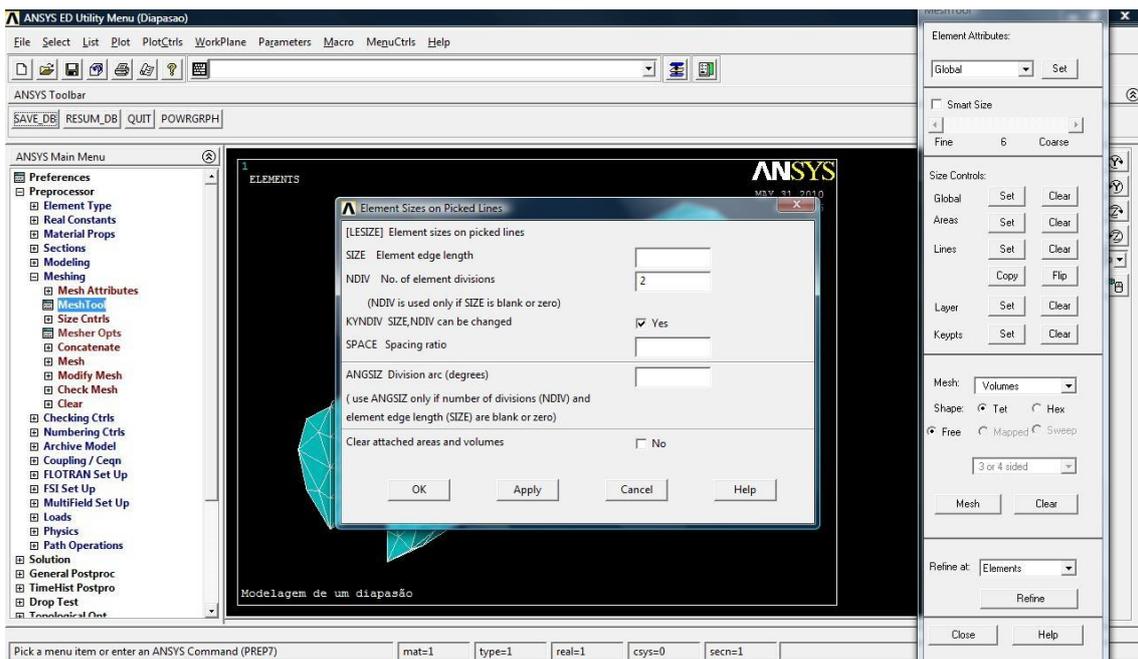


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh Tool”;
- ✓ Clicar em “Set”, junto ao “Size Controls”, “Lines”;
- ✓ Selecionar as linhas:
  - **55 e 56**;
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela, inserir:

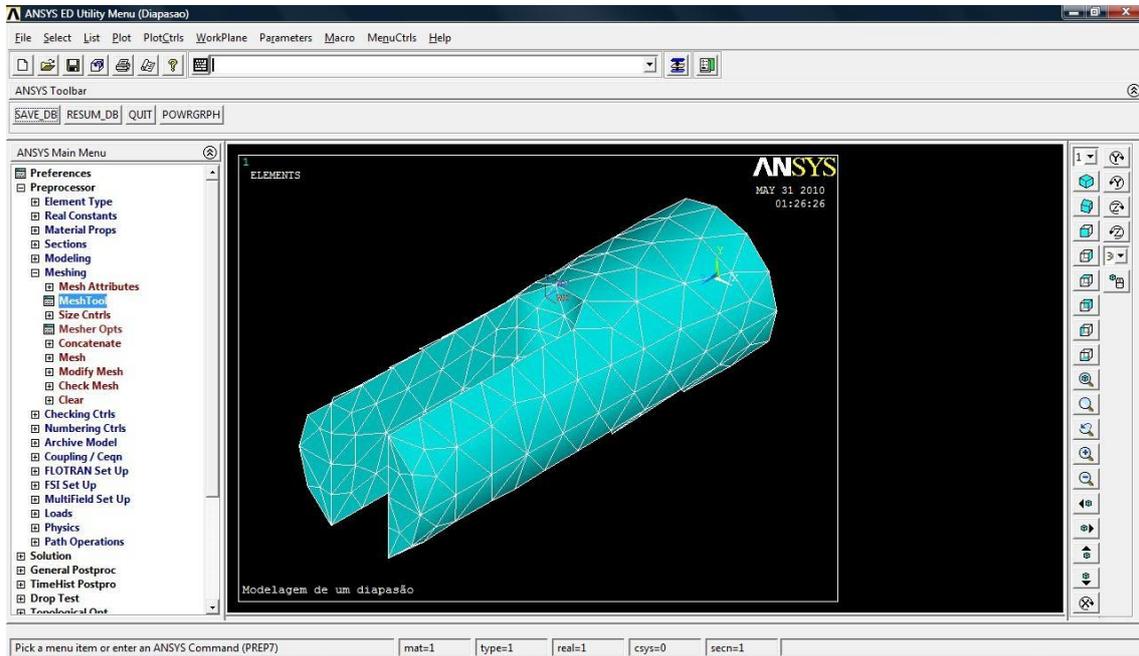
- NDIV No. of element divisions = 4
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh Tool”;
- ✓ Clicar em “Set”, junto ao “Size Controls”, “Lines”;
- ✓ Selecionar as linhas:
  - 5, 6, 7 e 8;
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela, inserir:
  - NDIV No. of element divisions = 2
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Clicar em “Mesh”, selecionar com o mouse o **volume** e clicar em “OK”;
- ✓ Uma advertência aparecerá, perguntando se deseja remalhar a peça. Clicar em “Yes”;



#### 2.4.1. Salva análise no arquivo Diapasao.db:

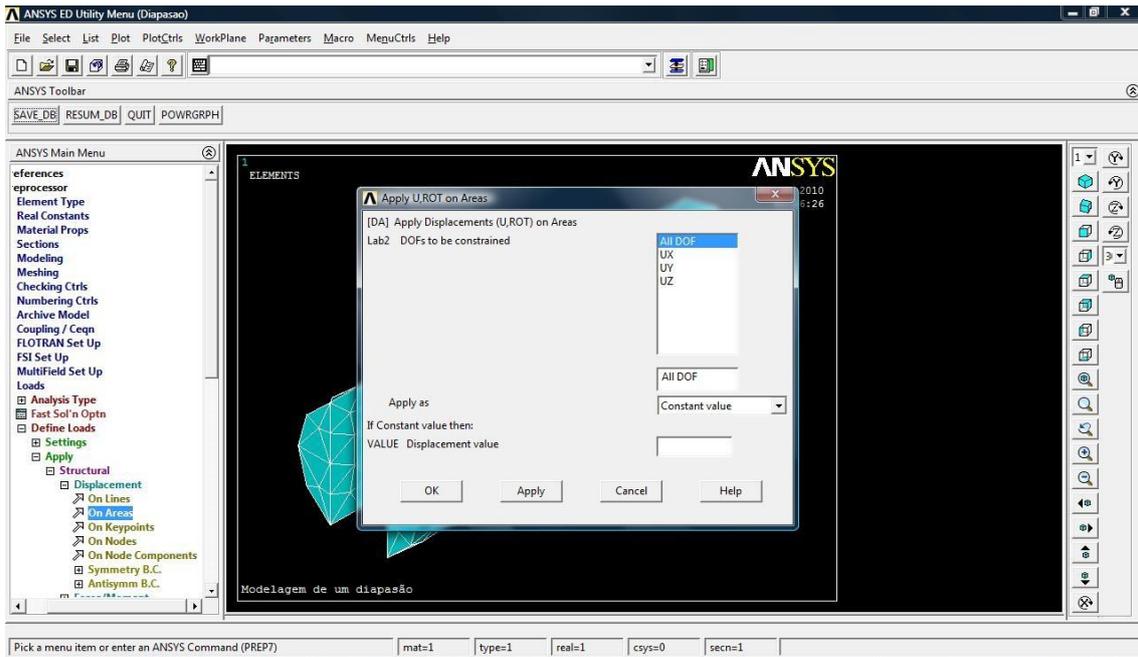
- ✓ No “ANSYS Toolbar, clicar em “SAVE\_DB”.

E

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

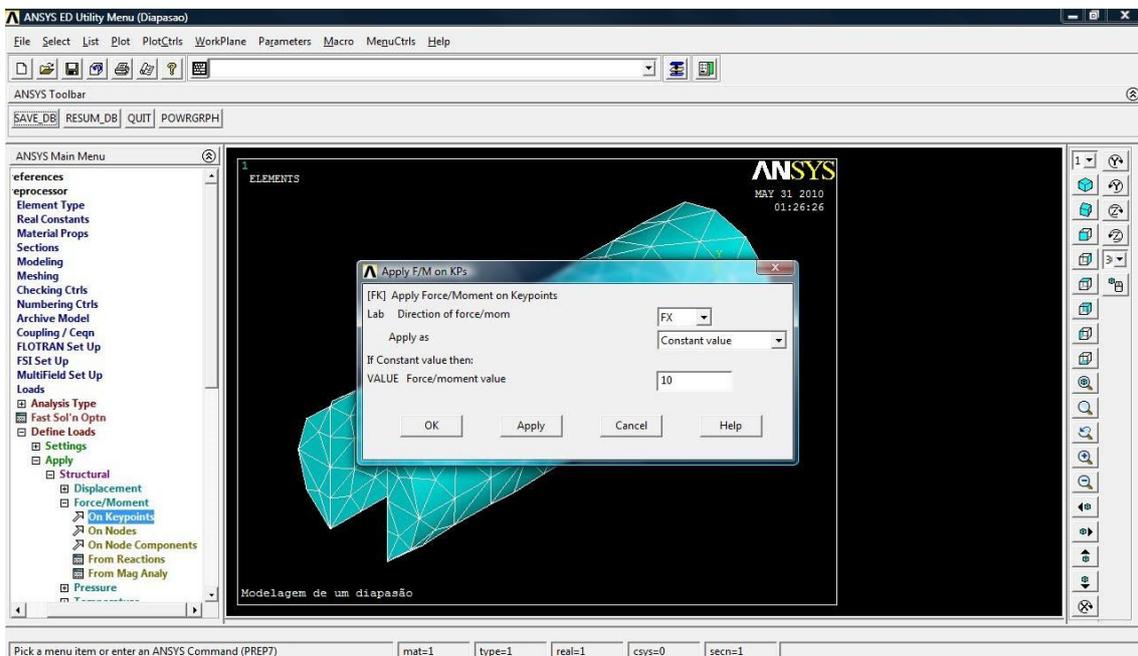
### 2.5.1. Fornece condição de contorno:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Areas.”;
- ✓ Na nova janela que abrir apontar a área **1** e clicar em “OK”;
- ✓ Selecionar:
  - **ALLDOF**;
- ✓ Clicar em “OK”;

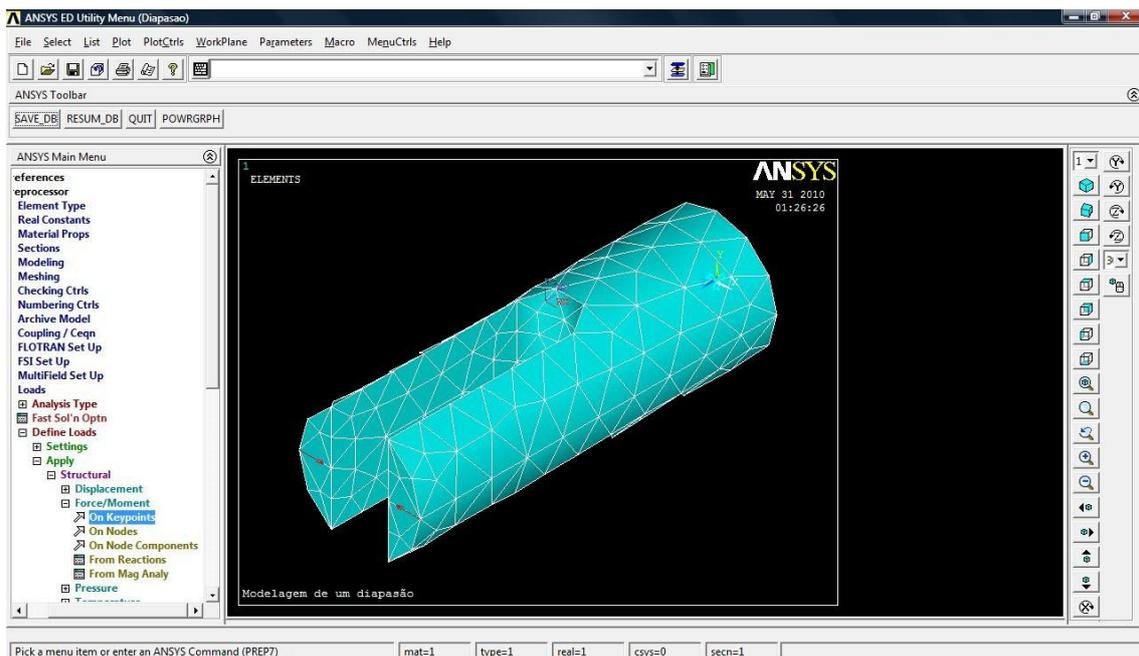


### 2.5.2. Aplicar as cargas:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Force/Moment”, “On Keypoints”;
- ✓ Selecionar o keypoint **11** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir o valor da carga:
  - FX                    **10**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;



- ✓ Selecionar o keypoint **9** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir o valor da carga:
  - FX                    **-10**;
- ✓ Clicar em “OK”;



### 2.5.3. Salvando dados no arquivo Diapasao.db

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

F

## 3. SOLUÇÃO

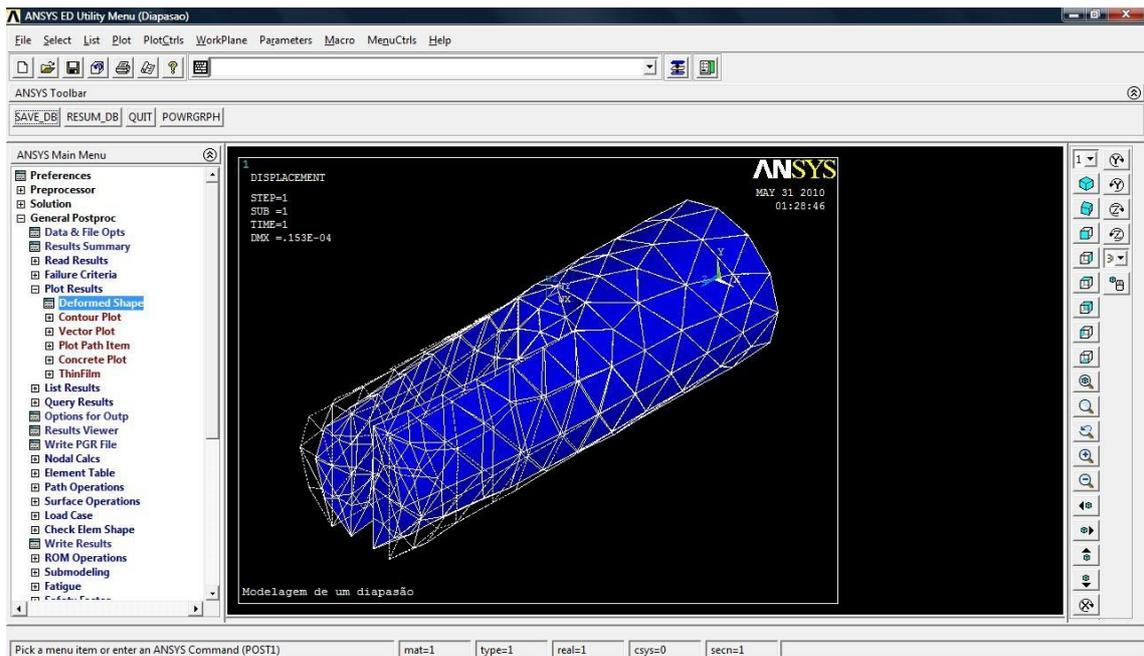
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Solve”, “Current LS”;
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Na janela “Information: Solution is done” clicar em “CLOSE”.
- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE\_DB” para salvar os dados mais a solução no arquivo.

G

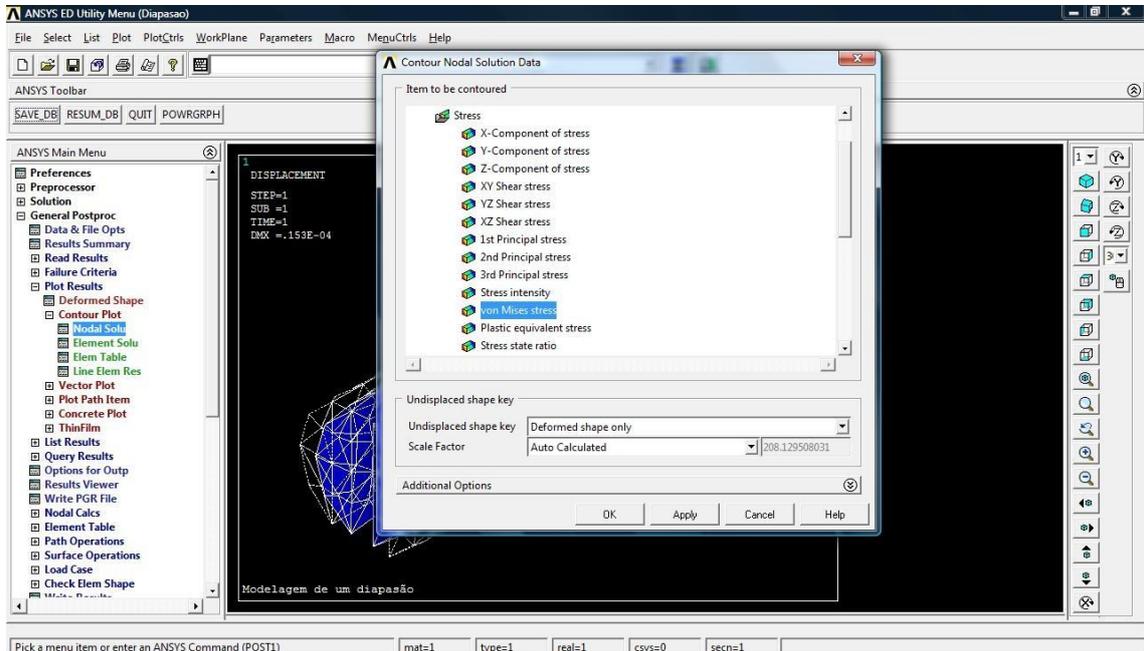
## 4. PÓS PROCESSAMENTO

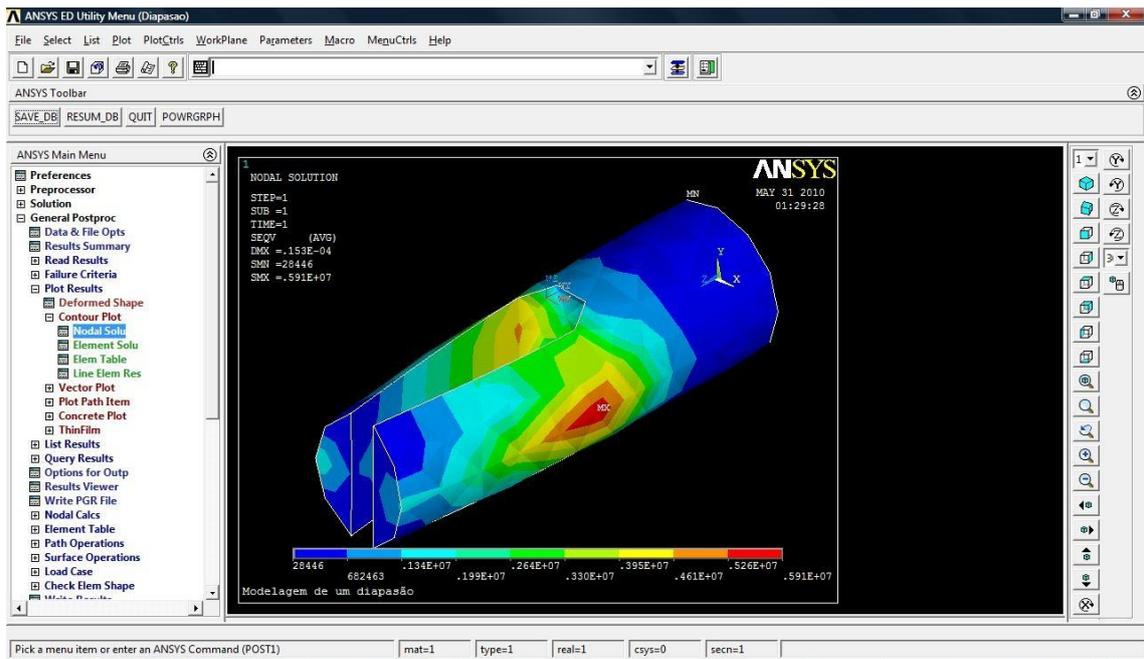
### 4.1. Gera, lista e plota os resultados:

- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Deformed Shape” para visualizar a configuração deformada da estrutura;
- ✓ Na janela “Plot Deformed Shape”, selecionar a opção “Def+undeformed” e clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Nodal Solu”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - Stress;
    - **Von Mises Stress**
- ✓ 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”.