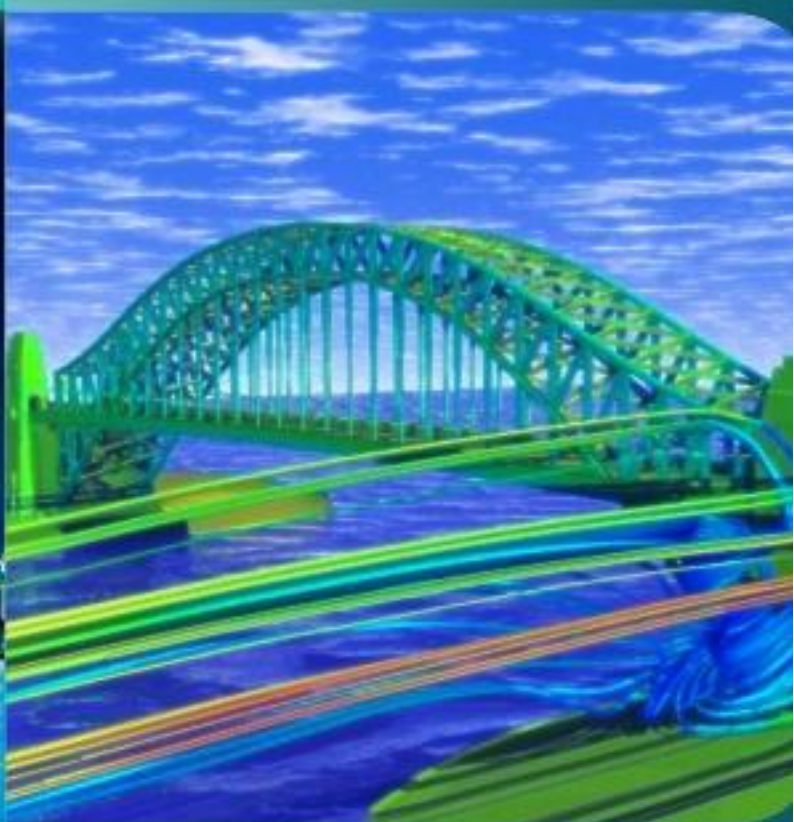




**2010**

**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**



**MODELAGEM DE FUNDAÇÃO  
ELÁSTICA**

## MODELAGEM DE FUNDAÇÃO ELÁSTICA

### INTRODUÇÃO

O objetivo deste exemplo é a discussão do comportamento de uma estrutura quando se considera a elasticidade de suas fundações (apoios). Vamos analisar o comportamento de um edifício de 14 pavimentos, modelado como pórtico plano, quando submetido à ação do vento e verificar os resultados obtidos considerando as fundações engastadas e elásticas. A figura 1 mostra a estrutura a ser analisada e o carregamento (vento) atuante.

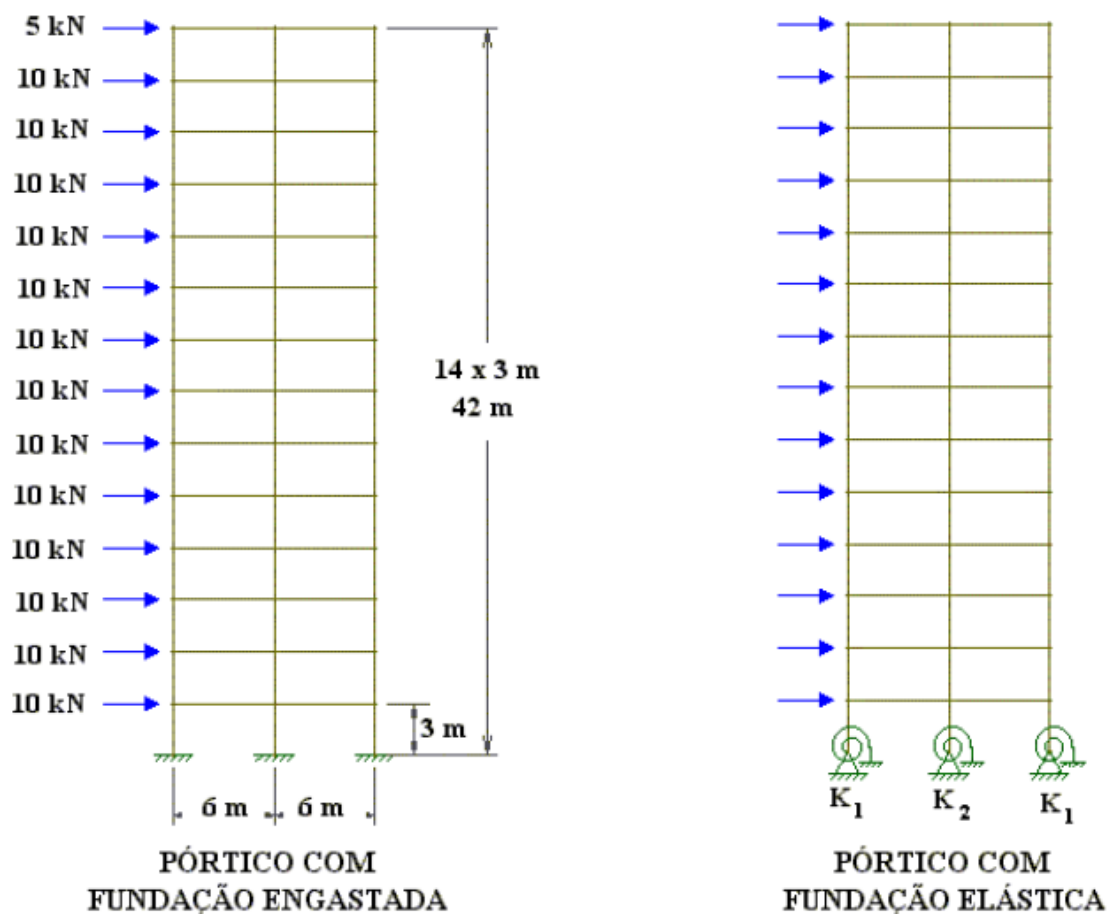


Figura 1 – Esquema do edifício (pórtico plano).

Na análise do pórtico plano deste exemplo vamos utilizar o elemento de viga bidimensional elástica – BEAM3 do ANSYS. Antes de iniciar a análise da estrutura, descrevemos as principais características deste elemento.

#### A) BEAM 3 – Elemento de viga bidimensional elástica.

##### i. Descrição do elemento BEAM 3:

BEAM3 é um elemento uniaxial, bidimensional, linear com capacidades de atuar na tração, compressão e flexão. O elemento tem 3 graus de liberdade por

nó, sendo elas, 2 translações segundo os eixos x e y, e 1 rotação em torno do eixo z.

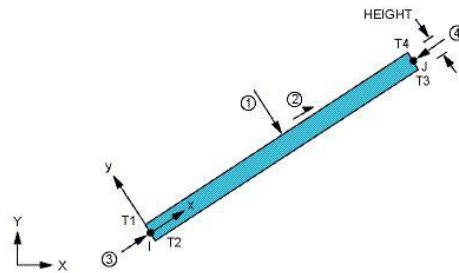


Figura 4 – Elemento BEAM 3.

ii. **Características do elemento BEAM 3:**

a. **Nome na biblioteca do ANSYS ED 9.0:** BEAM 3;

b. **Nós:** 2 (i – j);

c. **Graus de liberdade:** 3 DOF - UX, UY e ROTZ, duas translações segundo os eixos x e y e uma rotação ao redor do eixo z;

- KEYOPT (6) = 0 No printout of member forces and moments;  
1 Print out member forces and moments in the element coordinate system;
- KEYOPT (9) = N usado para informar o número N de pontos intermediários entre os nós i e j que se solicitam os resultados (cabo);
- Propriedades dos Materiais: Comando MP, label, NSET, valor onde label é:
  - EX = Módulo de Elasticidade Longitudinal ou de Young:  $E_{xx}$ ;
  - G = Módulo de Elasticidade Transversal;
  - ALPX = Coeficiente de dilatação térmica;
  - DENS = Densidade;
- Constantes Geométricas:
  - $R_1$  = Área da seção transversal A;
  - $R_2$  = Momento de inércia  $I_z$ ;
  - $R_3$  = Espessura na direção y.
- Cargas:
  - Admite prescrição nos deslocamentos: comandos D, DSYM e DK;
  - Admite cargas concentradas nos nós: comandos F, FK;
  - Admite cargas distribuídas no elemento: comandos SFBEAM, label PRESS;
  - Para a inserção de cargas de inércia (por exemplo, o peso próprio), utilizar ACEL.
    - LOADKEY: 1 – sentido ij; direção – y normal;

- LOADKEY: 2 – sentido ij; direção + x tangente;
- LOADKEY: 3 – sentido i; direção + x axial;
- LOADKEY: 4 – sentido j; direção – x axial.
- Resultados: (os mais importantes fornecidos pelo programa)
  - Deslocamentos e deformações;

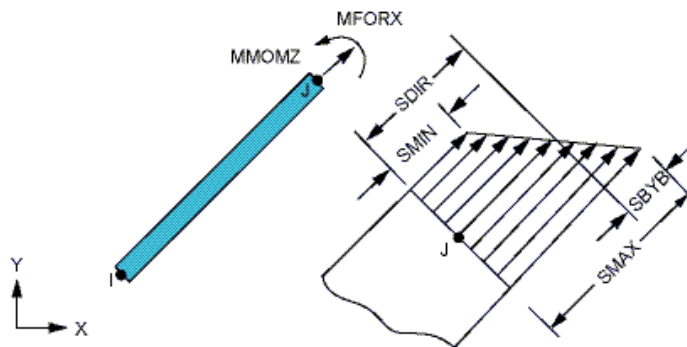


Figura 5 – Resultados fornecidos.

- i. Deslocamentos e deformações: Para o KEYOPT(9)=0
  1. Esforço normal nas barras;
    - a. Nó inicial NXI=SMISC(1)
    - b. Nó final NXJ=SMISC(7)
  2. Esforço cortante;
    - a. Nó inicial QYI=SMISC(2)
    - b. Nó final QYJ=SMISC(8)
  3. Momentos Fletores;
    - a. Nó inicial MZI=SMISC(6)
    - b. Nó final MZJ=SMISC(12)
- ii. Deslocamentos e deformações: Para o KEYOPT(9)=1
  1. Esforço normal nas barras;
    - a. Nó inicial NXI=SMISC(1)
    - b. Nó IL intermediário: NX1=SMISC(7)
    - c. Nó final NXJ=SMISC(13)
  2. Esforço cortante direção  $y_i$ ;
    - a. Nó inicial QYI=SMISC(2)
    - b. Nó IL intermediário: QY1=SMISC(8)
    - c. Nó final QYJ=SMISC(14)
  3. Momentos Fletores em torno do eixo  $z_i$ ;
    - a. Nó inicial MZI=SMISC(6)
    - b. Nó IL intermediário: MZ1=SMISC(12)
    - c. Nó final MYJ=SMISC(17)
- iii. E assim por diante para o KEYOPT(9) = 3, 5, 7 e 9
- Tensões:

Nomes da tensões	<u>ETABLE</u> e <u>ESOL</u>			
	Item	E	I	J
SDIR	LS	-	1	4
SBYT	LS	-	2	5
SBYB	LS	-	3	6
SMAX	NMISC	-	1	3
SMIN	NMISC	-	2	4

- Restrições:
  - Comprimento do elemento deve ser positivo;
  - Área da seção transversal não deve ser negativa;

### PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- Vigas 12 x 60 cm.
  - R1 = área da seção transversal       $A = 0.072 \text{ m}^2$ .
  - R2 = momento de inércia               $IZZ = 0.216\text{E-}2\text{m}^4$ ;
  - R3 = espessura                           $h = 0.60 \text{ m}$ ;
- Pilares externos do 1º ao 6º pavimentos e pilares centrais do 7º ao 14º: 20 x 60 cm.
  - R1 = área da seção transversal       $A = 0.120 \text{ m}^2$ .
  - R2 = momento de inércia               $IZZ = 0.360\text{E-}2\text{m}^4$ ;
  - R3 = espessura                           $h = 0.60 \text{ m}$ ;
- Pilares externos do 7º ao 14º pavimentos: 20 x 40 cm.
  - R1 = área da seção transversal       $A = 0.080 \text{ m}^2$ .
  - R2 = momento de inércia               $IZZ = 0.107\text{E-}2\text{m}^4$ ;
  - R3 = espessura                           $h = 0.40 \text{ m}$ ;
- Pilares centrais do 1º ao 6º pavimentos: 20 x 80 cm.
  - R1 = área da seção transversal       $A = 0.160 \text{ m}^2$ .
  - R2 = momento de inércia               $IZZ = 0.853\text{E-}2\text{m}^4$ ;
  - R3 = espessura                           $h = 0.80 \text{ m}$ ;

### PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- Módulo de elasticidade longitudinal = E:  $2.9\text{E}7 \text{ KN/m}^2$ ;
- Módulo de elasticidade transversal = G:  $1.16\text{E}7 \text{ KN/m}^2$ ;
- Constantes elásticas:
  - $K_1 = 45000 \text{ KN.m/rad}$ ;
  - $K_2 = 90000 \text{ KN.m/rad}$ ;



MODELO 1: COM FUNDAÇÃO RÍGIDA

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: “**Fundação elástica**”;
- ✓ 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: “**fundacao\_elastica**”;
- ✓ 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.

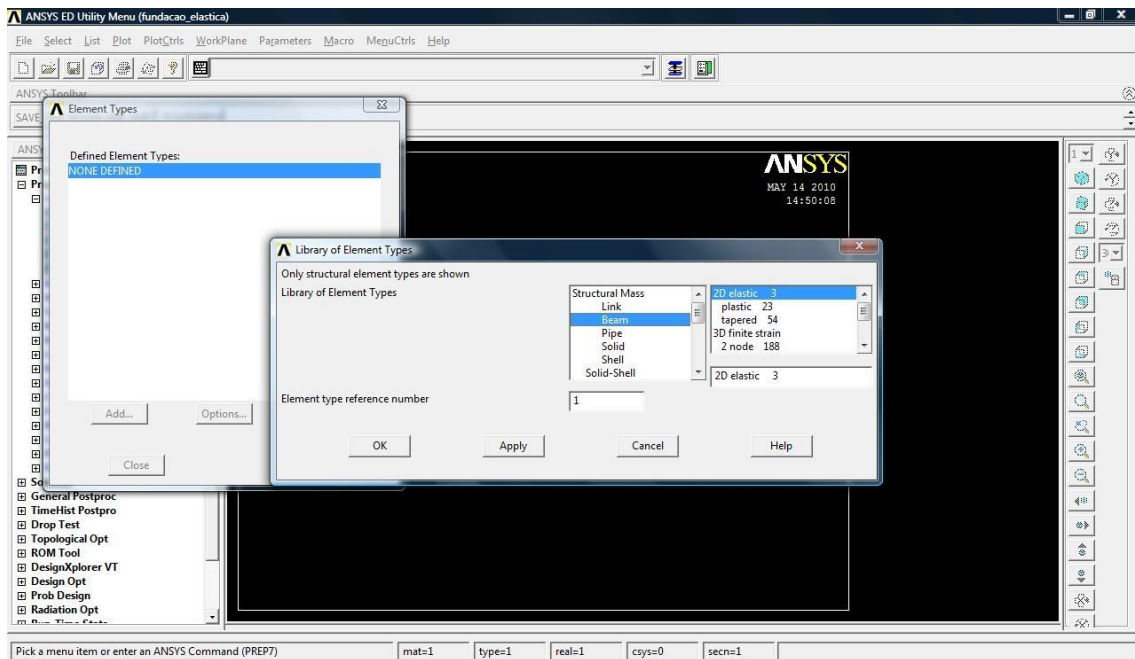
2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

- ✓ 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 Beam**”, “**2D Elastic 3**” e clicar em “OK”;

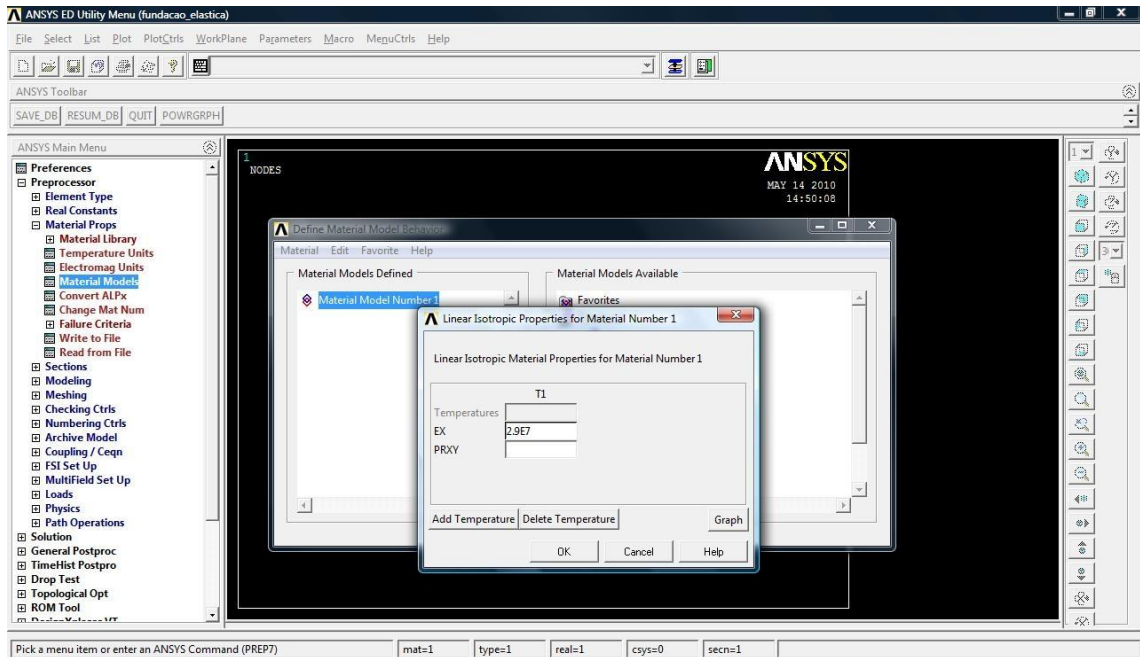


- ✓ Fechar a janela do “Element Types”;

C

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

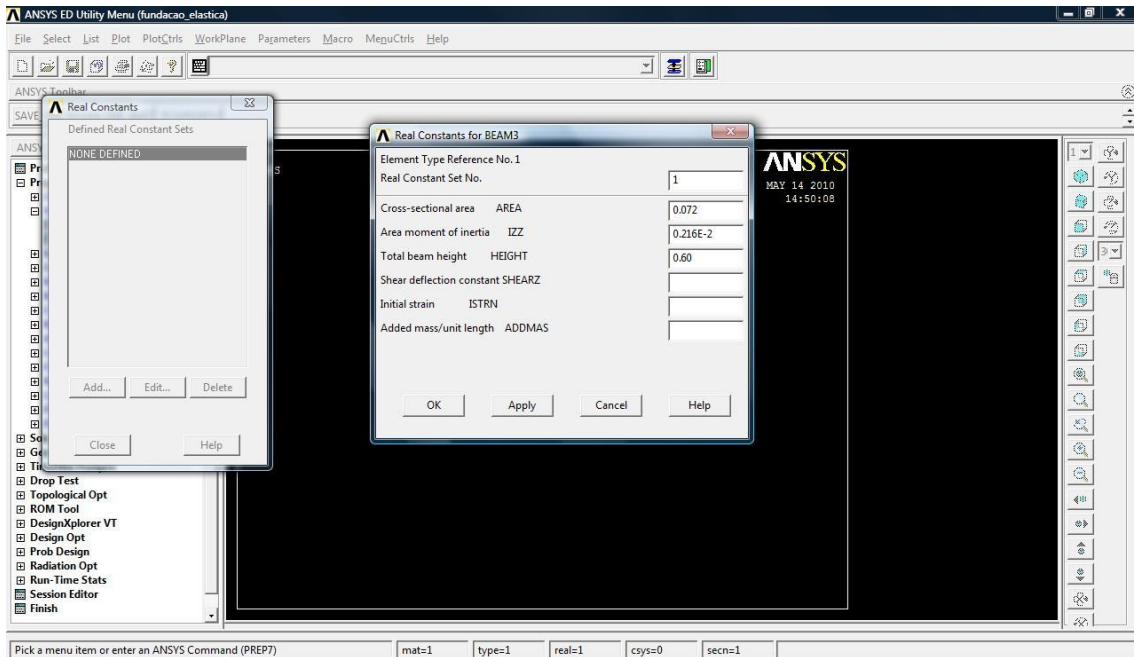
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”, “Material Models”;
- ✓ Na nova janela que abrir, para o “Material Model Number 1”, no quadro “Material Models Available” selecionar: “Structural>Linear>Elastic>Isotropic”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
- ✓ A janela “Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1” irá abrir. Inserir na lacuna “EX” o valor referente ao Módulo de Elasticidade do material e clicar em “OK”:
  - EX = **2.9E7**;
- ✓ 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;
- ✓ Selecionar o elemento 1 em “Choose element type” e clicar em OK;
- ✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for “BEAM 3” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. = 1
  - AREA = 0.072
  - IZZ = 0.216E-2
  - HEIGHT = 0.60
- ✓ Clicar em “APPLY”;

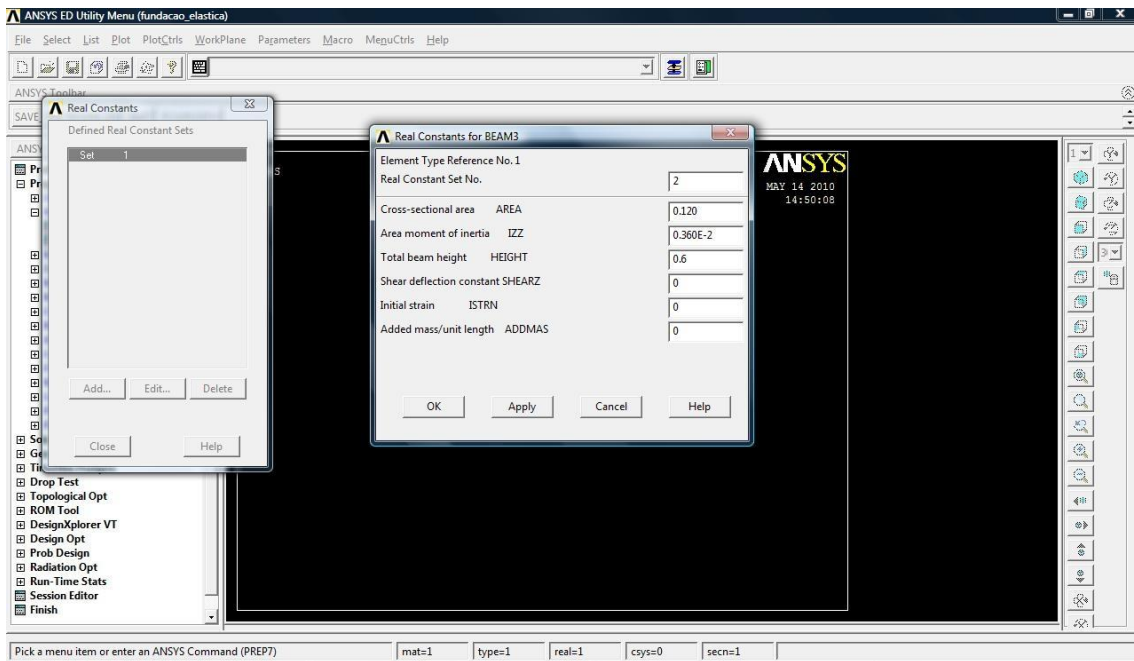




✓ A janela “Real Constants Set Number 2, for “BEAM 3” irá aparecer. Deve-se inserir:

- Real Constant Set No. = 2
- AREA = 0.120
- IZZ = 0.360E-2
- HEIGHT = 0.60

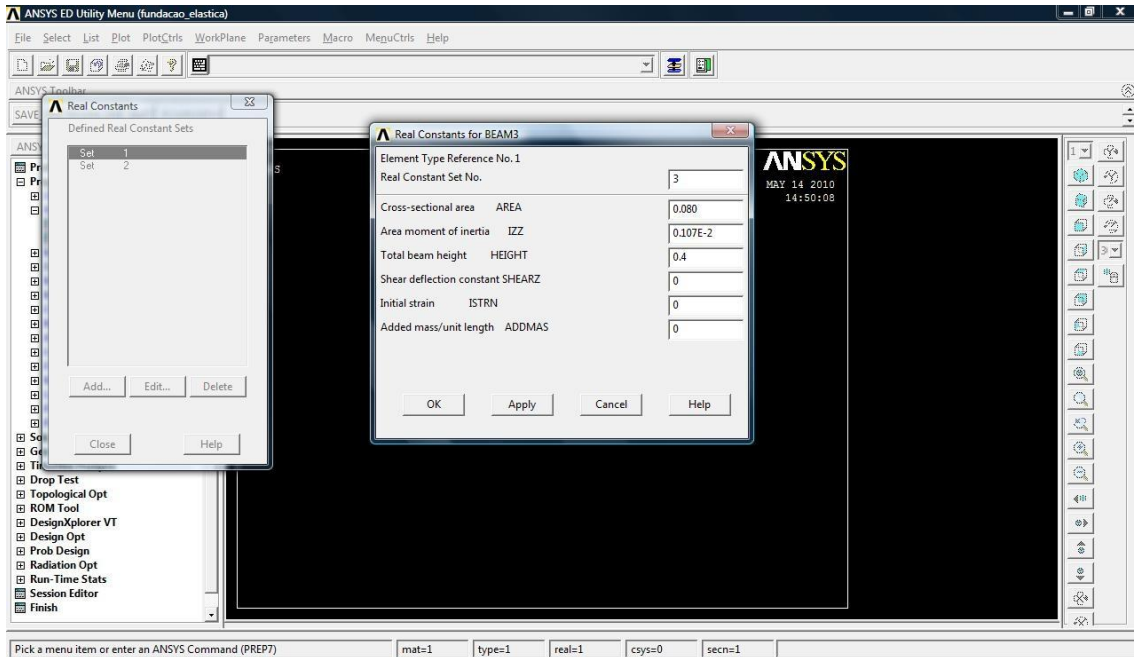
✓ Clicar em “APPLY”;



✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for “BEAM 3” irá aparecer. Deve-se inserir:

- Real Constant Set No. = 3
- AREA = 0.080
- IZZ = 0.107E-2
- HEIGHT = 0.40

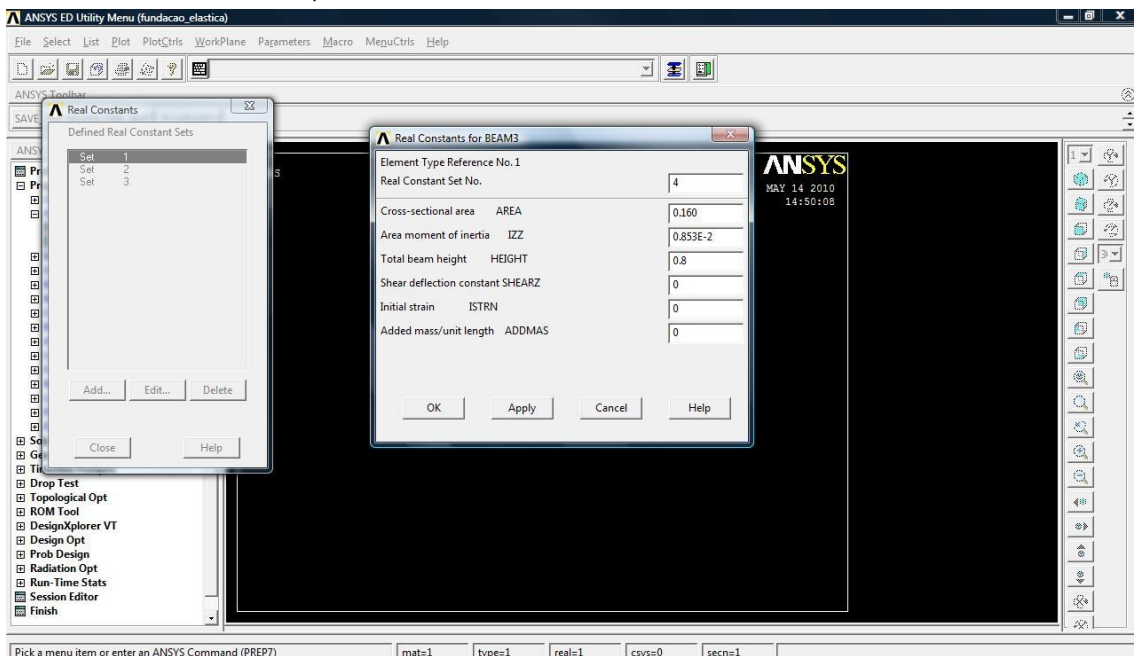
✓ Clicar em “APPLY”;



✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for “BEAM 3” irá aparecer. Deve-se inserir:

- Real Constant Set No. = 4
- AREA = 0.160
- IZZ = 0.853E-2
- HEIGHT = 0.80

✓ Clicar em “OK”;



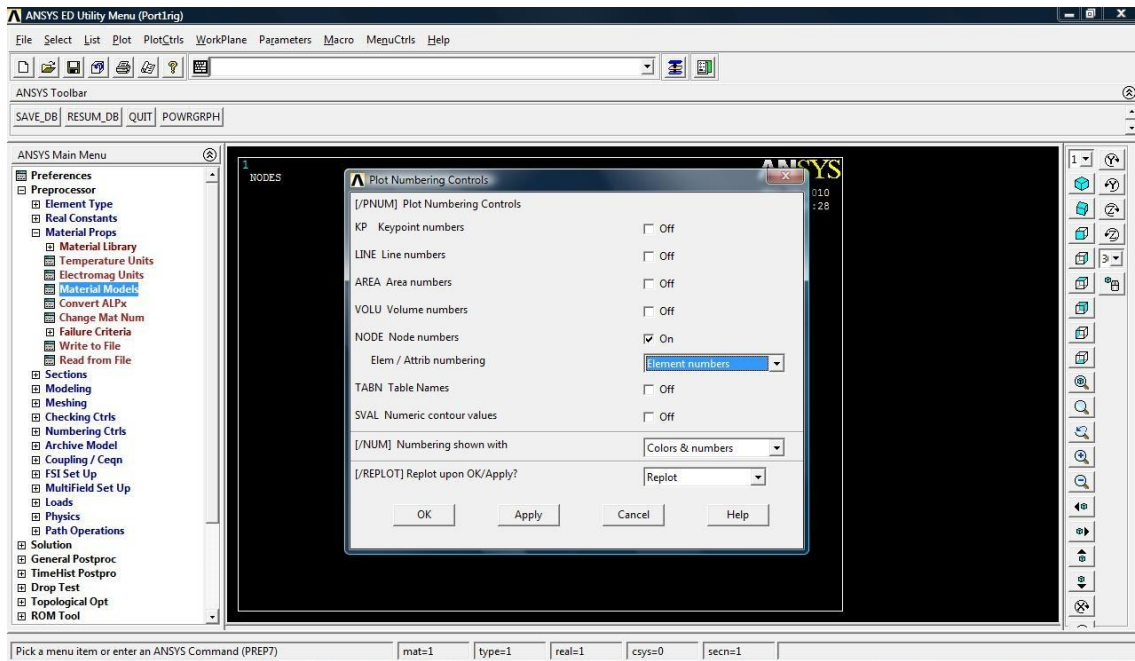
✓ Fechar a janela do “Real Constants”;

D

## 2.4. Cria o modelo geométrico:

### 2.4.1. Numera os nós e elementos:

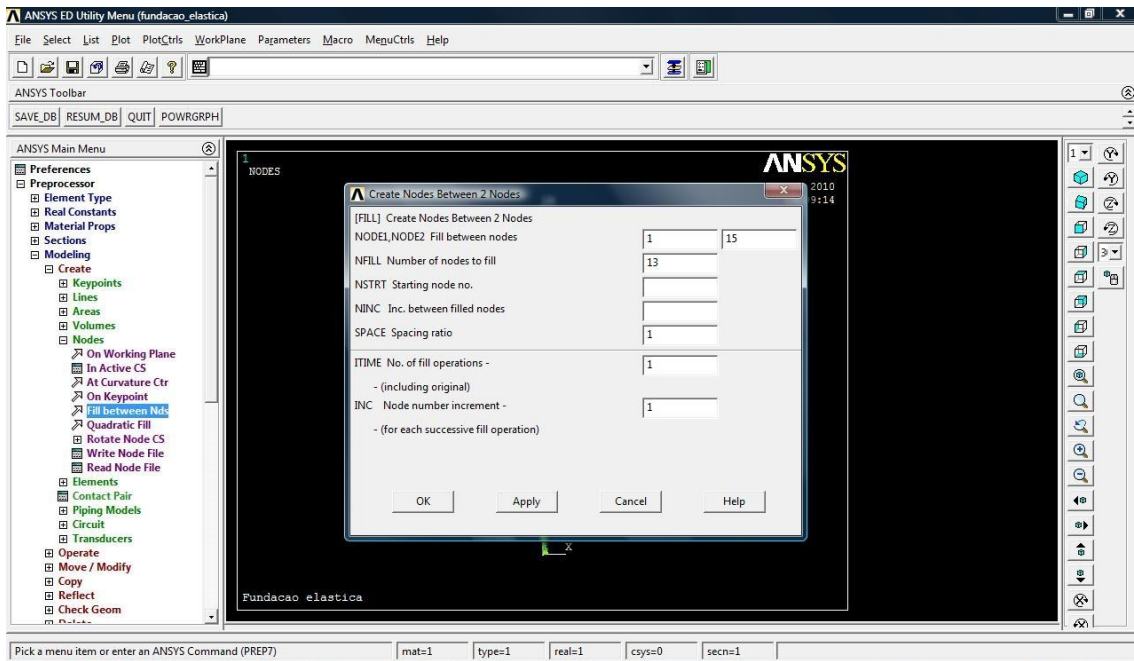
- ✓ No ANSYS Utility Menu clicar em “PlotCtrls” e acessar a opção “Numbering”;
- ✓ Na nova janela que aparecer, selecionar:
  - NODE Node Numbers **ON**
  - Elem-Attrib numbering **Element Numbers**
- ✓ Clicar em “OK” .



#### 2.4.2. Cria os nós que compõe a malha de elementos finitos no sistema de coordenadas ativo:

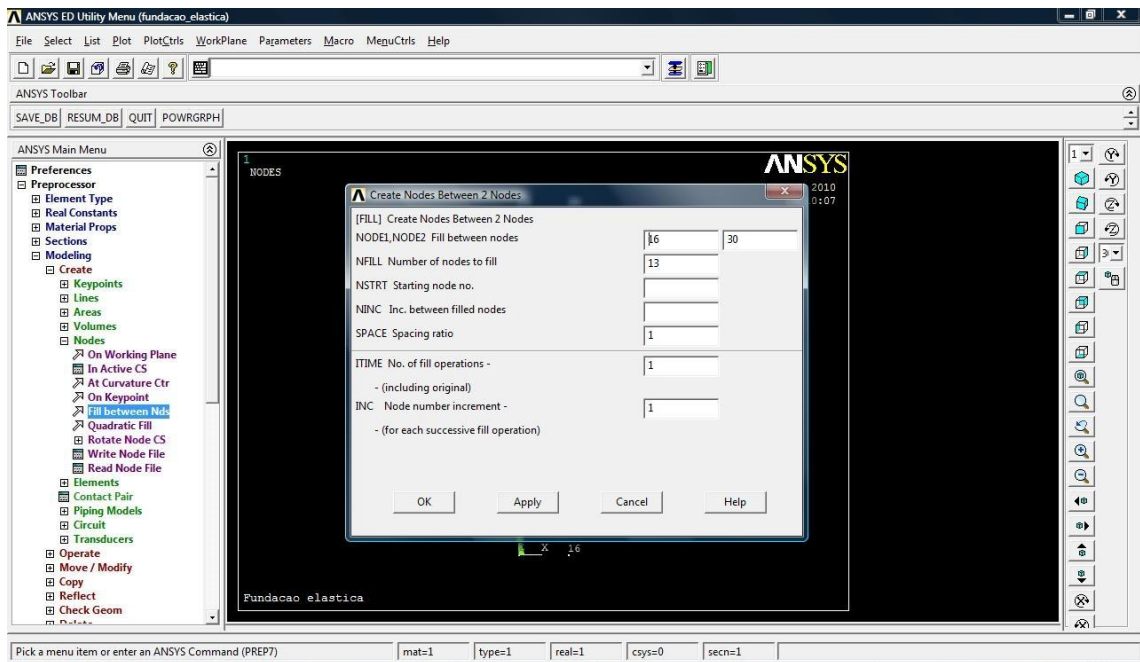
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Nodes”, “In Active CS”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir um número para o nó que será criado em “NODE Node Number” e as coordenadas X e Y;
- ✓ Para criar o primeiro nó:
  - NODE Node Number : **1;**
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0      Y = 0;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo nó:
  - NODE Node Number : **15;**
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0      Y = 42;**
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Nodes”, “Fill Between Nodes” (esta ferramenta serve para criar nós entre nós preexistentes);
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **1 e 15**, anteriormente criados, e clicar em “OK”;

- ✓ Uma nova janela se abrirá. Então determinar:
  - NFILL (número de nós a serem criados entre os nós selecionados) = **13**;
  - NINC (Inc. between filled nodes) = **1**;
  - SPACE (Spacing ratio) = **1**.
- ✓ Clicar em “OK”;

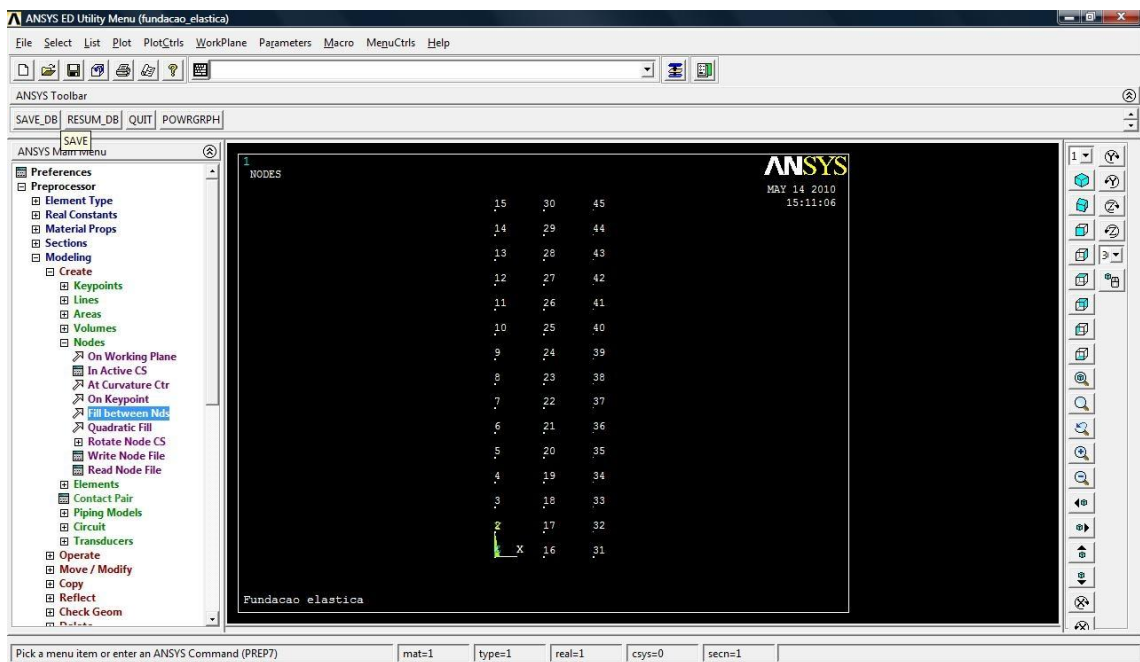
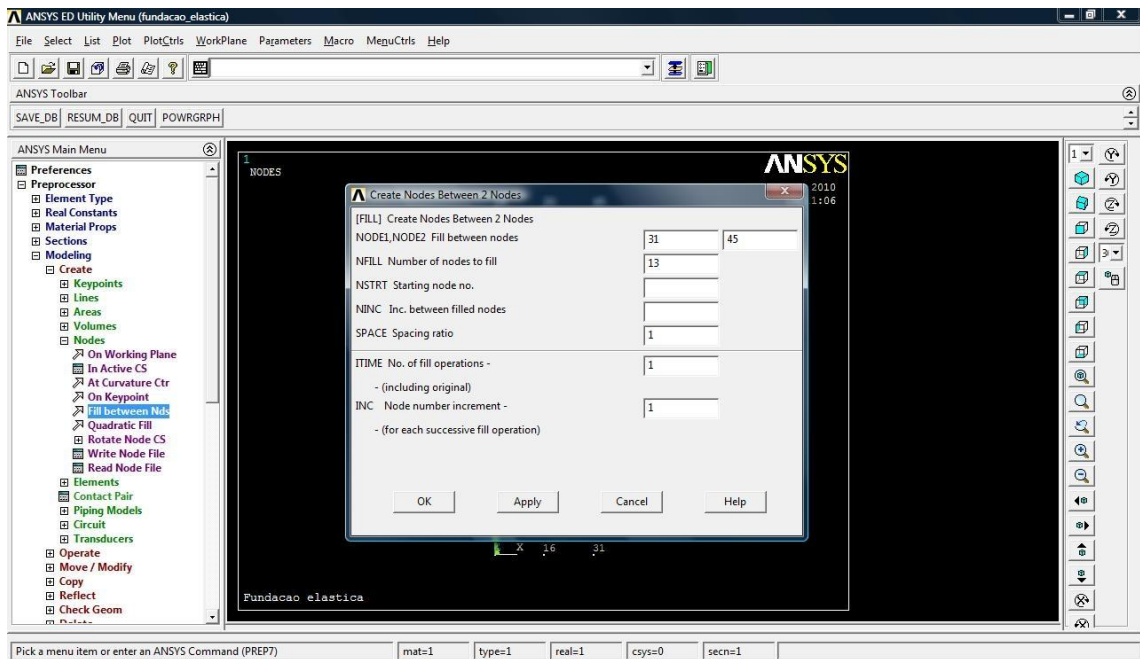


- ✓ Para criar o próximo nó:
  - NODE Node Number : **16**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 6 Y = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo nó:
  - NODE Node Number : **30**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 6 Y = 42**;
- ✓ Clicar em “OK”;

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Nodes”, “Fill Between Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **16 e 30**, anteriormente criados, e clicar em “OK”;
- ✓ Uma nova janela se abrirá. Então determinar:
  - NFILL (número de nós a serem criados entre os nós selecionados) = **13**;
  - NINC (Inc. between filled nodes) = **1**;
  - SPACE (Spacing ratio) = **1**.
- ✓ Clicar em “OK”;



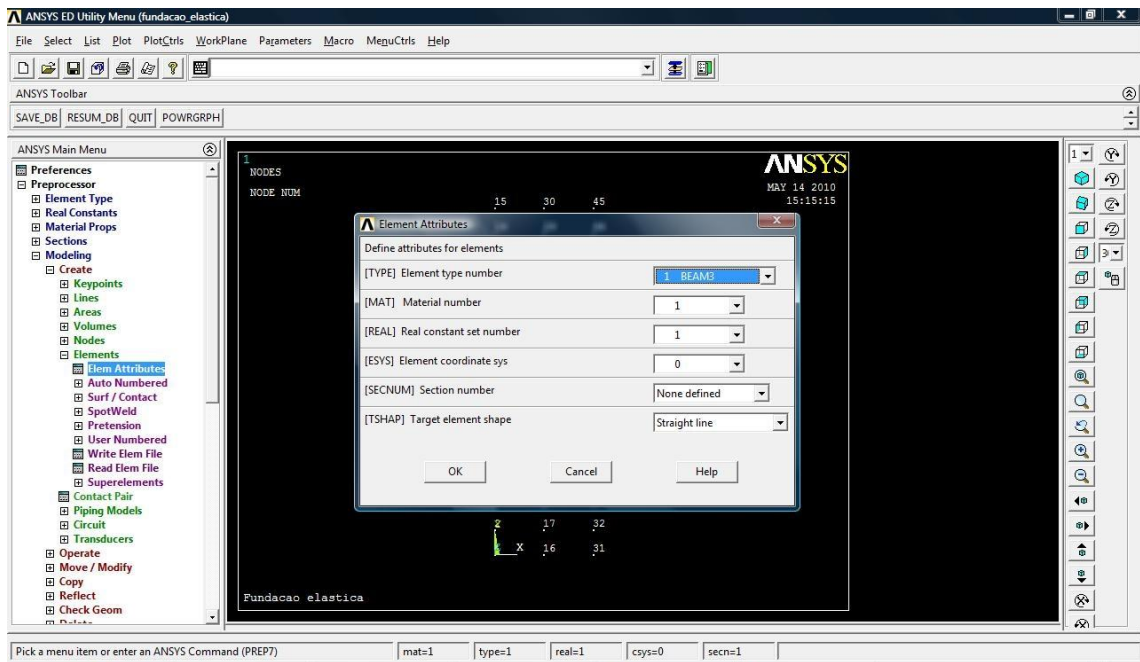
- ✓ Para criar o próximo nó:
  - NODE Node Number : **31**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 12 Y = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo nó:
  - NODE Node Number : **45**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 12 Y = 42**;
- ✓ Clicar em “OK”;
  
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Nodes”, “Fill Between Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **31 e 45**, anteriormente criados, e clicar em “OK”;
- ✓ Uma nova janela se abrirá. Então determinar:
  - NFILL (número de nós a serem criados entre os nós selecionados) = **13**;
  - NINC (Inc. between filled nodes) = **1**;
  - SPACE (Spacing ratio) = **1**.
- ✓ Clicar em “OK”;



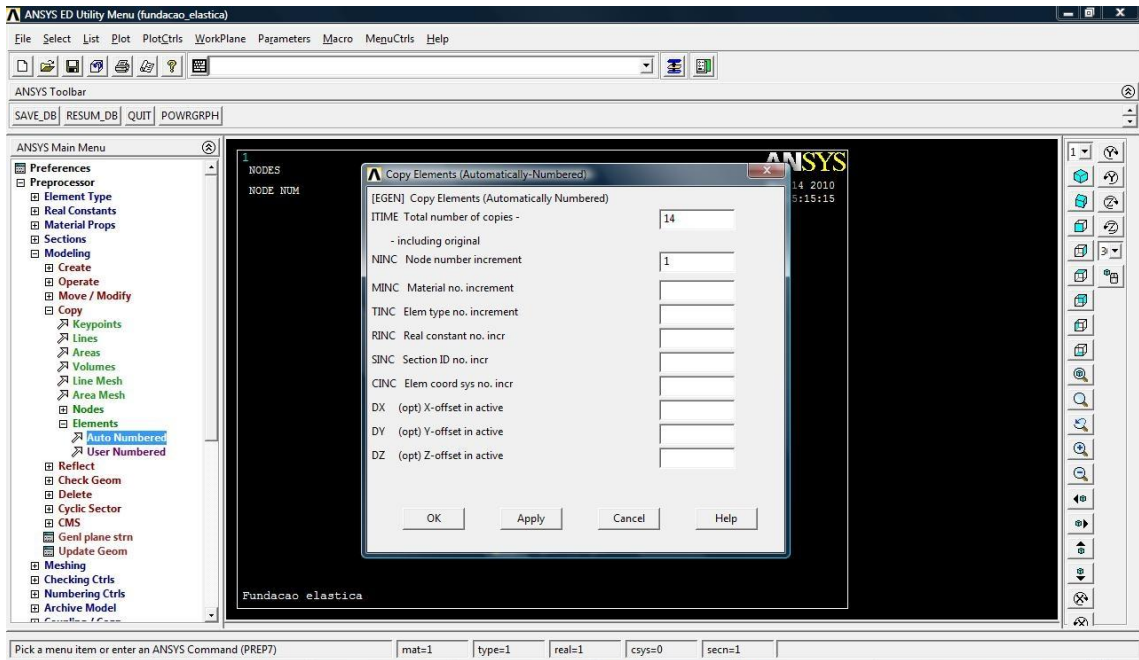
### 2.4.3. Cria os elementos:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
  - TYPE                    **1**
  - MAT                      **1**
  - REAL                    **1**
- ✓ Clicar em “OK”.

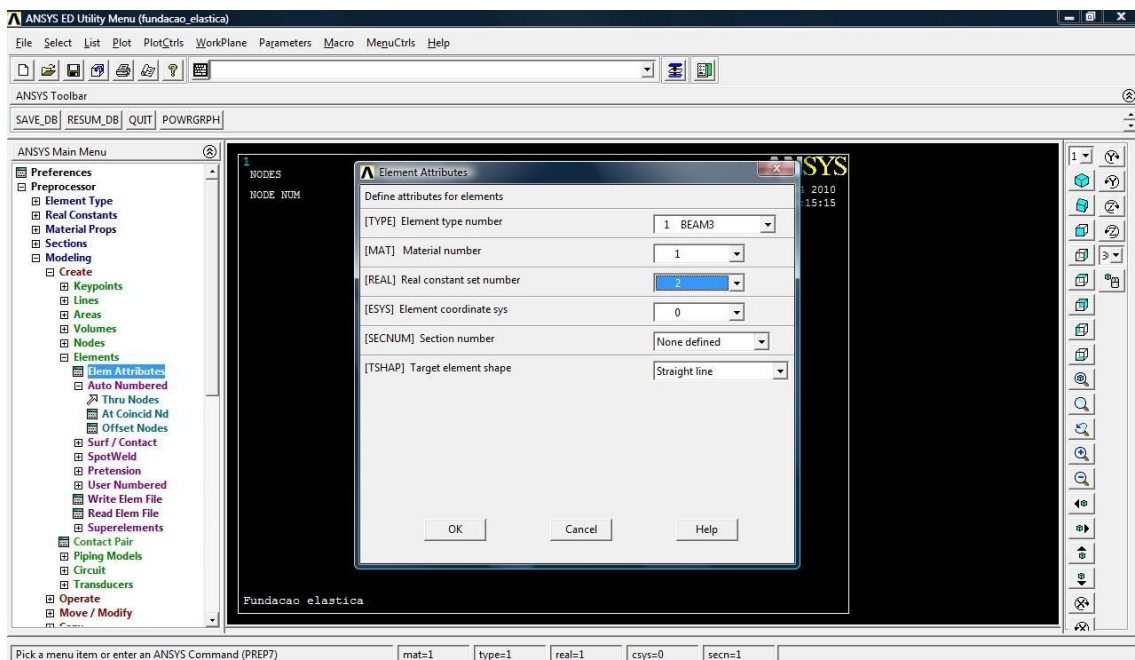




- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **2 e 17** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **17 e 32** e clicar em “OK”;
  
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Na nova janela, selecionar os elementos **1 e 2** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
  - ITIME = **14**
  - NINC = **1**
- ✓ Clicar em “OK”;

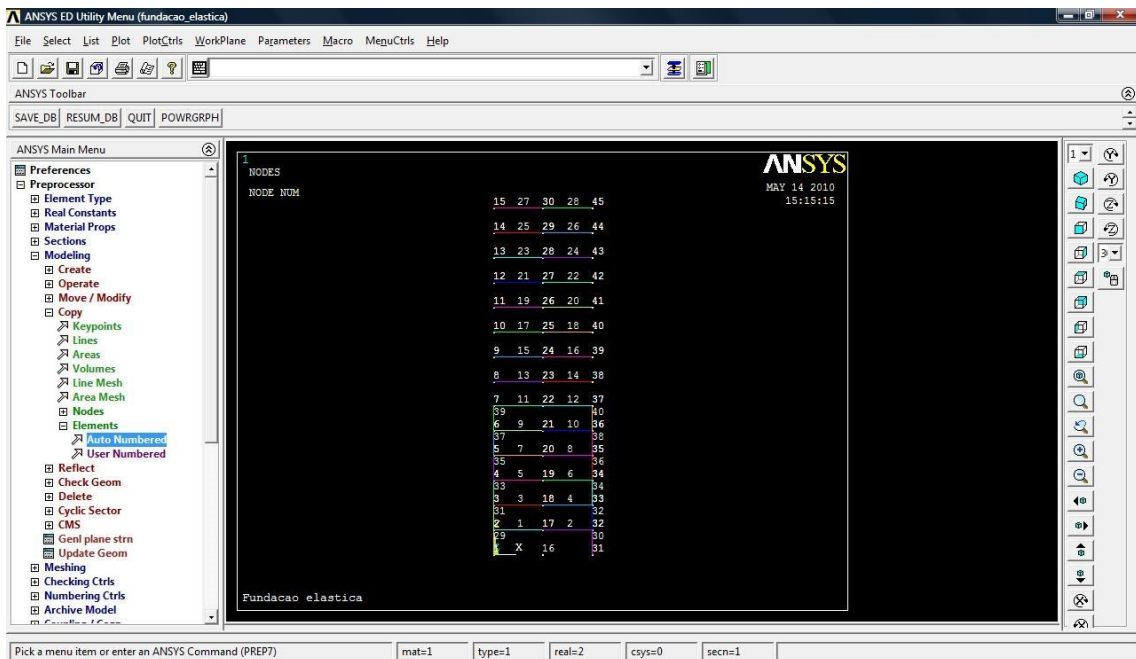
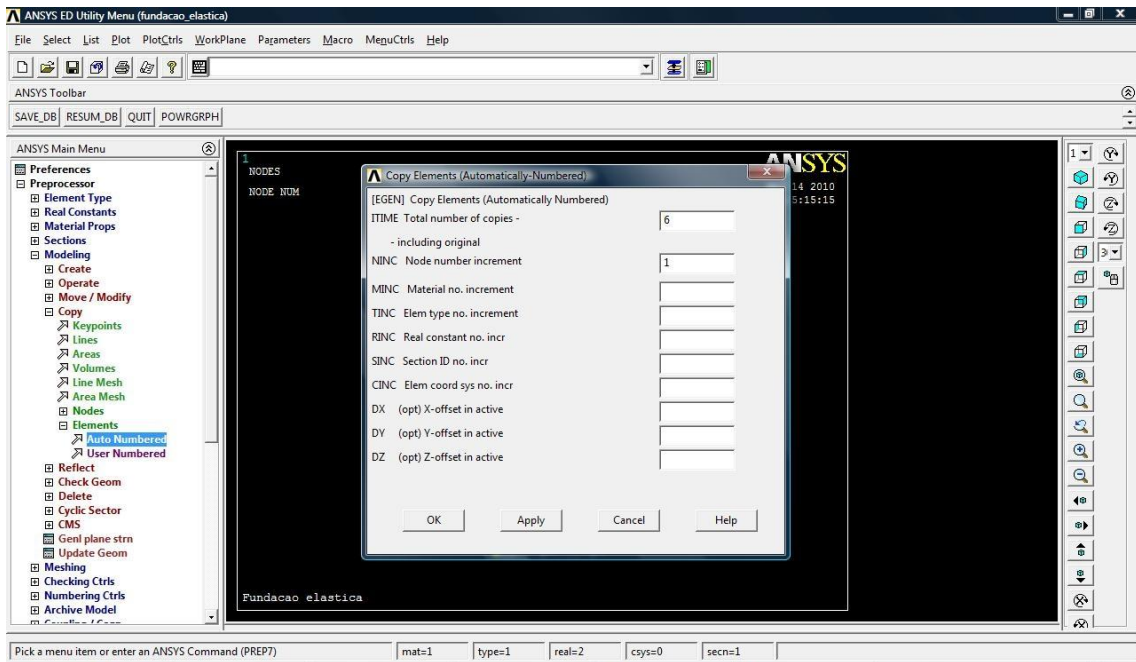


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
  - TYPE 1
  - MAT 1
  - REAL 2
- ✓ Clicar em “OK”.



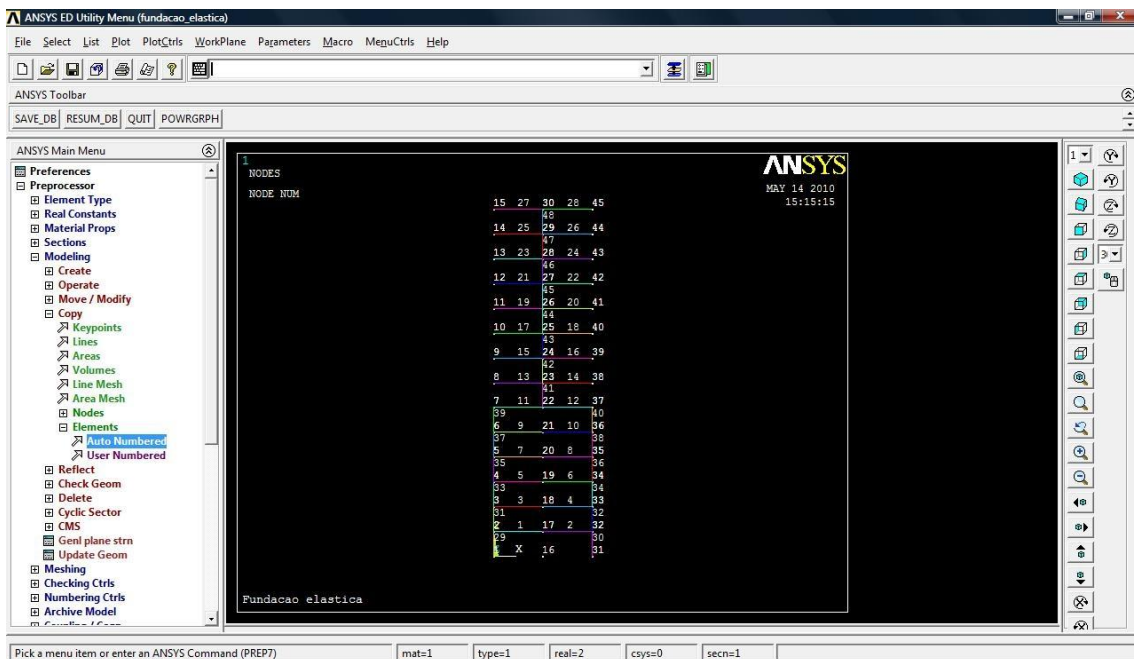
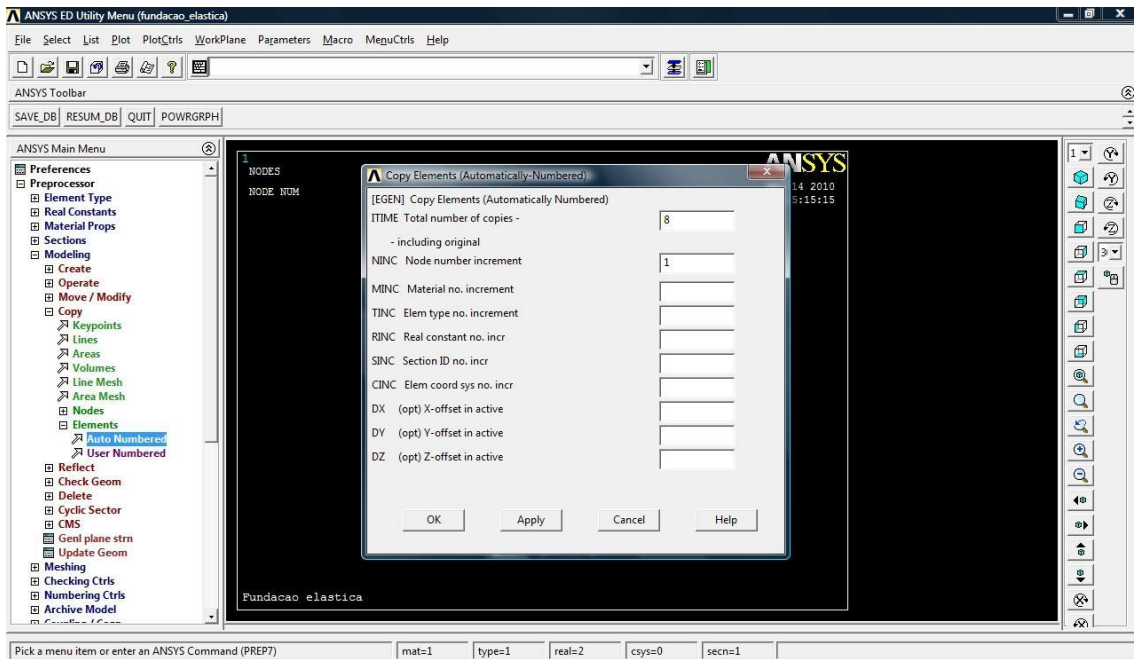
- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós 1 e 2 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós 31 e 32 e clicar em “OK”;

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Na nova janela, selecionar os elementos **29 e 30** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
  - ITIME = 6
  - NINC = 1
- ✓ Clicar em “OK”;



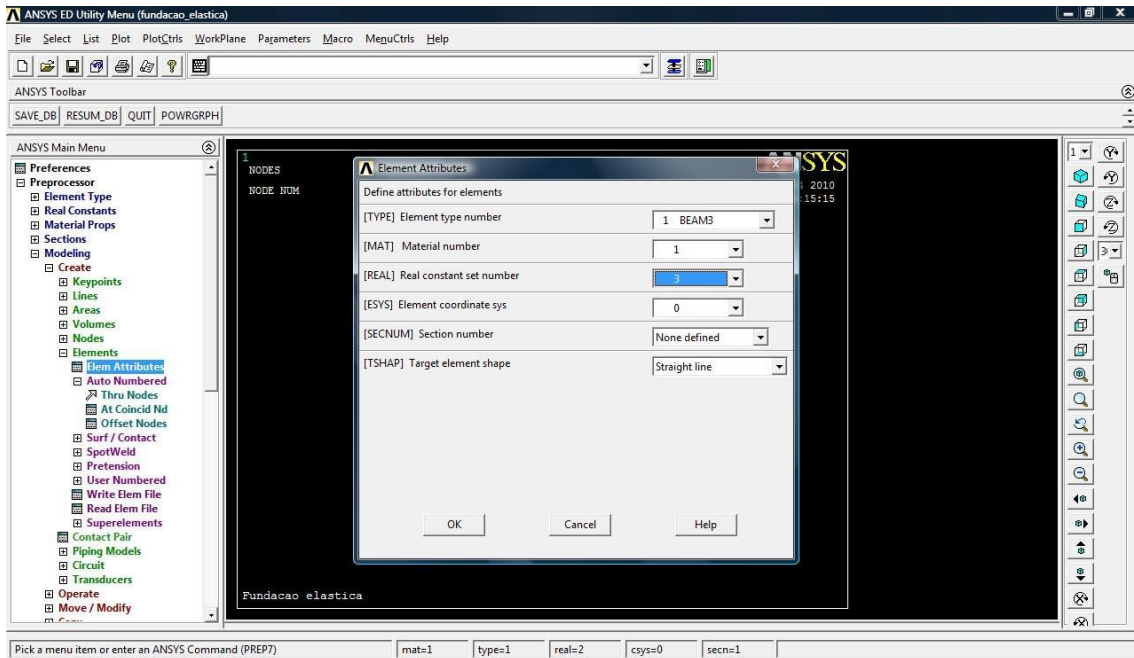
- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Apontar nós **22 e 23** e clicar em “OK”;

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Na nova janela, selecionar o elemento **41** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
  - ITIME = **8**
  - NINC = **1**
- ✓ Clicar em “OK”;



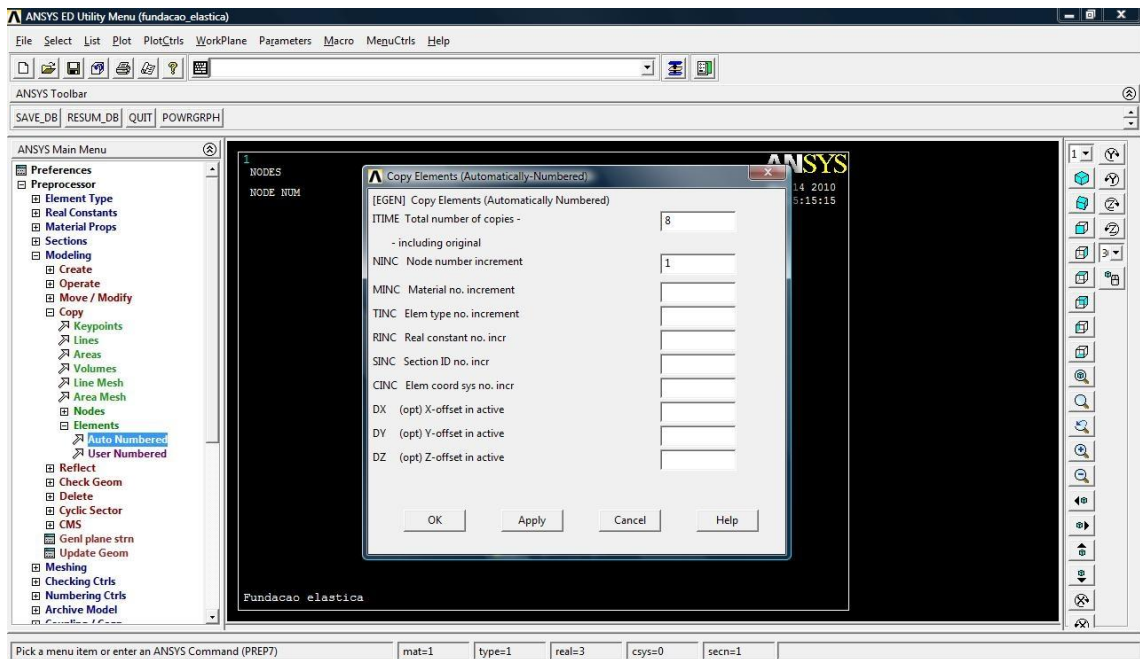
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:

- TYPE                    1
  - MAT                     1
  - REAL                    3
- ✓ Clicar em “OK”.

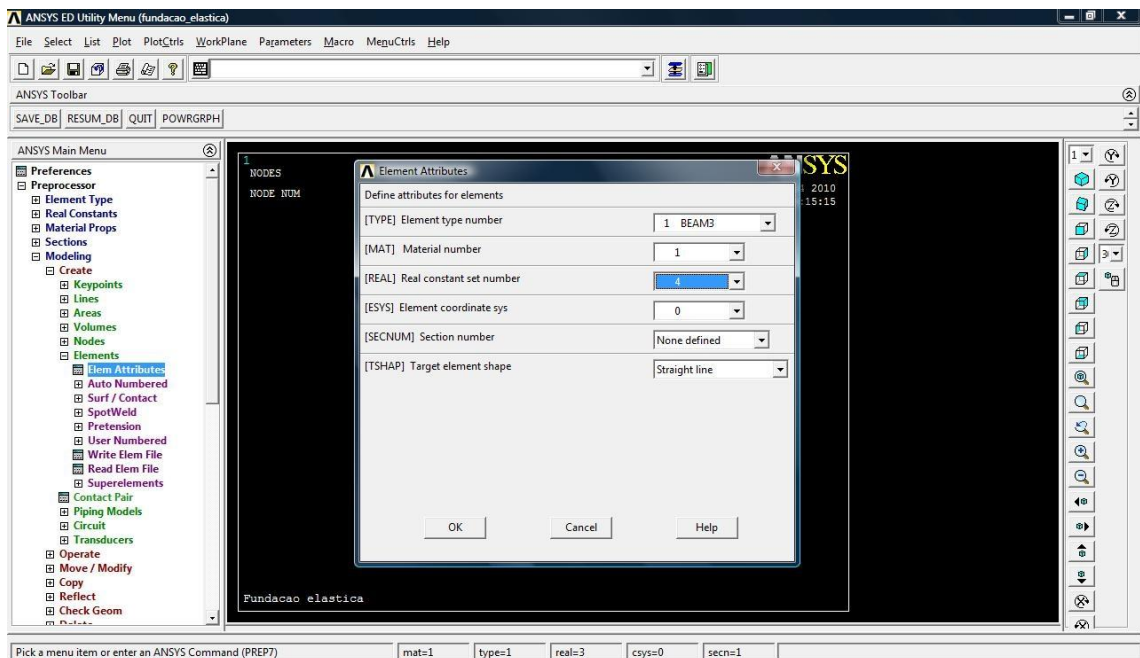


- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **7 e 8** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **37 e 38** e clicar em “OK”;
  
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Na nova janela, selecionar os elementos **49 e 50** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
  - ITIME = **8**
  - NINC = **1**
- ✓ Clicar em “OK”;





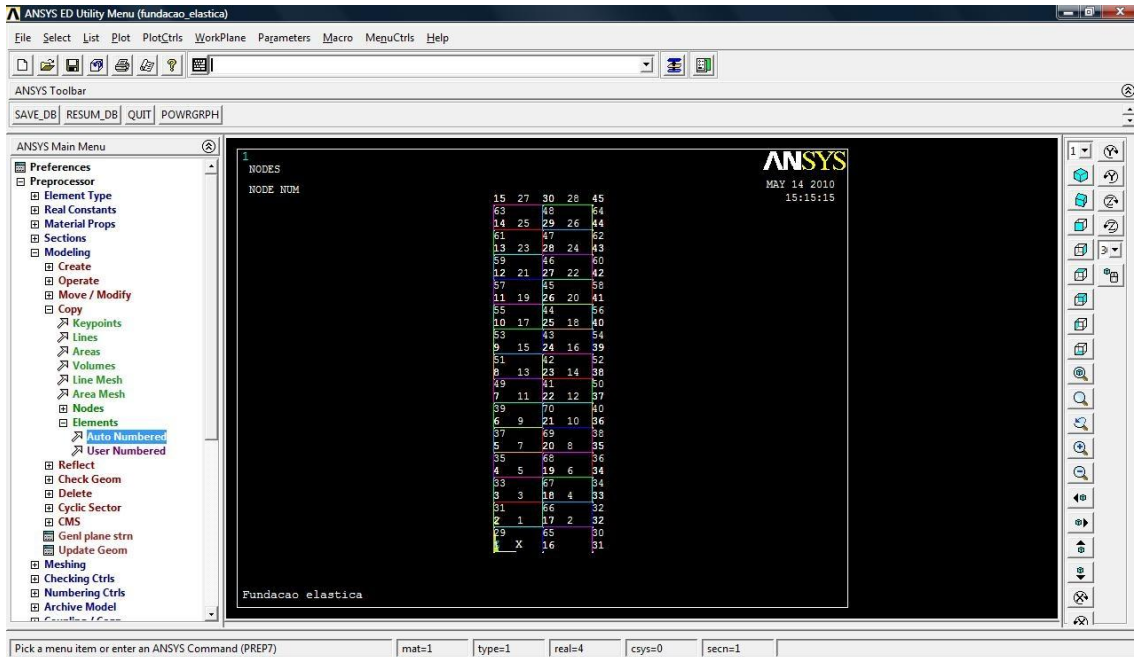
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
  - TYPE **1**
  - MAT **1**
  - REAL **4**
- ✓ Clicar em “OK”.



- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Apontar nós **16 e 17** e clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Na nova janela, selecionar o elemento **65** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
  - ITIME = 6
  - NINC = 1
- ✓ Clicar em “OK”;

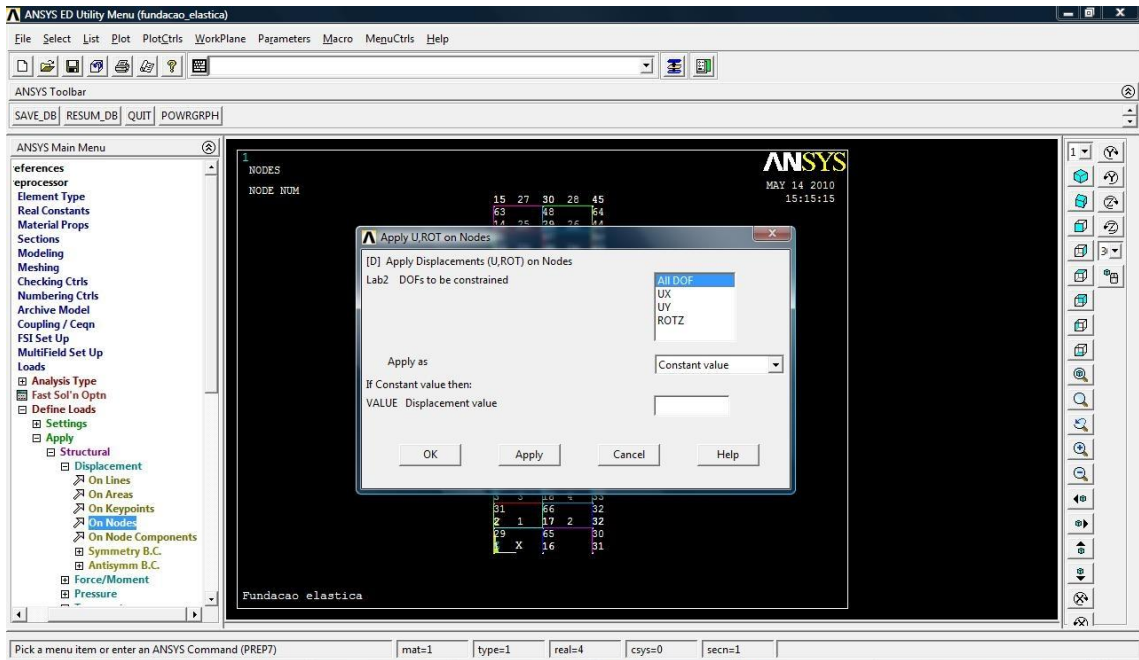


E

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

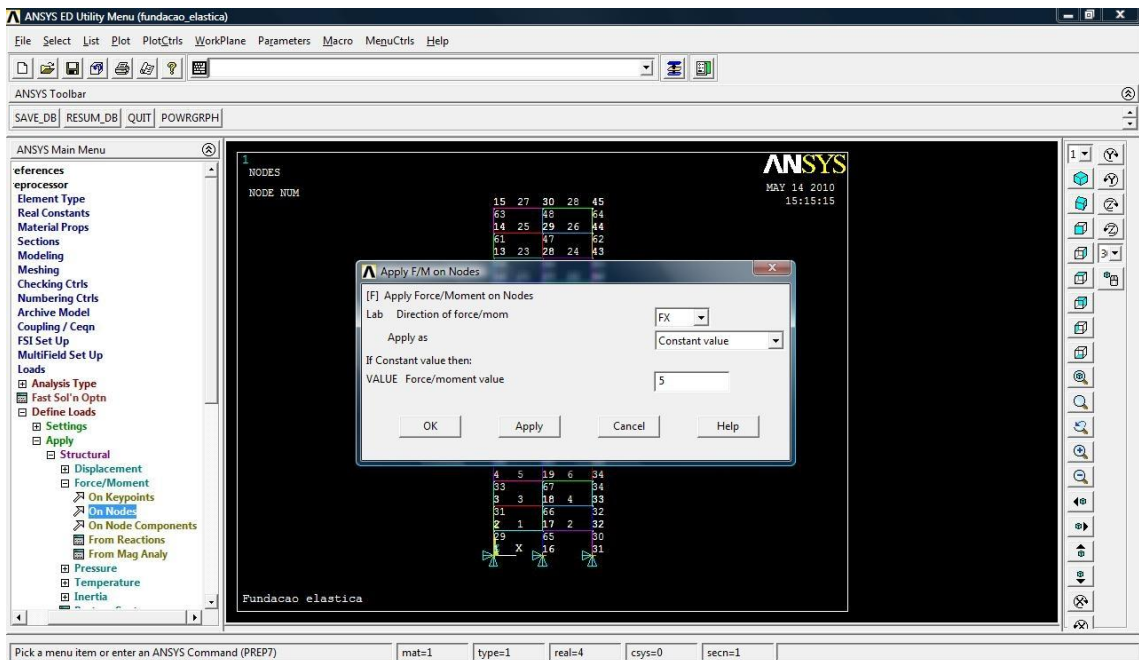
### 2.5.1. Fornece apoios:

- ✓ Dentro do “Solution” selecionar “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Apontar os nós **1, 16 e 31** e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “**ALLDOF**”;
- ✓ Clicar em “OK”;



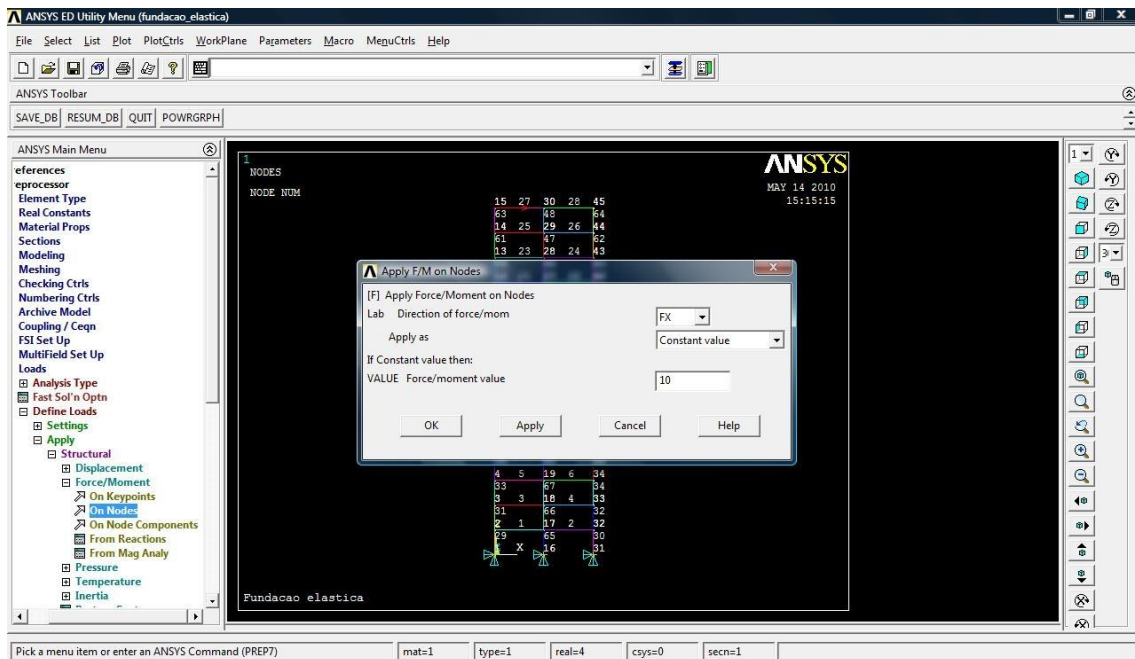
### 2.5.2. Aplicar as cargas:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Force/Moment”, “On Nodes”;
- ✓ Apontar o nó 15 e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
  - Direction of força/mom **FX**
  - VALUE Force/moment value **5**
- ✓ Clicar em “APPLY”.



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Force/Moment”, “On Nodes”;

- ✓ Apontar os nós **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
  - Direction of força/mom **FX**
  - VALUE Force/moment value **10**
- ✓ Clicar em “OK”.



### 2.5.3. Salvando dados no arquivo fundacao\_elastica.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”.

G

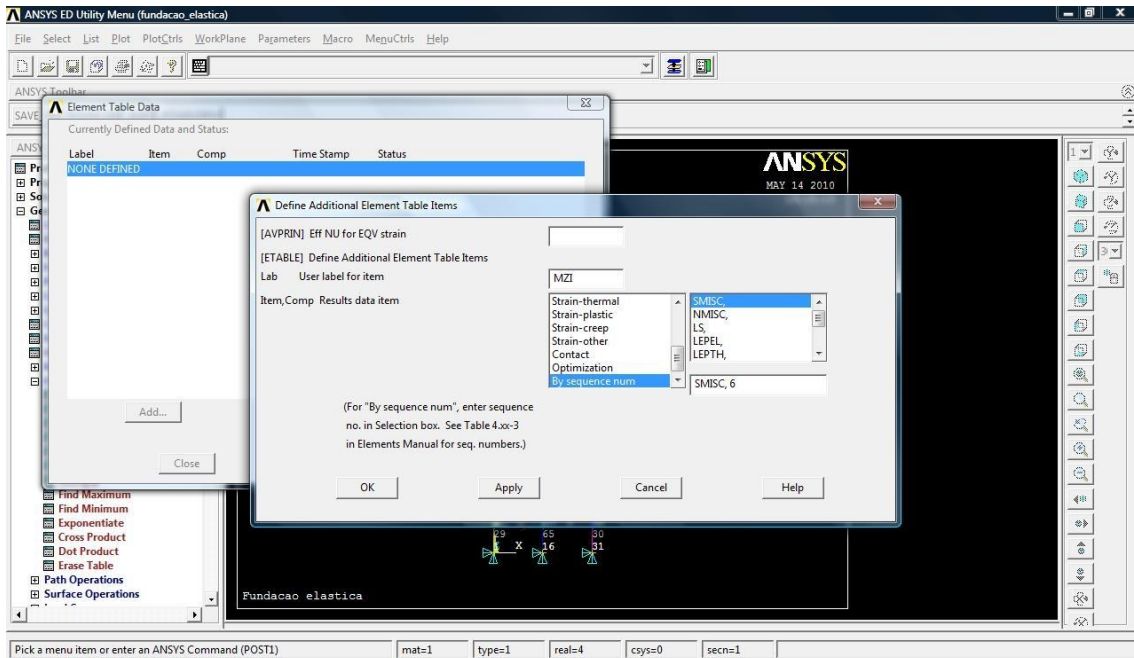
## 4. PÓS PROCESSAMENTO

### 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:

- LAB
  - Item, comp
- MZI**  
By sequence number
- SMISC**  
**SMISC,6**

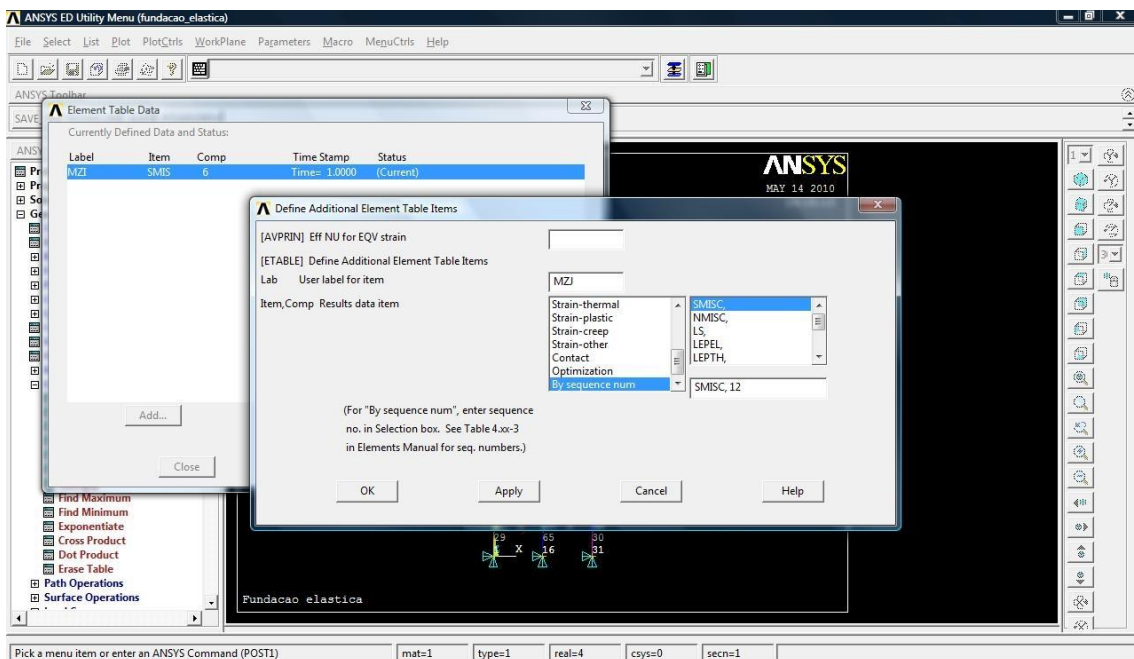
✓ Clicar em “APPLY”.



✓ Na nova janela, definir:

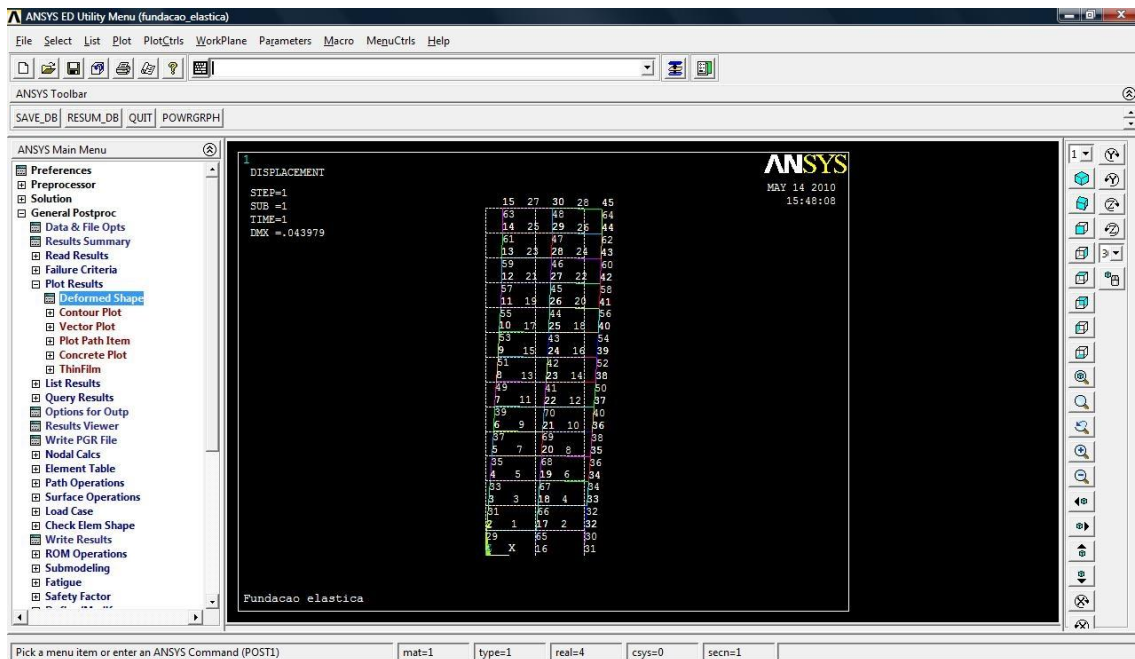
- LAB
  - Item, comp
- MZJ**  
By sequence number
- SMISC**  
**SMISC,12**

✓ Clicar em “OK”.



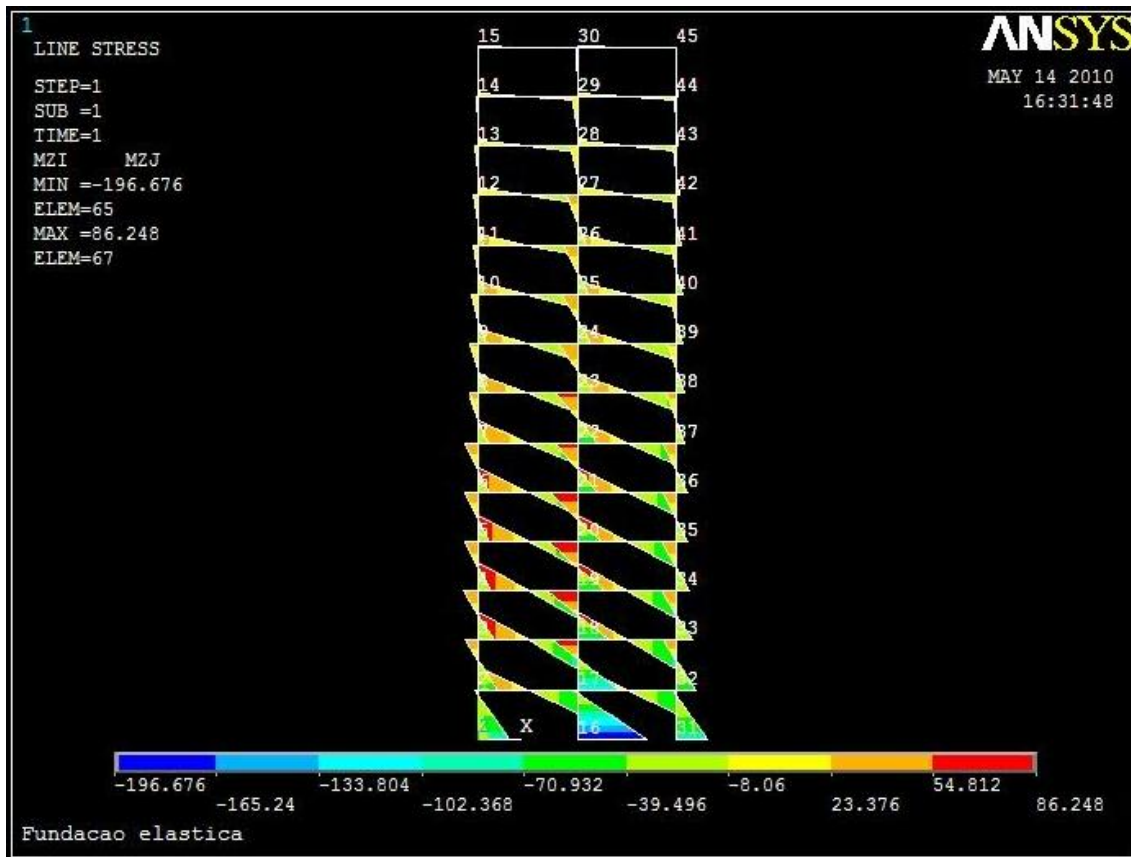
✓ Fecha a janela;

- ✓ 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”;

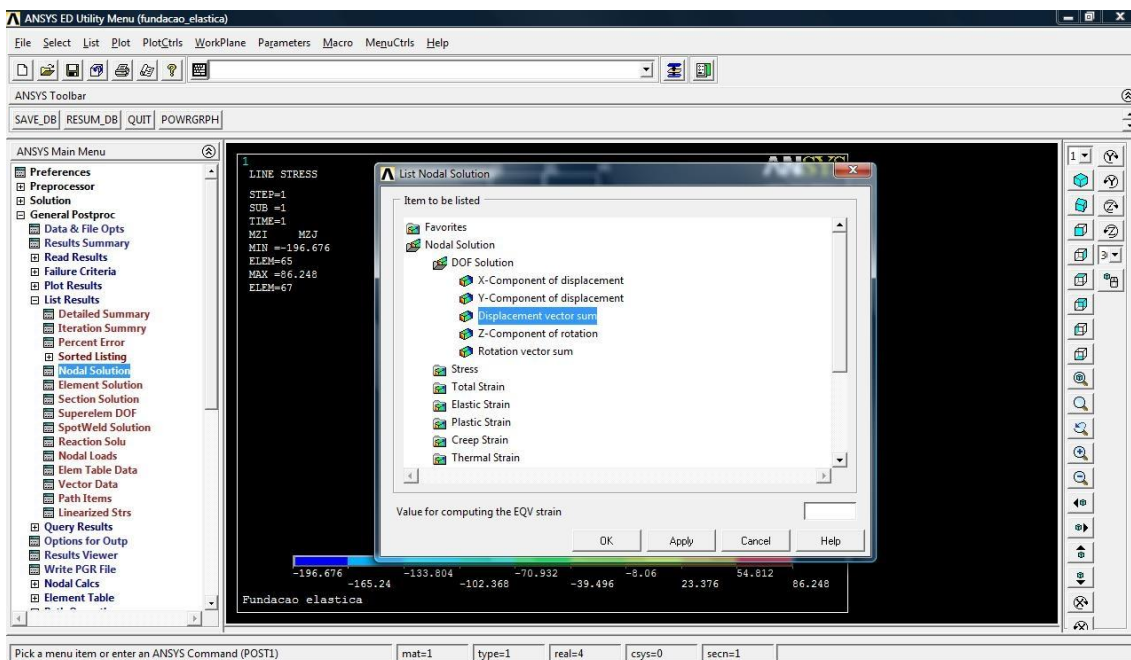


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Line Elem Res” para plotar os resultados do elemento;
- ✓ Na janela “Plot Line-Element Results, selecionar:
  - LABI                      **MZI**
  - LABJ                      **MZJ**
- ✓ Clicar em “OK”;





- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Nodal Solution” para listar os deslocamentos dos nós;
- ✓ Inserir na janela que abrir:
  - Item, comp **DOF solution**      **Displacement Vector Sum**
- ✓ Clicar em “OK”;





```

PRRSOL Command
File
PRINT U  NODAL SOLUTION PER NODE
**** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING ****
LOAD STEP= 1  SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000  LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN GLOBAL COORDINATES
NODE   UX          UY          UZ          USUM
1      0.0000      0.0000      0.0000      0.0000
2      0.23137E-02  0.18481E-03  0.0000      0.23211E-02
3      0.65780E-02  0.35061E-03  0.0000      0.65873E-02
4      0.11194E-01  0.49327E-03  0.0000      0.11204E-01
5      0.15674E-01  0.61306E-03  0.0000      0.15686E-01
6      0.19877E-01  0.71153E-03  0.0000      0.19889E-01
7      0.23766E-01  0.79054E-03  0.0000      0.23779E-01
8      0.27981E-01  0.88254E-03  0.0000      0.27995E-01
9      0.31708E-01  0.95190E-03  0.0000      0.31722E-01
10     0.34960E-01  0.10019E-02  0.0000      0.34974E-01
11     0.37729E-01  0.10357E-02  0.0000      0.37744E-01
12     0.40011E-01  0.10566E-02  0.0000      0.40025E-01
13     0.41800E-01  0.10678E-02  0.0000      0.41813E-01
14     0.43102E-01  0.10725E-02  0.0000      0.43115E-01

```

- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Reaction Solution” para listar as reações nodais;
- ✓ Inserir na janela que abrir:
  - Lab **All Struc Forc F**
- ✓ Clicar em “OK”;

```

PRRSOL Command
File
PRINT REACTION SOLUTIONS PER NODE
**** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING ****
LOAD STEP= 1  SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000  LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN GLOBAL COORDINATES
NODE   FX          FY          FZ
1      -32.492      -214.38      86.171
16     -70.760      0.30561E-01  196.68
31     -31.748      214.35      84.825
TOTAL VALUES
VALUE  -135.00      -0.11369E-12  367.67

```

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

## MODELO 2: COM FUNDAÇÃO ELÁSTICA

H

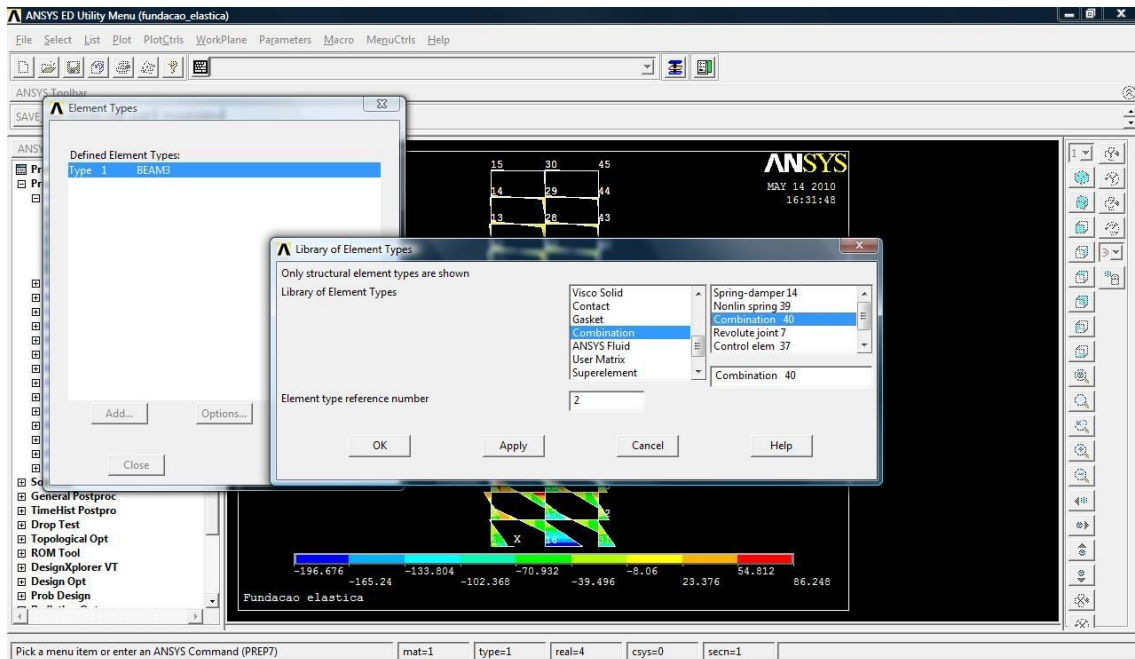
### 5. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

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

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

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Element Type”;
- ✓ Dentro do “Element Type”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na janela “Element Types”, clicar em “Add...” para selecionar um novo elemento.

- ✓ Selecionar o elemento “Combination”, “Combination 40” e clicar em “OK”.

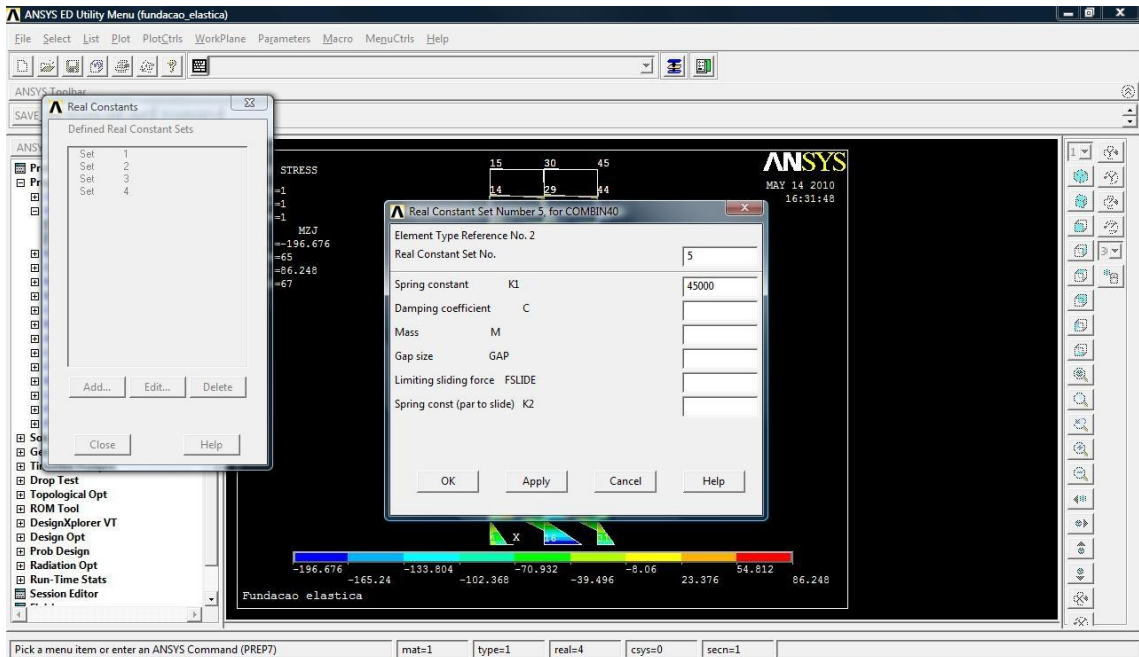


- ✓ Ainda na janela “Element Types”, clicar em “Options” (para o elemento Combination 40) e, na nova janela, selecionar;
  - Degree of freedom **K3 ROTZ**
- ✓ Clicar em “OK”;

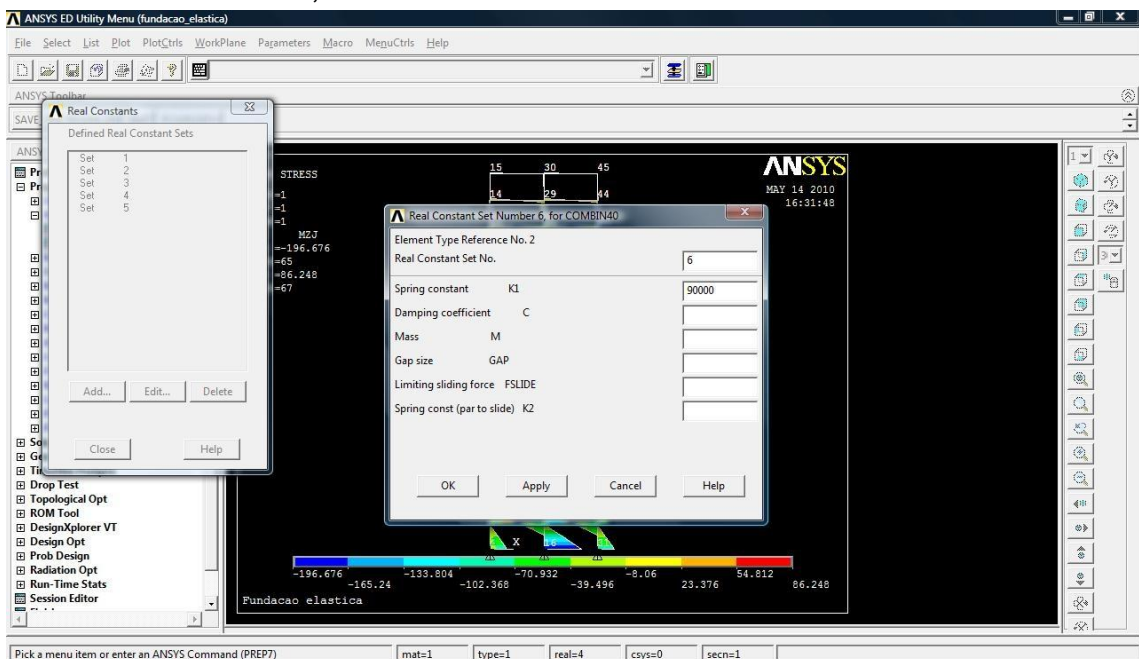
1

## 5.2. **Define as 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;
- ✓ Na janela “Element Type for Real Constants” selecionar o “COMBIN 40”;
- ✓ A janela “Real Constants Set Number 5, for “COMBIN 40” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. **= 5**
  - Spring Constant **K1 = 45000**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

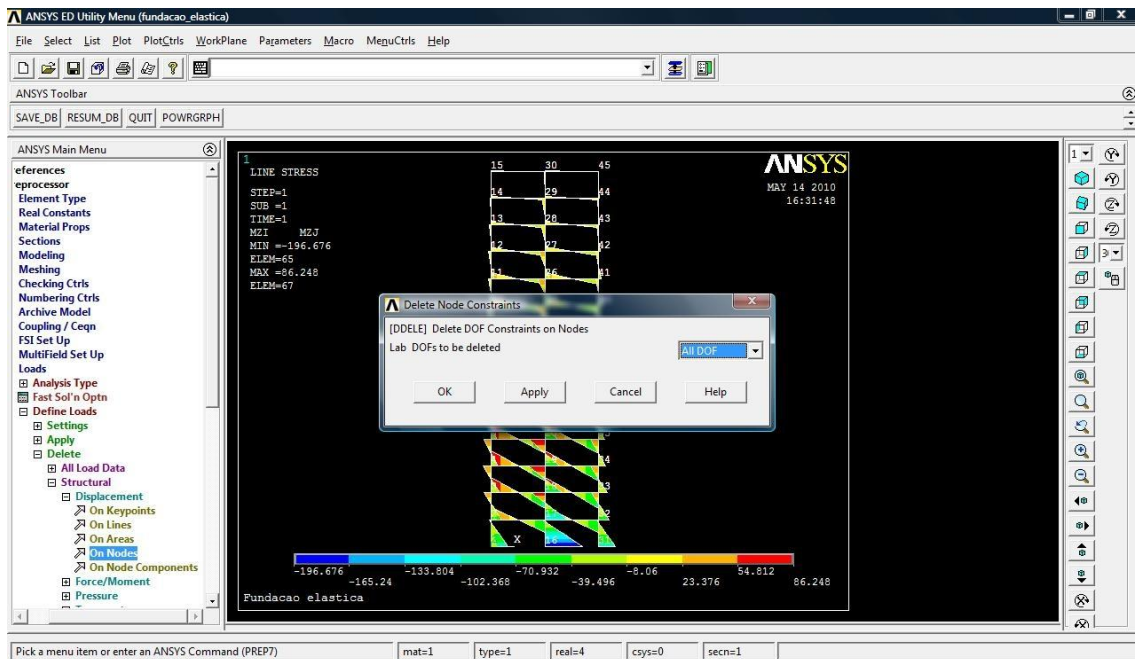


- ✓ A janela “Real Constants Set Number 6, for “COMBIN 40” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. = 6
  - Spring Constant K1 = 90000
- ✓ Clicar em “OK”;



### 5.3. **Deletar apoios:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Delete”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na nova janela, selecionar:
  - Lab **ALL DOF**
- ✓ Clicar em “OK”;

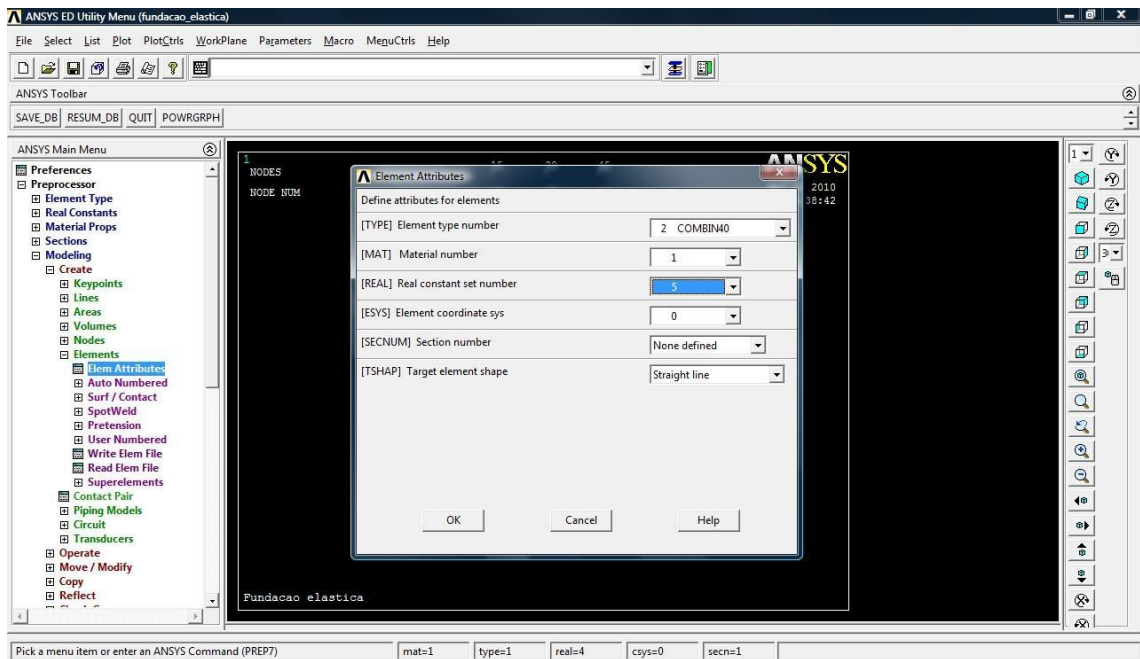


#### 5.4. Criar novos nós na base da estrutura:

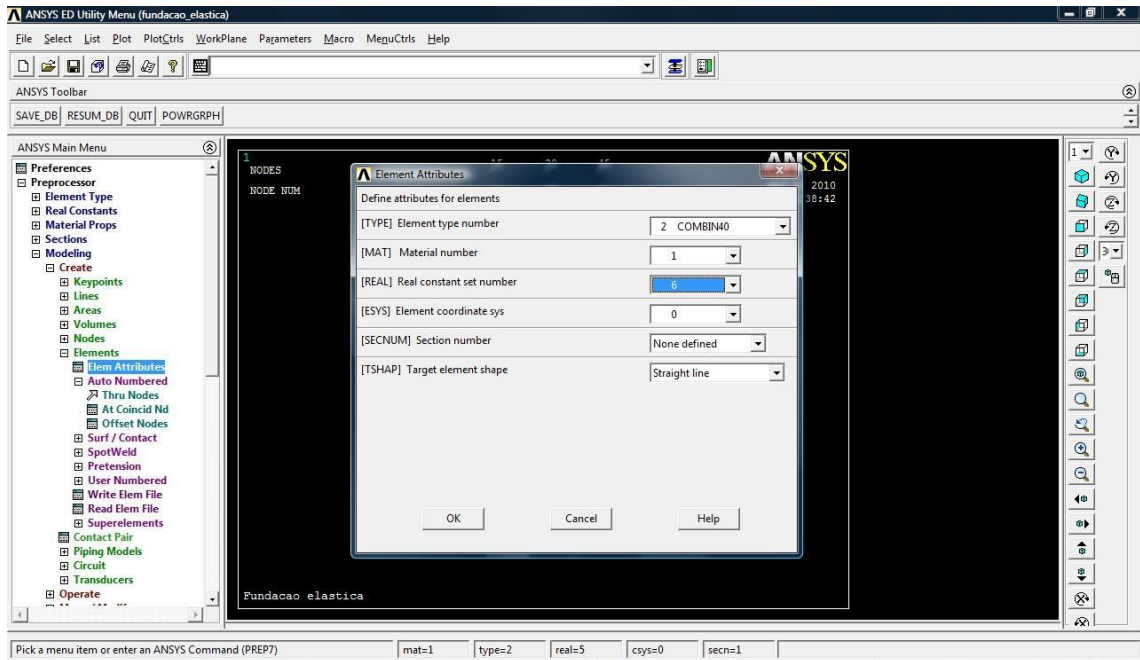
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Nodes”, “In Active CS”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir um número para o nó que será criado em “NODE Node Number” e as coordenadas X e Y;
- ✓ Para criar o nó:
  - NODE Node Number : **46;**
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 0;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
  - NODE Node Number : **47;**
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 6 Y = 0;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
  - NODE Node Number : **48;**
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 12 Y = 0;**
- ✓ Clicar em “OK”;

#### 5.5. Criar novos elementos:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
  - TYPE **2**
  - MAT **1**
  - REAL **5**
- ✓ Clicar em “OK”.



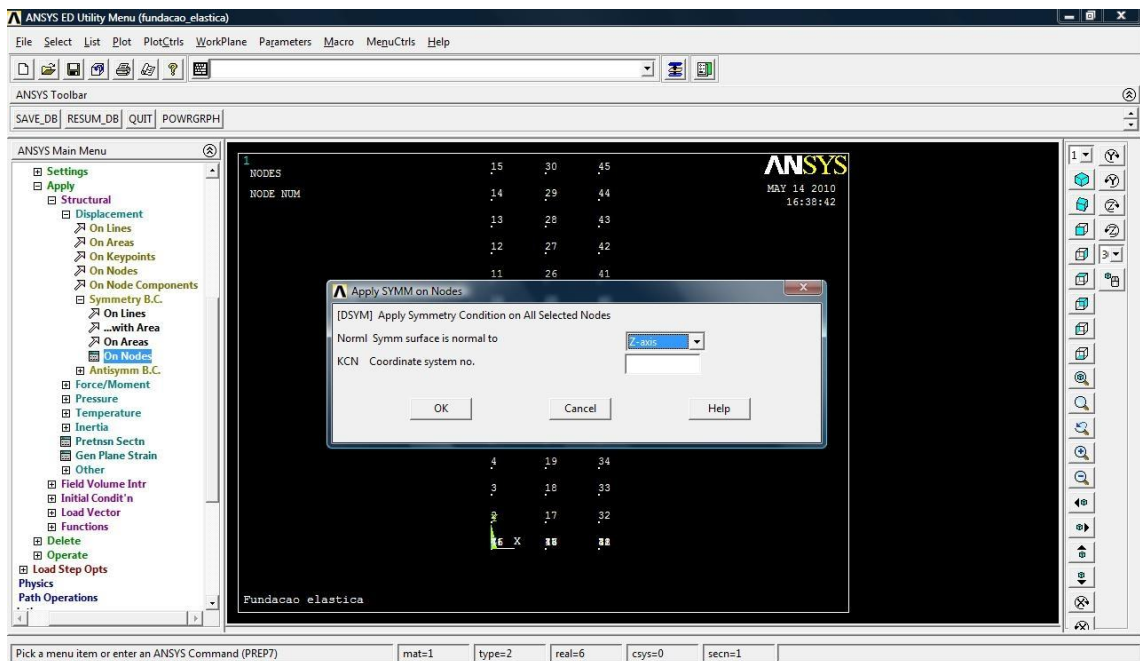
- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **1 e 46** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **31 e 48** e clicar em “OK”;
  
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
  - TYPE **2**
  - MAT **1**
  - REAL **6**
- ✓ Clicar em “OK”.



- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Apontar nós 16 e 47 e clicar em “OK”;

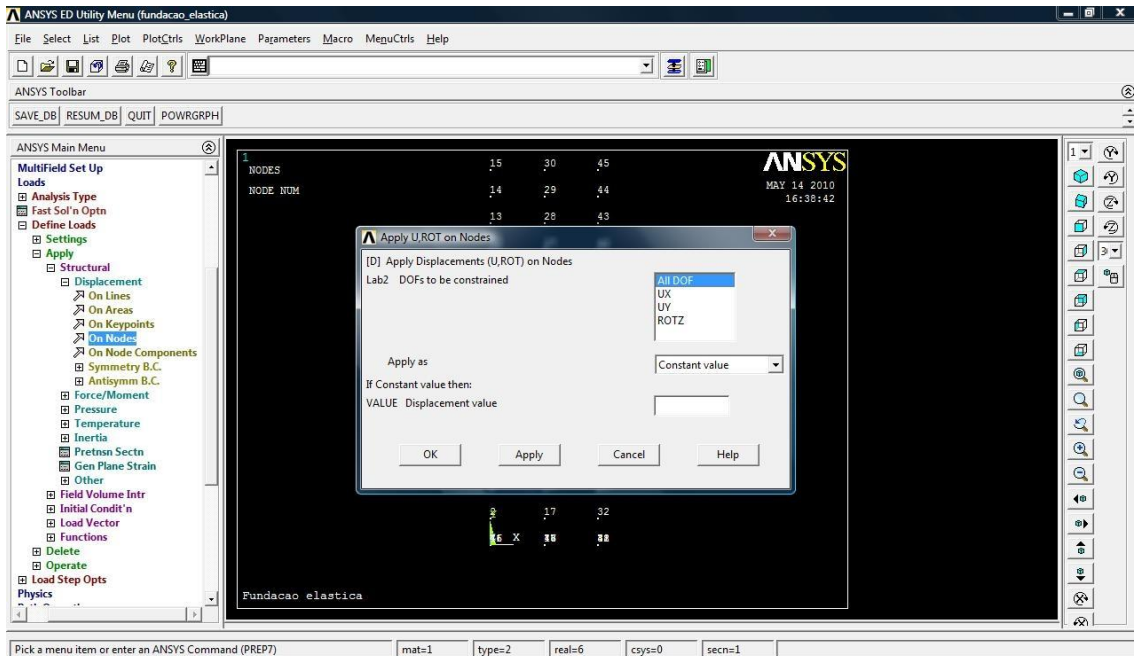
### 5.6. Aplicar as condições de contorno:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “Symmetry B.C.”, “On Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir selecionar;
  - DSYM      Norml      = Z-Axis;
- ✓ Clicar em “OK”;

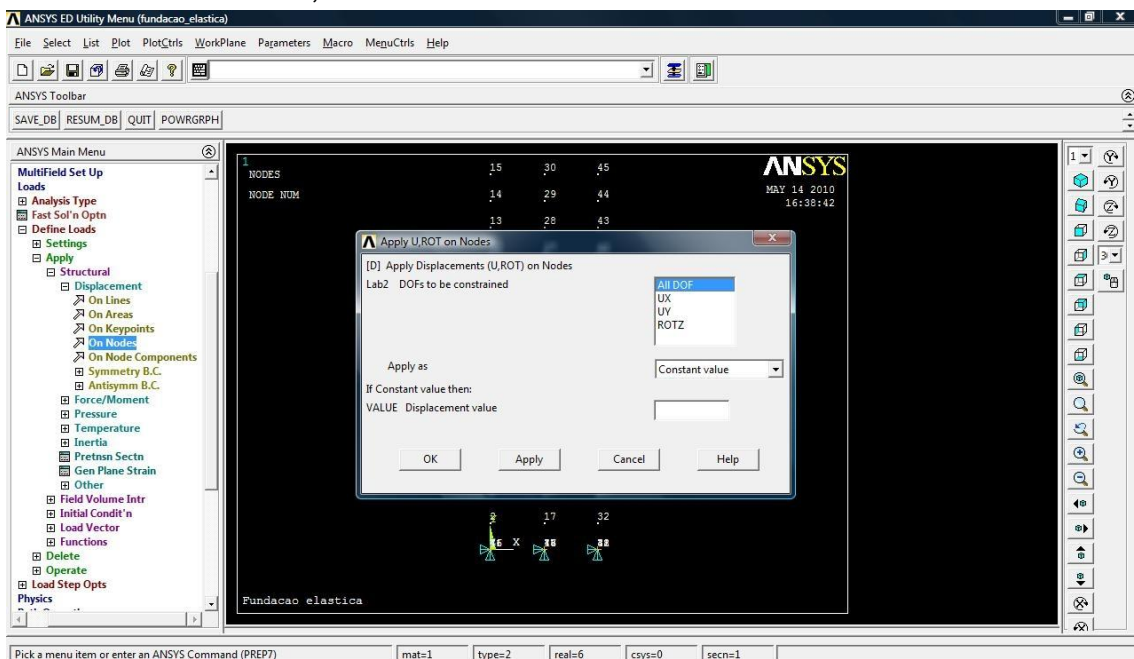




- ✓ Dentro do “Preprocessos” selecionar “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Apontar o nó **46, 47 e 48** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “**ALLDOF**”;
- ✓ Clicar em “APPLY”;



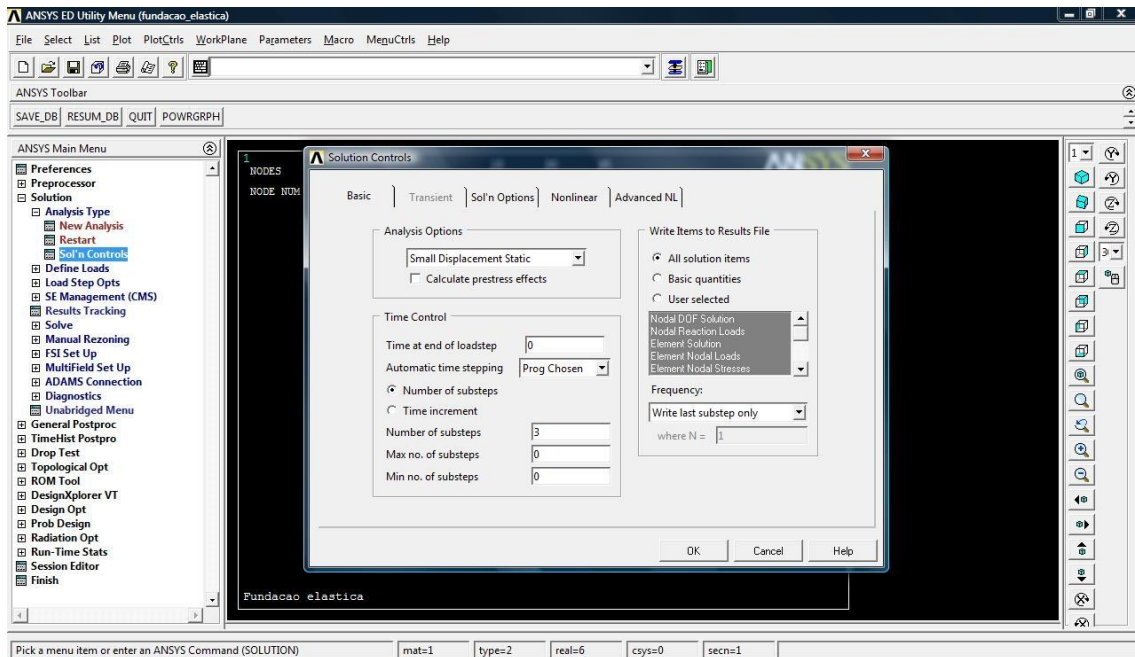
- ✓ Apontar o nó **16** e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “**ALLDOF**”;
- ✓ Clicar em “OK”;



J

## 6. SOLUÇÃO

- ✓ Dentro do “Solution” clicar em “Analysis Type”, “Sol’n Controls”;
- ✓ Clicar em “Basic”;
- ✓ Inserir:
  - Number of Substeps = 3;
- ✓ Clicar em “OK”;



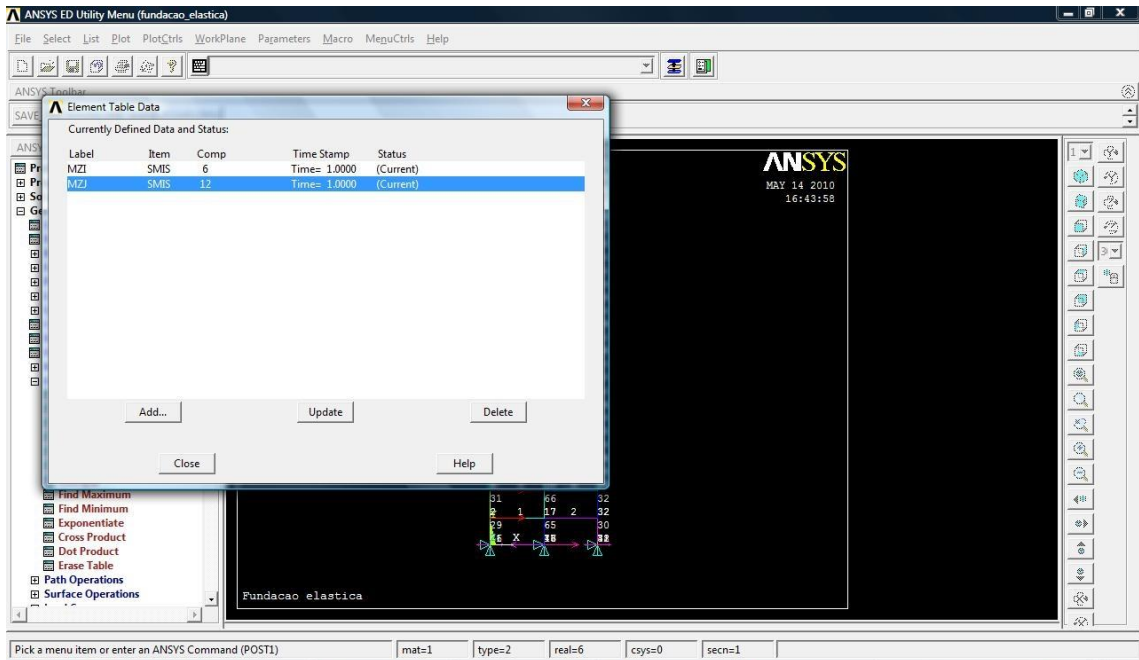
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Solve”, “Current LS”;
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Na janela “Information: Solution is done” clicar em “CLOSE”.
- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE\_DB”.

K

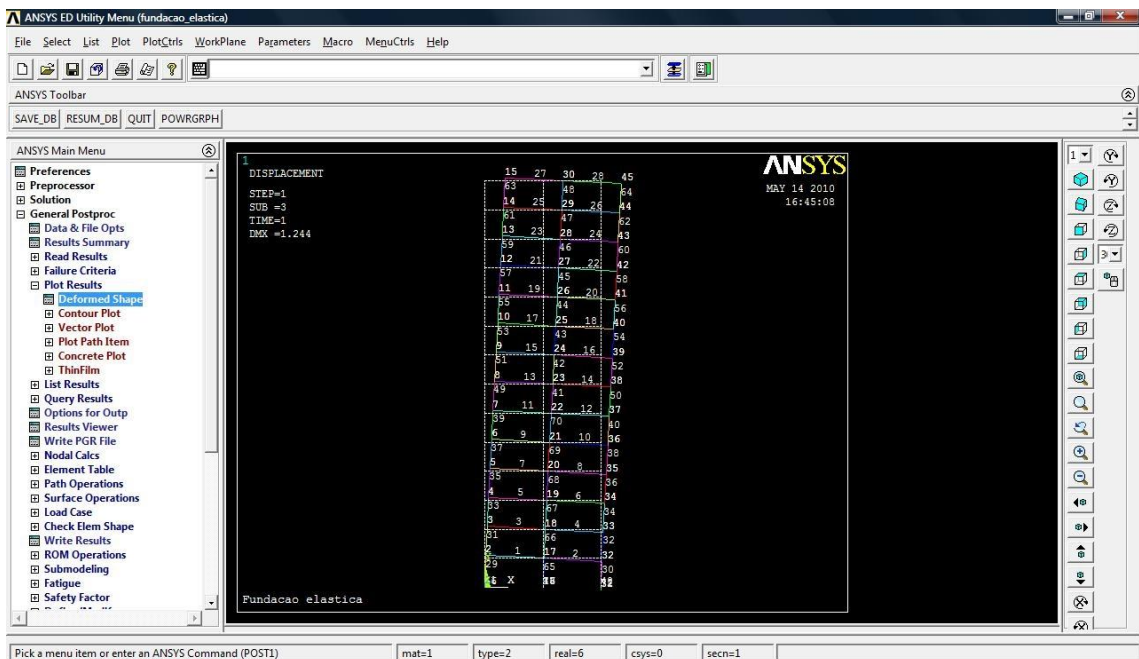
## 7. PÓS PROCESSAMENTO

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

- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Element Table”, “Define Table”, “Update”;
- ✓ Clicar em “Close”;

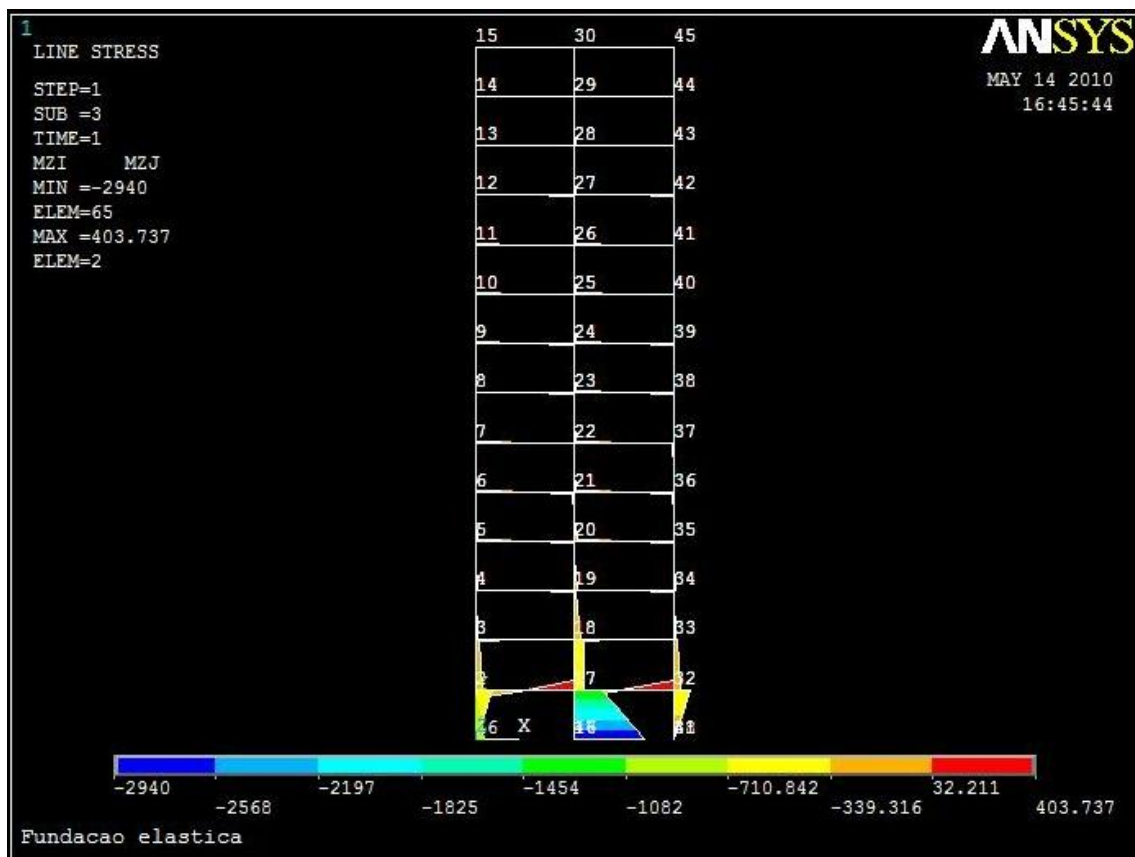
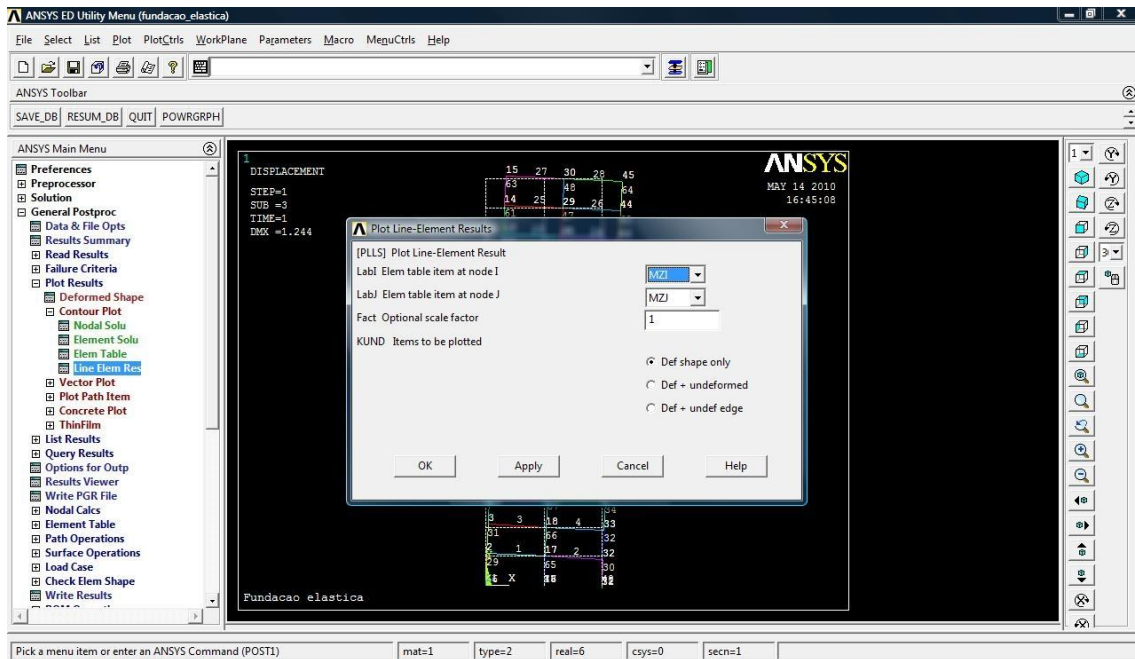


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Deformed Shape” para visualizar a configuração deformada da estrutura;
- ✓ Na janela “Plot Deformed Shape”, selecionar a opção “Def+undeformed” e clicar em “OK”;



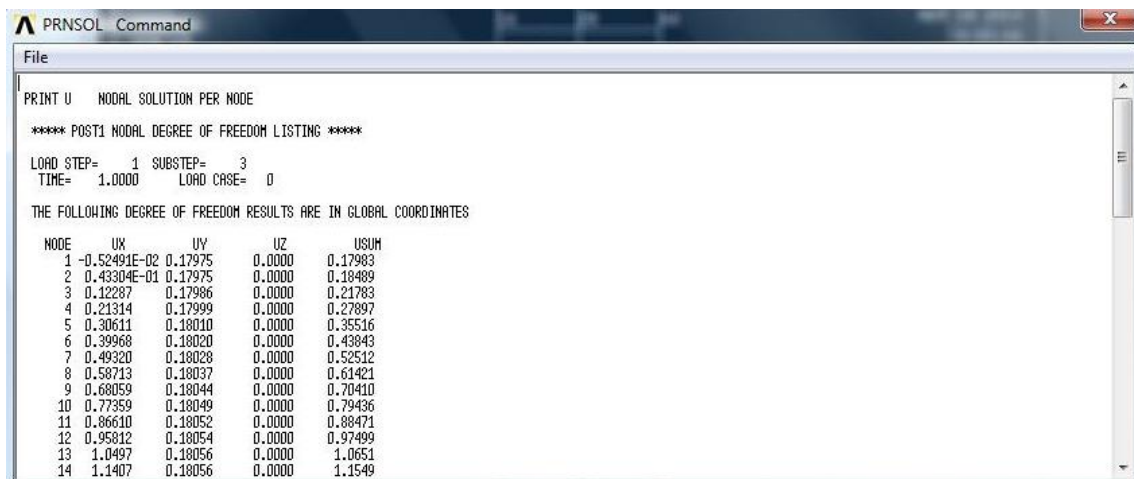
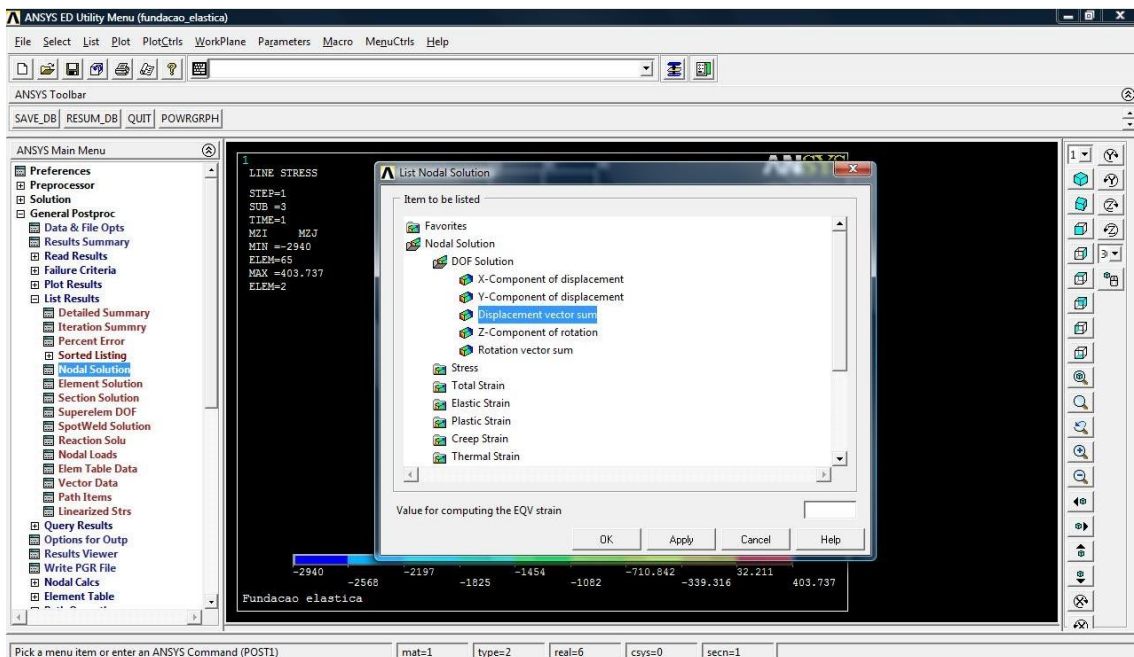
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Line Elem Res” para plotar os resultados do elemento;
- ✓ Na janela “Plot Line-Element Results”, selecionar:
  - LABI
  - MZI

- LABJ
- MZJ
- ✓ Clicar em “OK”;



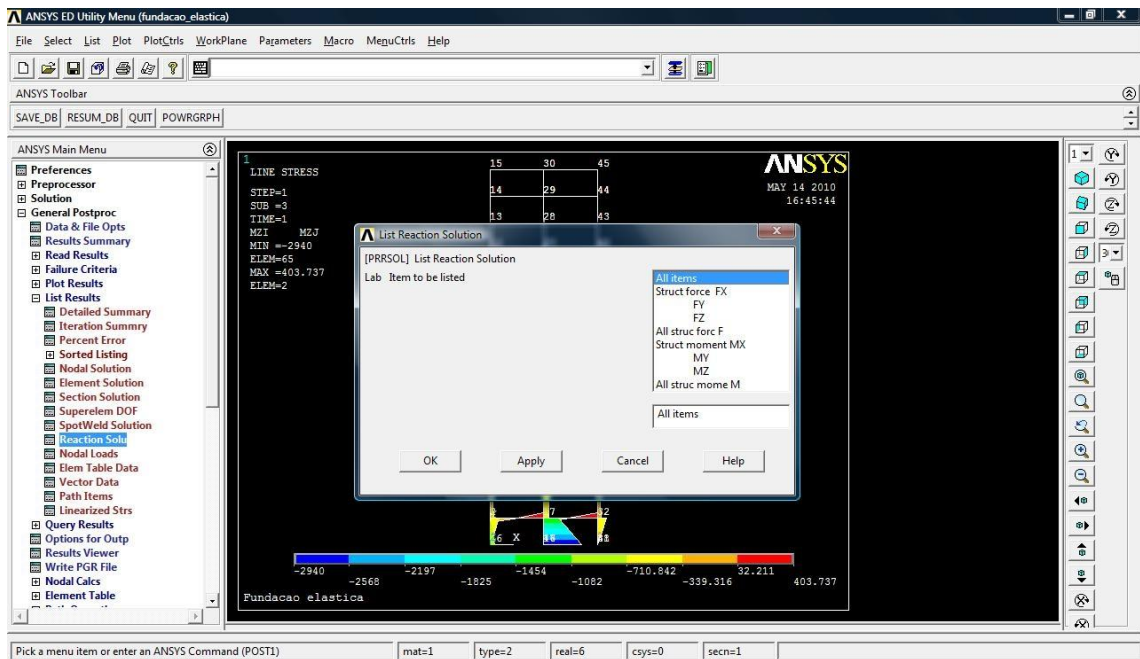
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Nodal Solution” para listar os deslocamentos dos nós;
- ✓ Inserir na janela que abrir:
  - Item, comp **DOF solution**      **Displacement Vector Sum**

- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Reaction Solution” para listar as reações nodais;
- ✓ Inserir na janela que abrir:
  - Lab **All Items**
- ✓ Clicar em “OK”;





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

## 8. 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”.