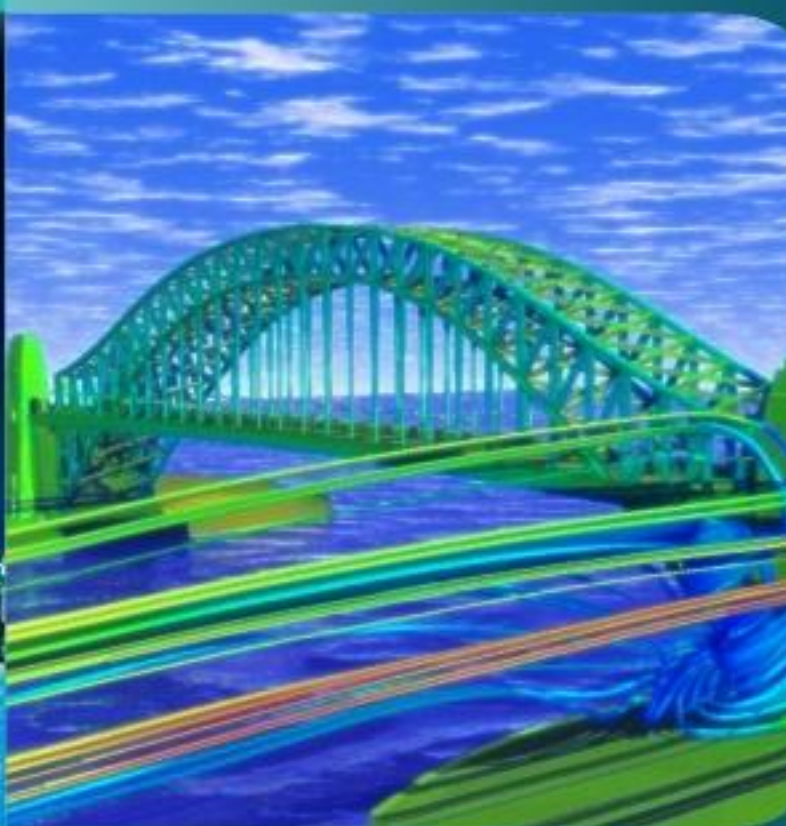




2010

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



Prof^a. Mildred B. Hecke
Universidade Federal do Paraná
Versão 1.0.0.0



**INCORPORANDO A
ELASTOPLASTICIDADE A UMA
BARRA EM TRAÇÃO**

INCORPORANDO A ELASTOPLASTICIDADE A UMA BARRA EM TRAÇÃO

INTRODUÇÃO

Nesta aula, voltamos a trabalhar com o elemento de barra em tração, porém incorporando um comportamento elasto-plástico. Esse é o caso, por exemplo, quando uma força é aplicada em uma barra de maneira a exceder a tensão limite de escoamento do material. Será utilizado aqui um exemplo existente na literatura, cujo material possui um encruamento não linear, e se conhece a curva tensão-deformação. Neste caso, tal curva será aproximada por uma relação multilinear que procura aproximar a curva não linear do material.

Barra em tração submetida a uma carga crescente

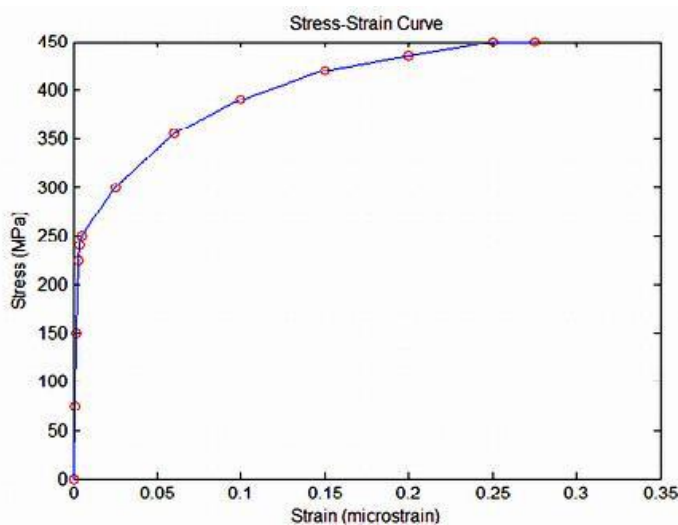
Através do seguinte exemplo didático, apresentado em pela Universidade de Alberta, pretendemos demonstrar como determinar os esforços a que está submetida uma barra tracionada, quando submetida a um carregamento crescente.

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- Comprimento da barra: $L = 100 \text{ mm}$;
- Seção transversal retangular: “ b ” = 5 mm e “ h ” = 5 mm;

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- Material não-linear cuja curva tensão-deformação (stress-strain) é dada na figura abaixo;



TENSÃO (MPa)	DEFORMAÇÃO (μ STRAIN)
75	0.001
150	0.002
225	0.003
240	0.004
250	0.005
300	0.025
355	0.060
390	0.100
420	0.150
435	0.200
449	0.250
450	0.275

Figura 1 – Gráfico tensão-deformação do material que compõe a barra.

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: “**Barra tracionada com material nao linear**”;
- ✓ 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: “**Barra_EP**”;
- ✓ 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.

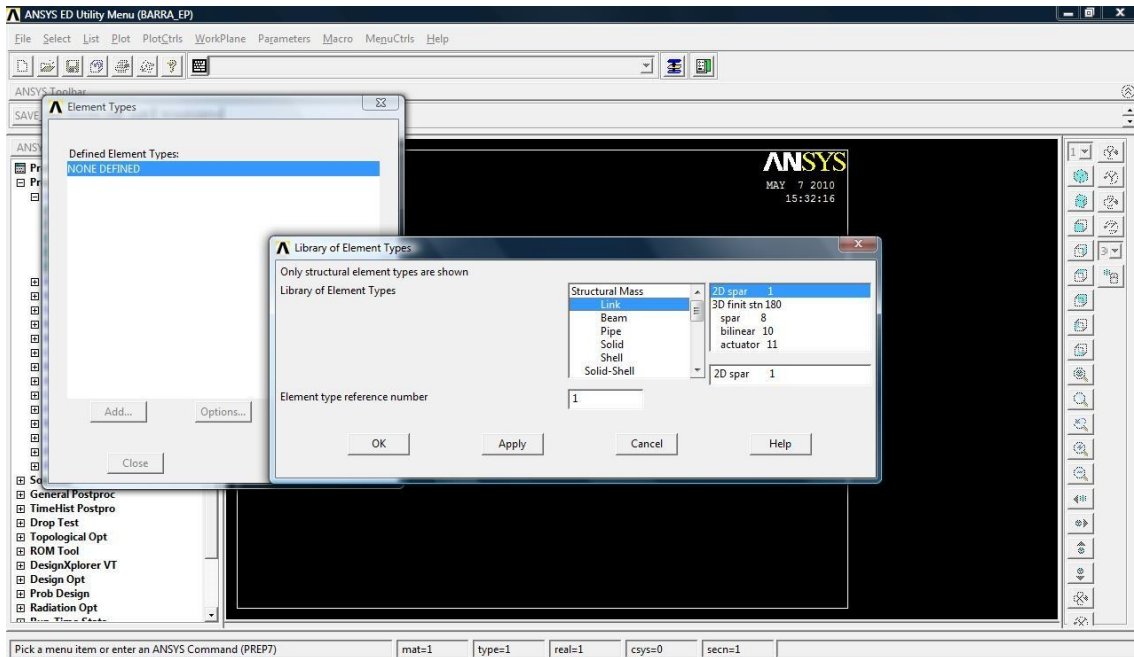
2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

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

B

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

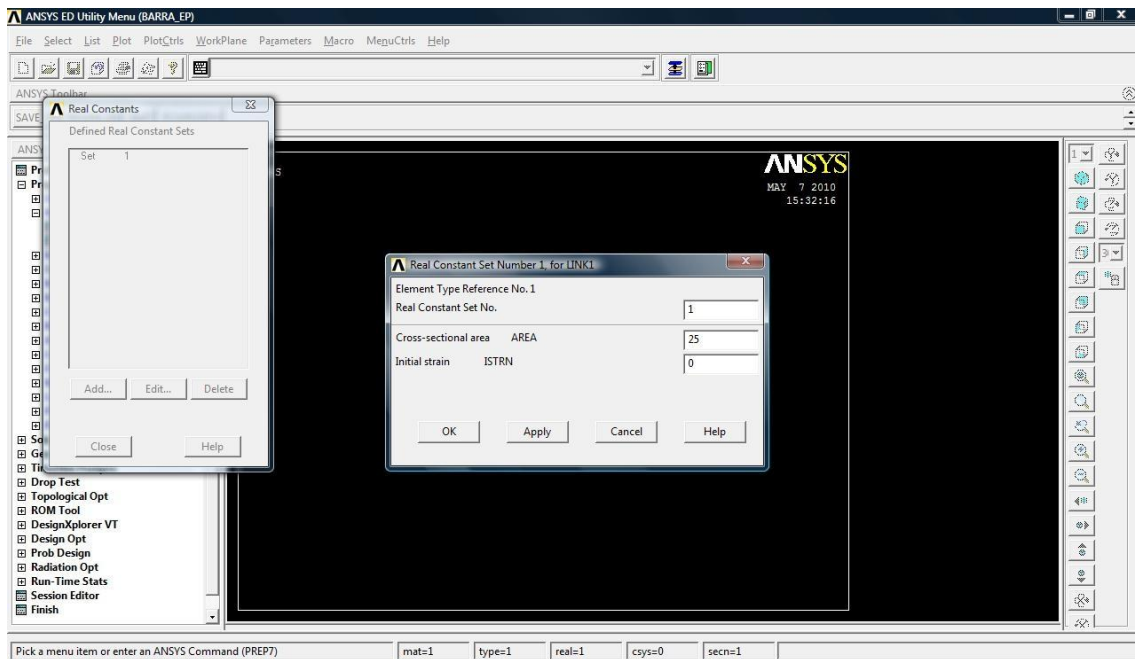
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Element Type”;
- ✓ Dentro do “Element Type”, selecionar “ Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para selecionar um novo elemento.
- ✓ Outra janela se abrirá, então no “Library of Element Types” selecionar o elemento “**Link**”, “**2D spar 1**” e clicar em OK.



C

2.2. *Define as constantes geométricas da seção das barras que compõe o modelo:*

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Real Constants”;
- ✓ Dentro do “Real Constants”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para adicionar uma nova área de seção transversal das barras;
- ✓ 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 LINK 1” irá aparecer. Deve-se inserir:
 - Real Constant Set No. = 1
 - Cross-sectional Area AREA = 25
- ✓ Clicar em “OK”;

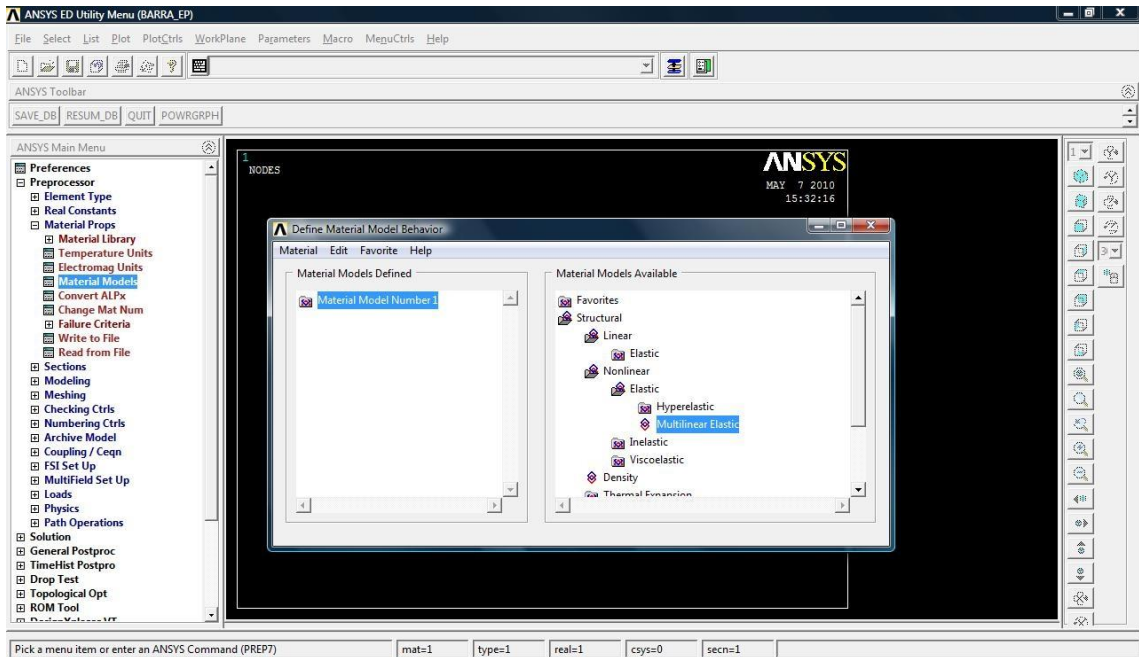


- ✓ Clicar em “CLOSE”.

D

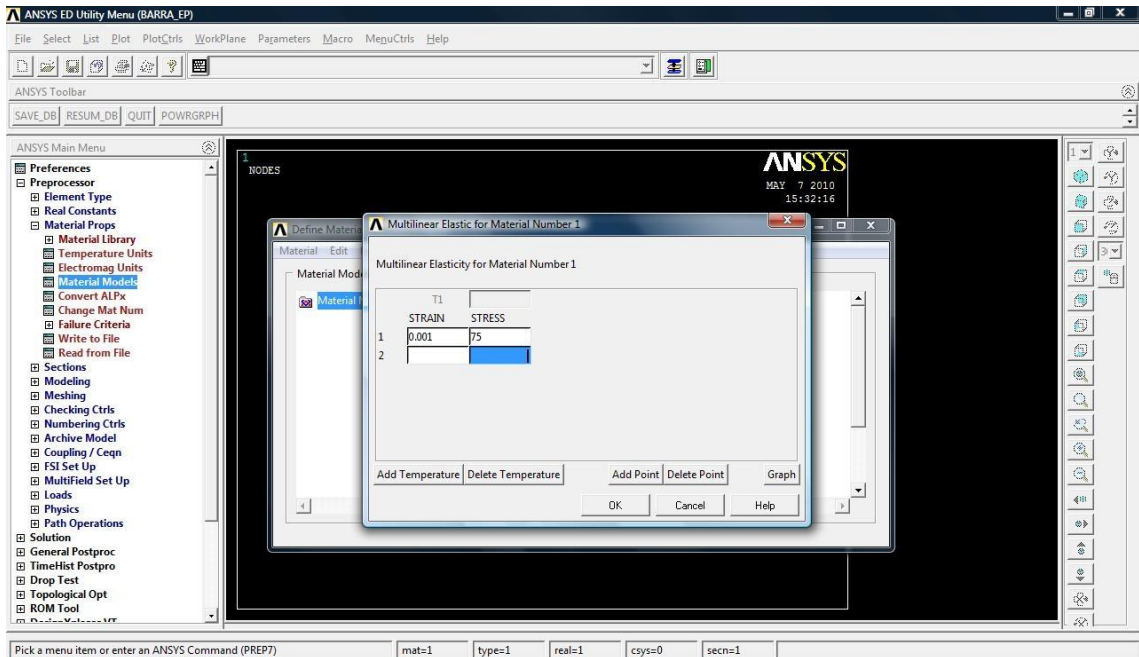
2.3. **Define as propriedades do material que compõe as barras:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”;
- ✓ Dentro do “Material Props”, selecionar “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 ira abrir. Inserir na lacuna “EX” o valor referente ao Módulo de Elasticidade do material e clicar em “OK”:
 - EX = **75000**;
 - PRXY = **0.3**;
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ No quadro “Material Models Available” selecionar:
 - “Structural>Nonlinear>Elastic>Multilinear Elastic”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Multilinear Elastic”;



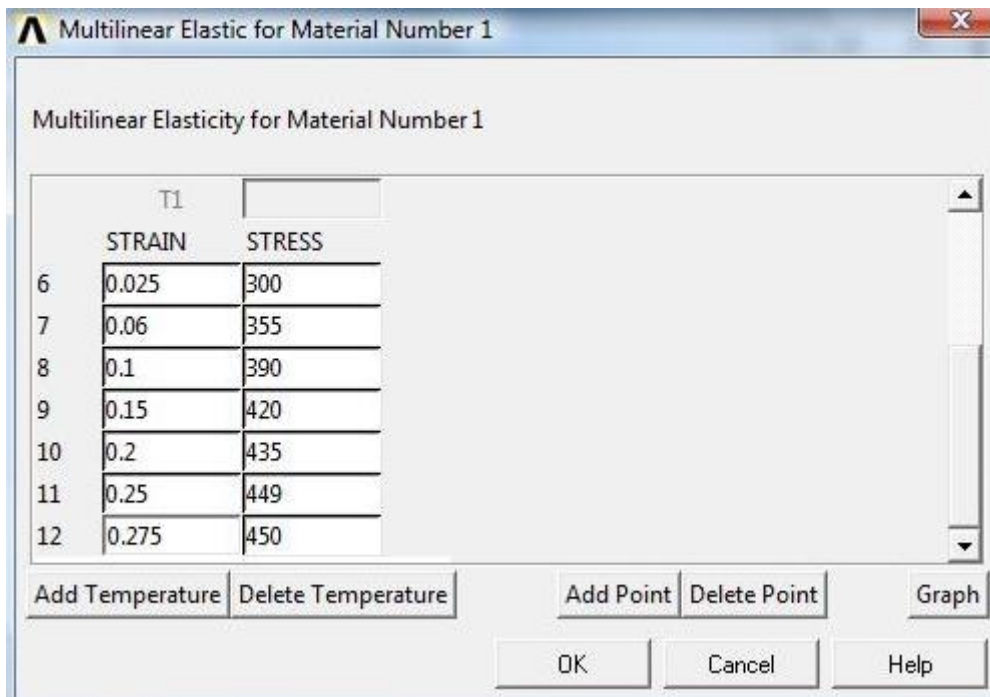
✓ Na janela “Multilinear Elasticity for Material Number 1”, inserir:

- *Strain* *Stress:*
 - **0.001** **75**
- Clicar em “ADD Point”;

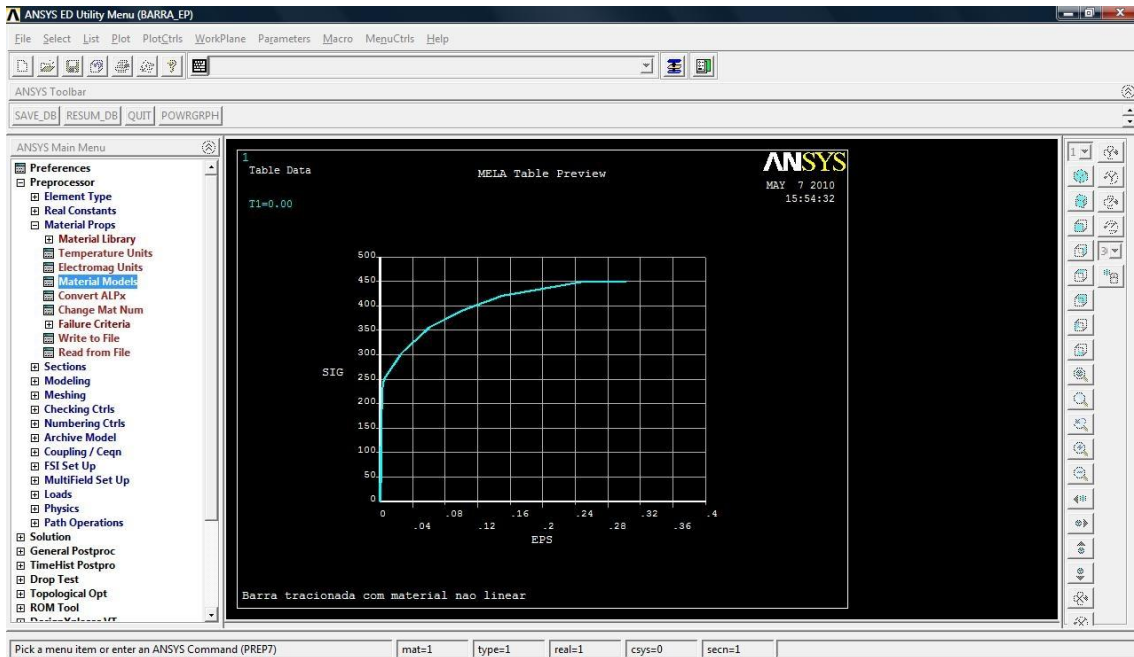


- *Strain* *Stress:*
 - **0.002** **150;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.003** **225;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.004** **240;**
- Clicar em “ADD”;

- **0.005** **250;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.025** **300;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.060** **355;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.100** **390;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.150** **420**
- Clicar em “ADD”;
- **0.200** **435;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.250** **449;**
- Clicar em “ADD”;
- **0.275** **450;**



- ✓ Clicar em “GRAPH” para visualizar o gráfico;
- ✓ Clicar em “OK”;

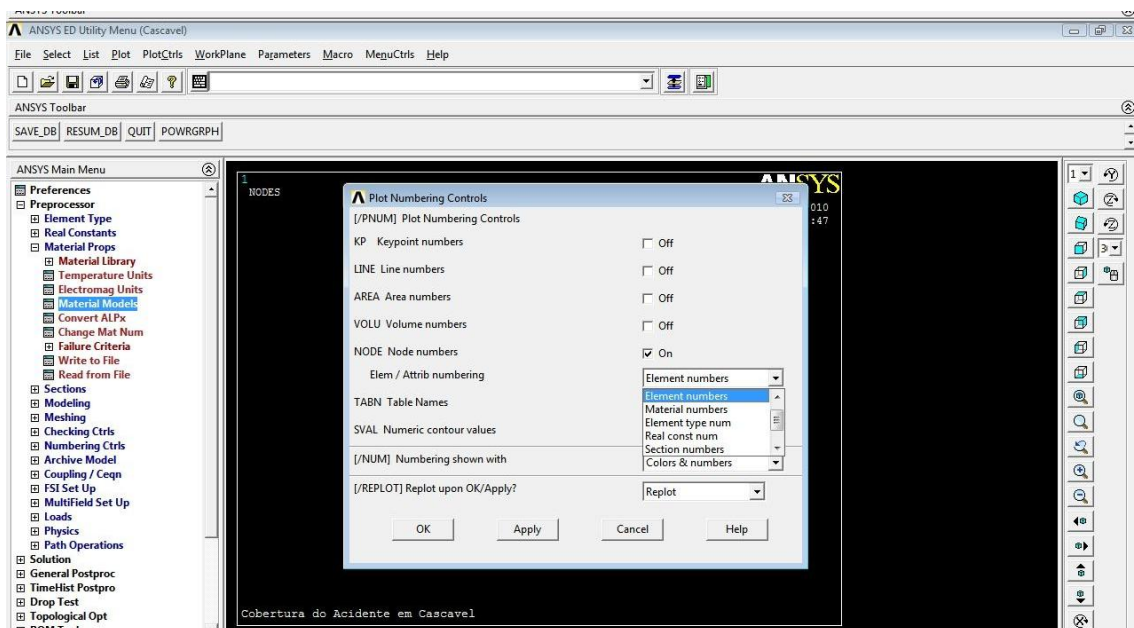


E

2.4. Cria o modelo geométrico:

2.4.1. Numera 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”.

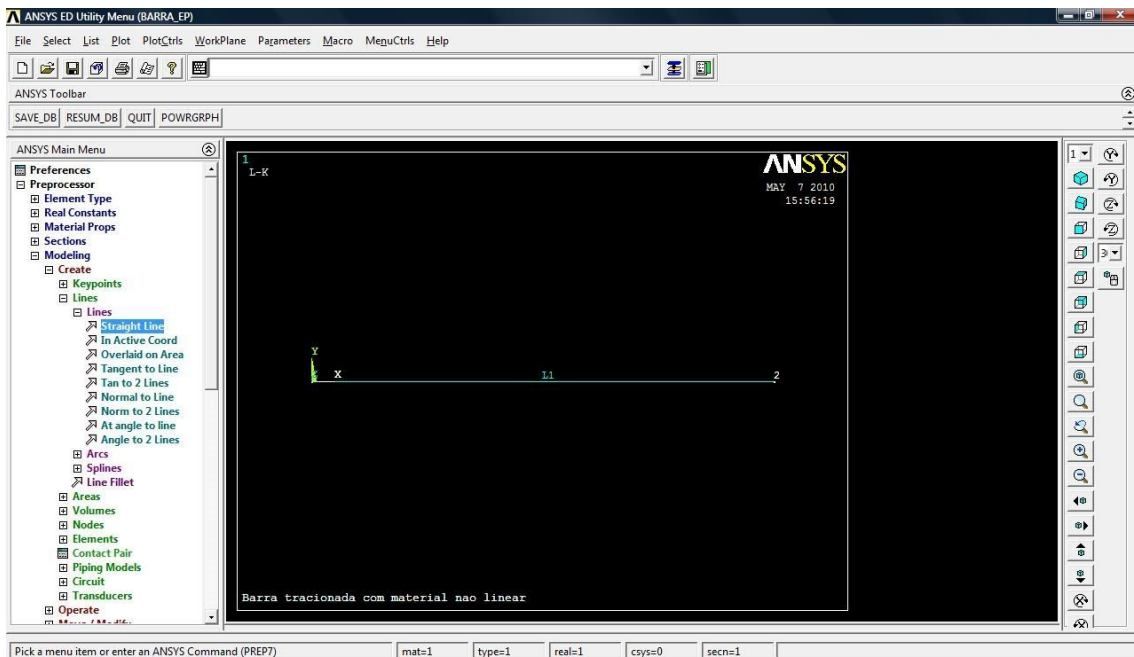


2.4.2. Cria os keypoints:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Keypoints”, “In Active CS”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir um número para o keypoint que será criado:
- ✓ Para criar o primeiro keypoint:
 - NPT : 1;
 - X,Y,Z Location in active CS : X = 0 Y = 0;
- ✓ Clicar em “APLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
 - NPT : 2;
 - X,Y,Z Location in active CS : X = 100 Y = 0;
- ✓ Clicar em “OK”;

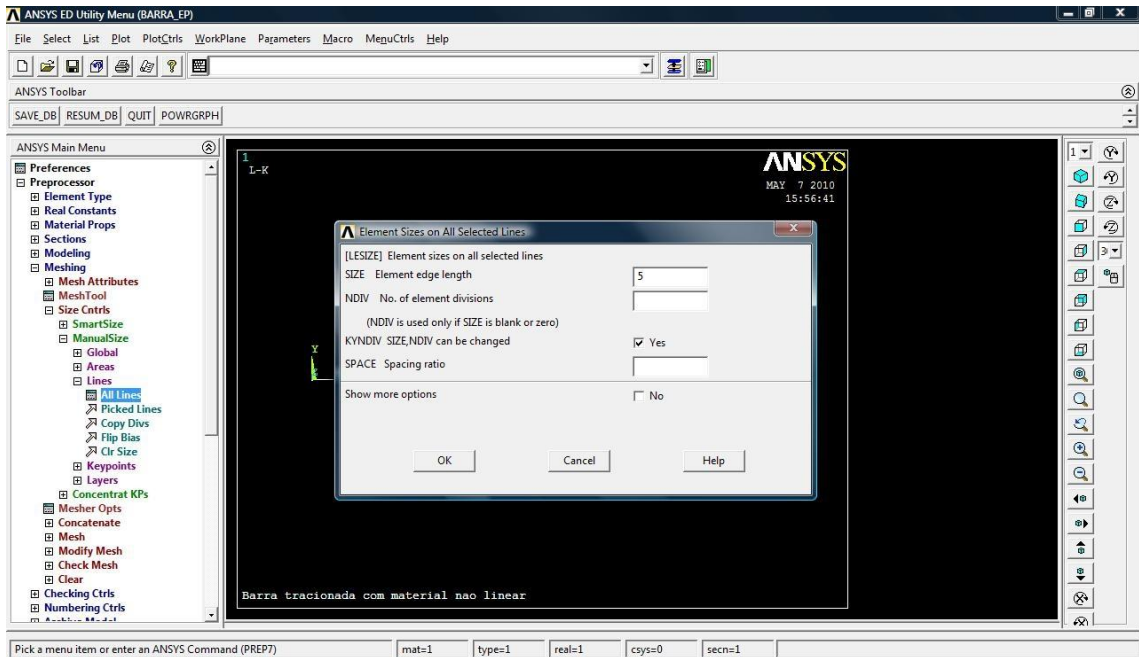
2.4.3. Cria as lines:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Lines”, “Straight Line”;
- ✓ Apontar os keypoints 1 e 2;
- ✓ Clicar em “OK”;



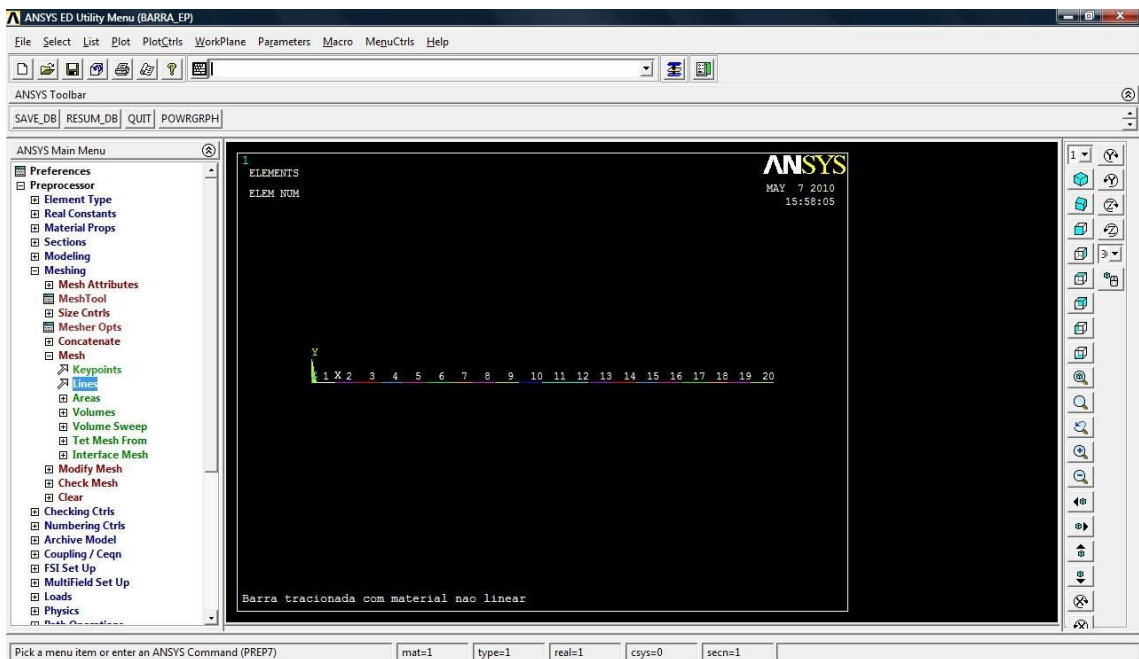
2.4.4. Define tamanho dos elementos da malha:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Size Ctrls”, “Manual Size”, “Lines”, “All Lines”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - SIZE Element edge length 5
- ✓ Clicar em “OK”.



2.4.5. Gera a malha:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh”, “Lines”, “Pick ALL”;

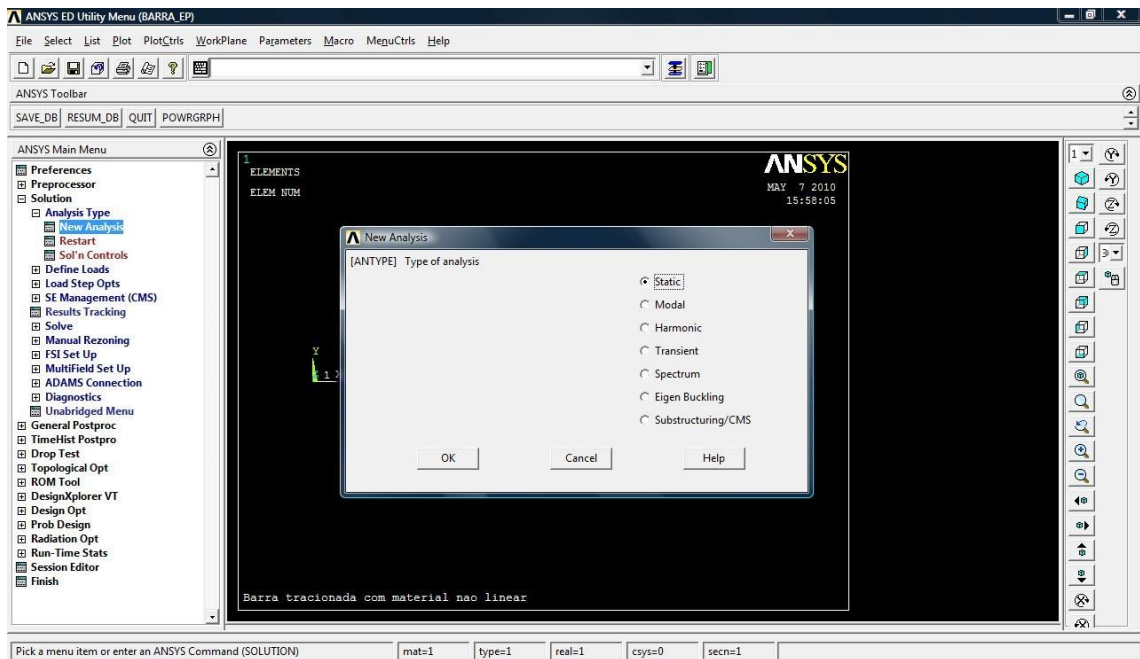


F

3. SOLUÇÃO:

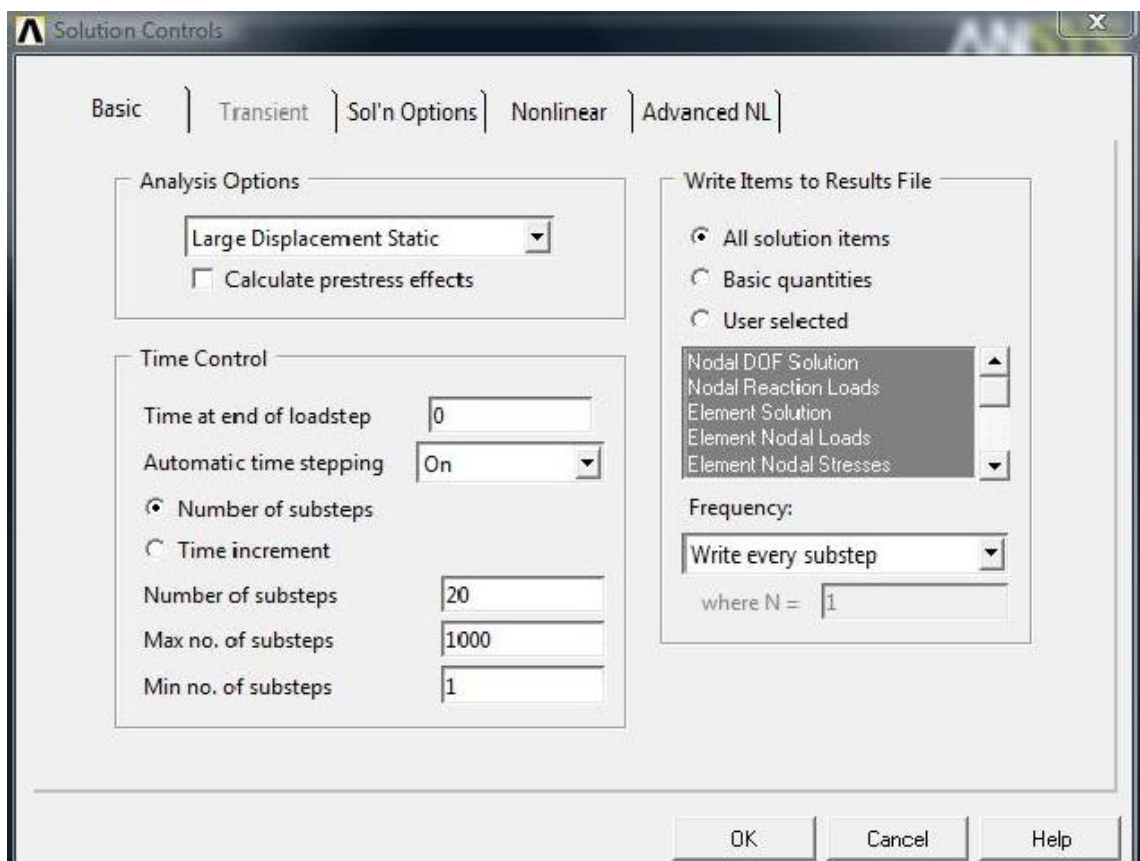
3.1.1. Escolha dos parâmetros da análise:

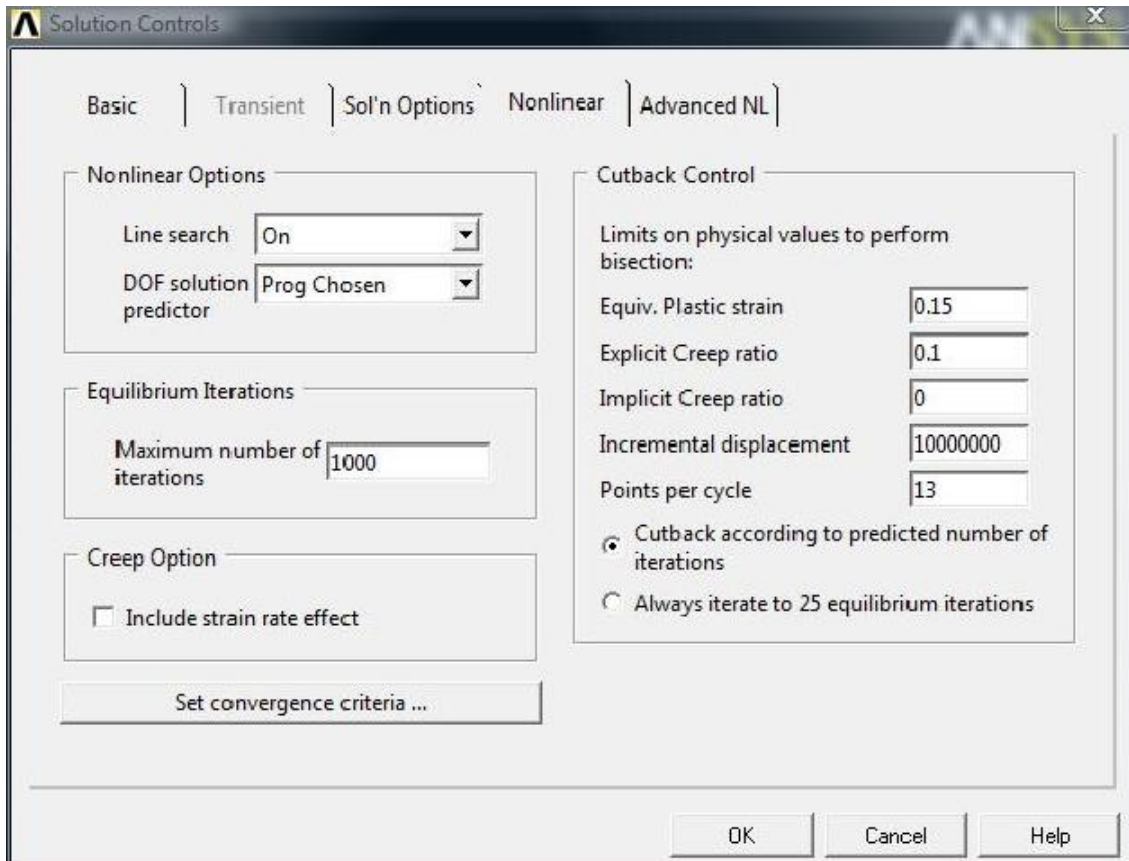
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Analysis Type”, “New Analysis”;
- ✓ Na nova janela selecionar a opção “Static” e clicar em “OK”;



3.1.2. Defina os dados para a execução da análise não linear:

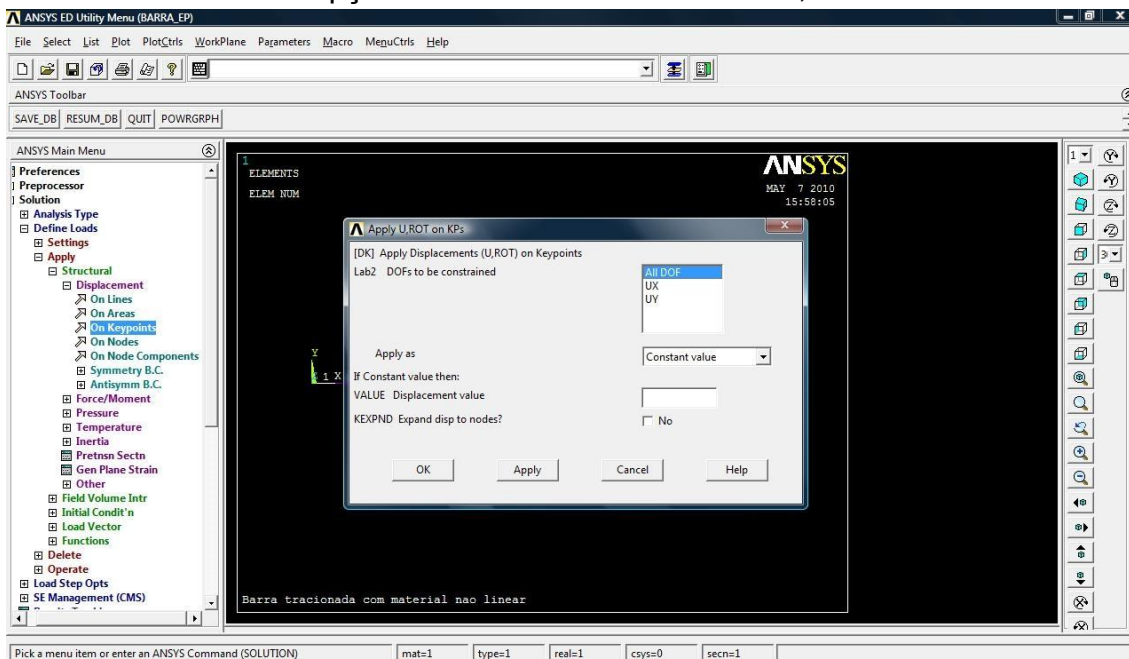
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Analysis Type”, “Sol’n Controls”;
- ✓ Os demais parâmetros da análise serão agora configurados como na figura abaixo:





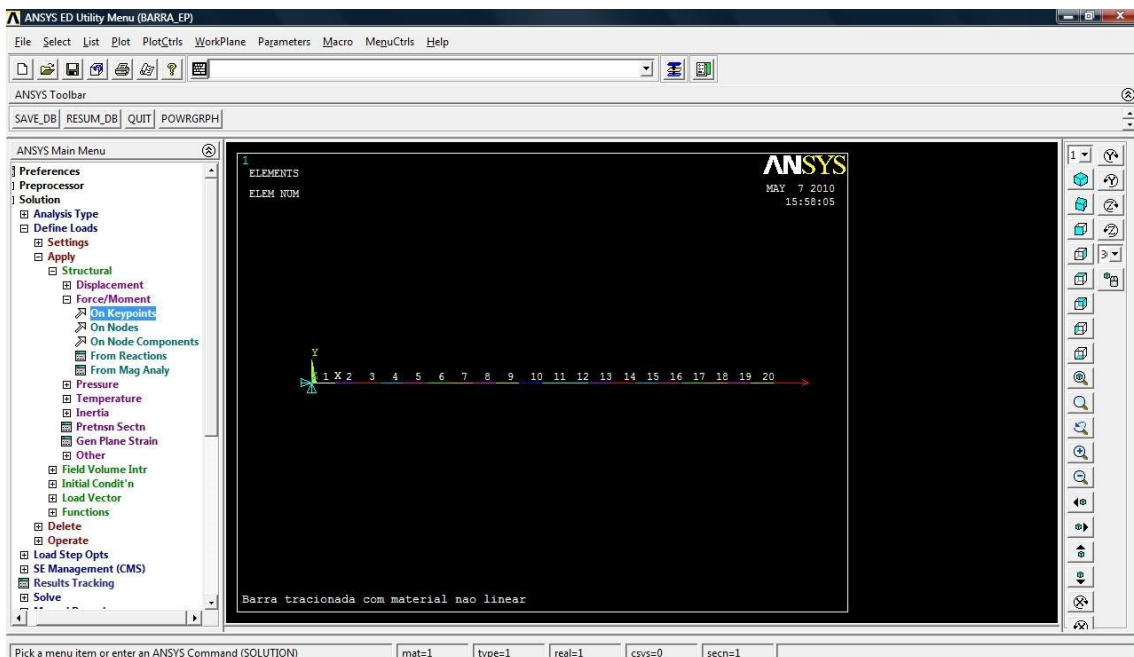
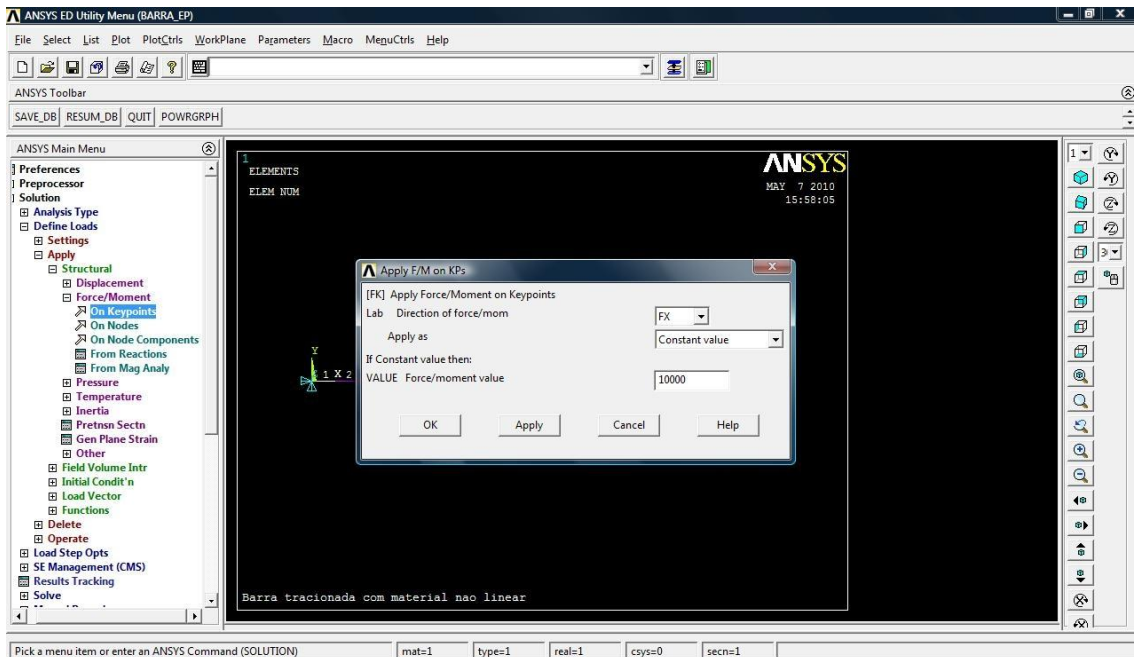
3.1.3. Aplicar os apoios:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Keypoints”;
- ✓ Na nova janela que abrir apontar o keypoint 1 e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “ALLDOF” e clicar em “OK”;



3.1.4. Aplicar as cargas:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Force/Moment”, “On Keypoint”;
- ✓ Apontar o keypoint 2 clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **10000**
- ✓ Clicar em “OK”.



3.1.5. Salvando dados no arquivo Barra_EP.db

- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB”.

G

4. SOLUÇÃO

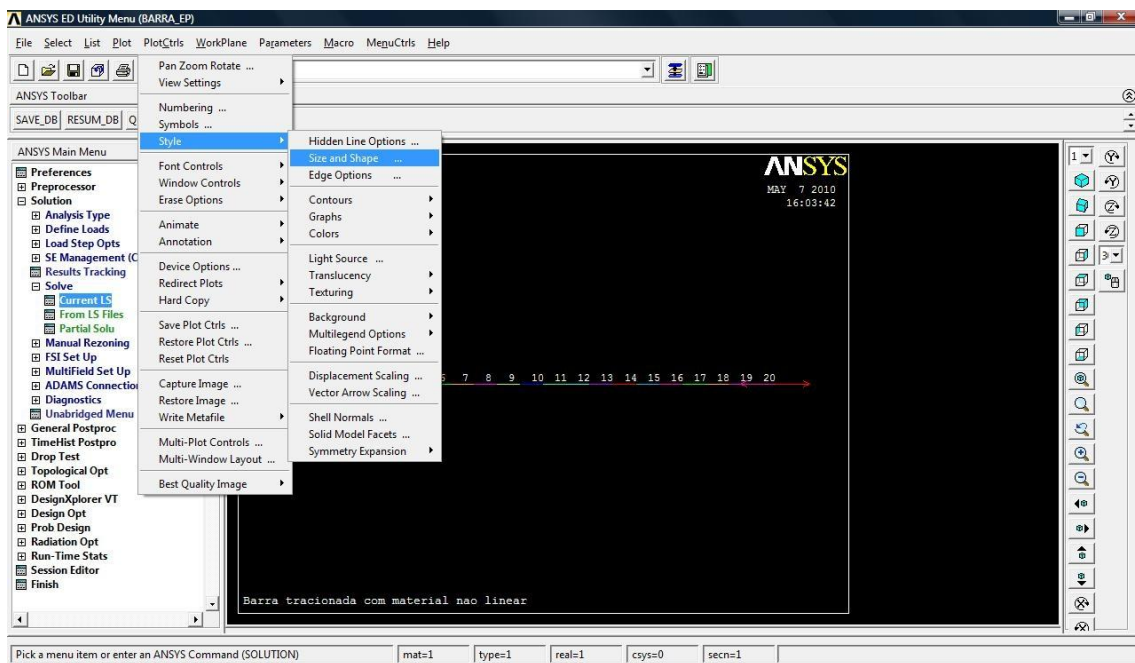
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Solve”, “Current LS” (Resolve o LS atual);
- ✓ Clicar em “OK” (information: solution is done).
- ✓ Na janela “Information: Solution is done” clicar em “CLOSE”.
- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB”.

H

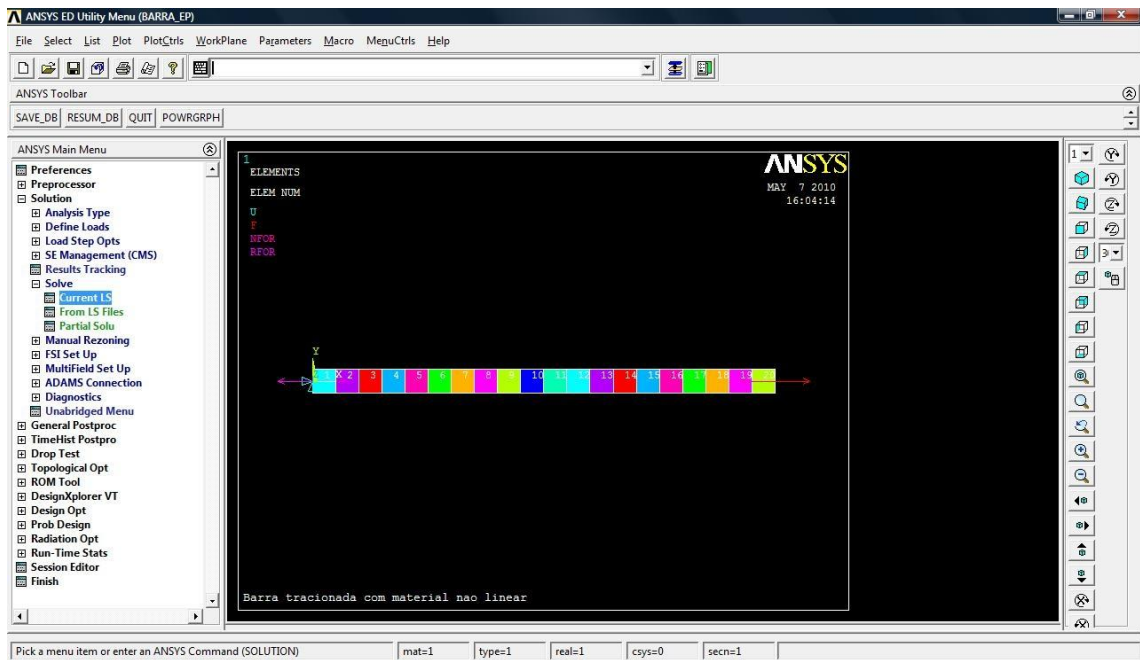
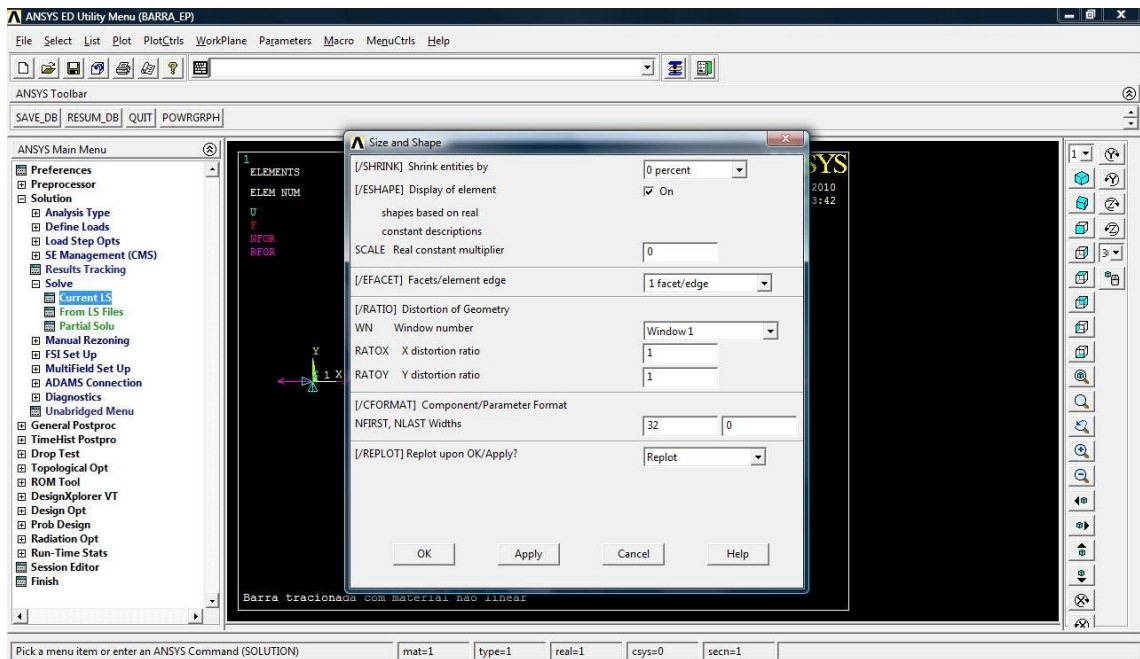
5. PÓS PROCESSAMENTO

4.1. Gera, lista e plota os resultados:

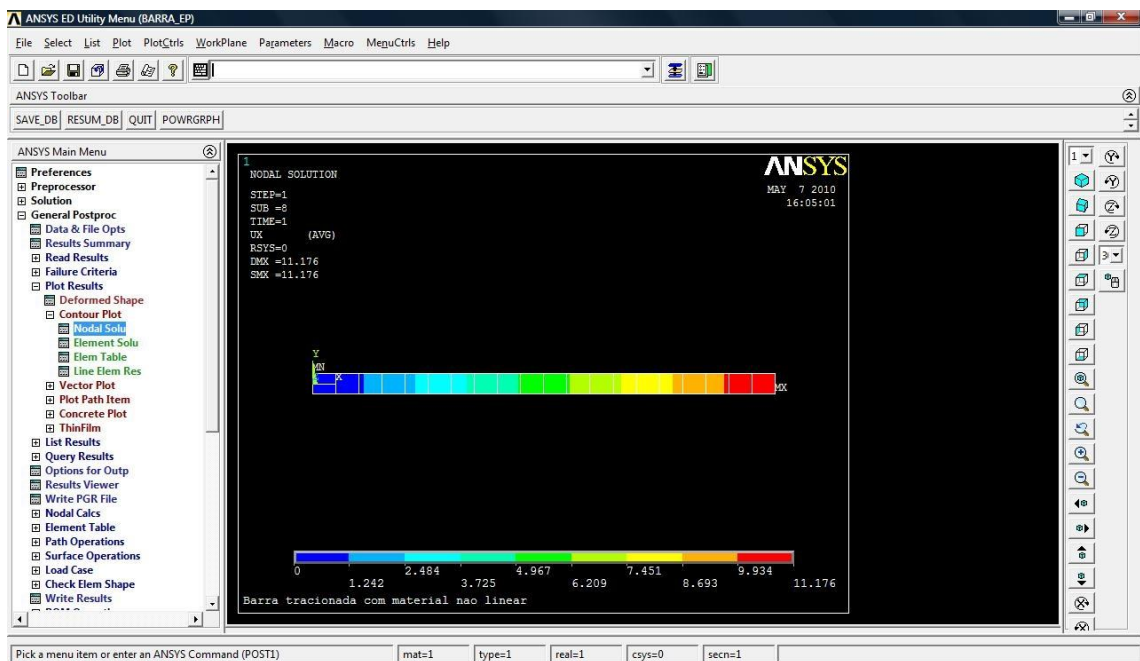
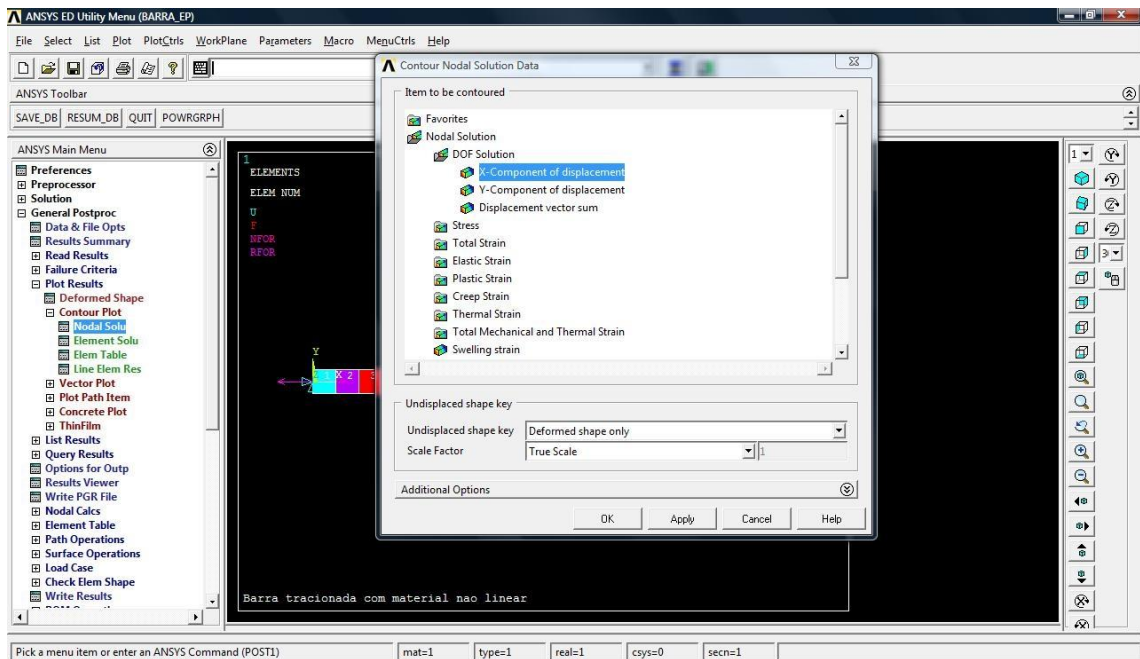
- ✓ Para visualizar o elemento em 2D ao invés de em uma linha:
- ✓ No ANSYS Utility Menu dentro do “PlotCtrls” clicar em “Style”, “Size and Shape”;



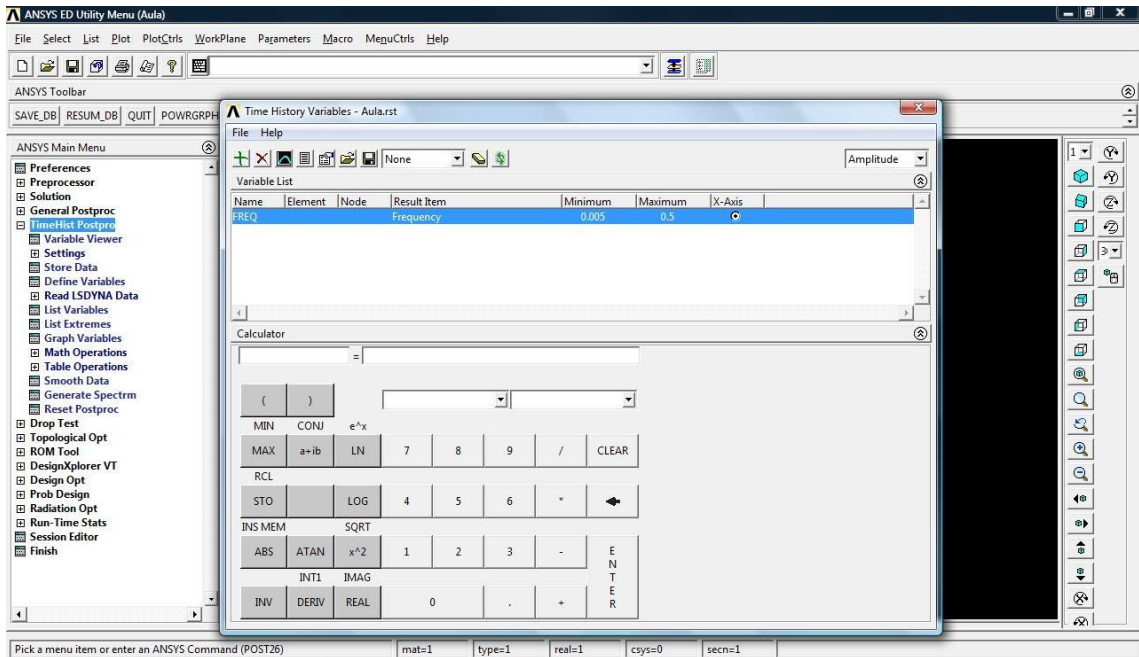
- ✓ Na nova janela, selecionar:
 - Display of element **ON**;
- ✓ Clicar em “OK”;



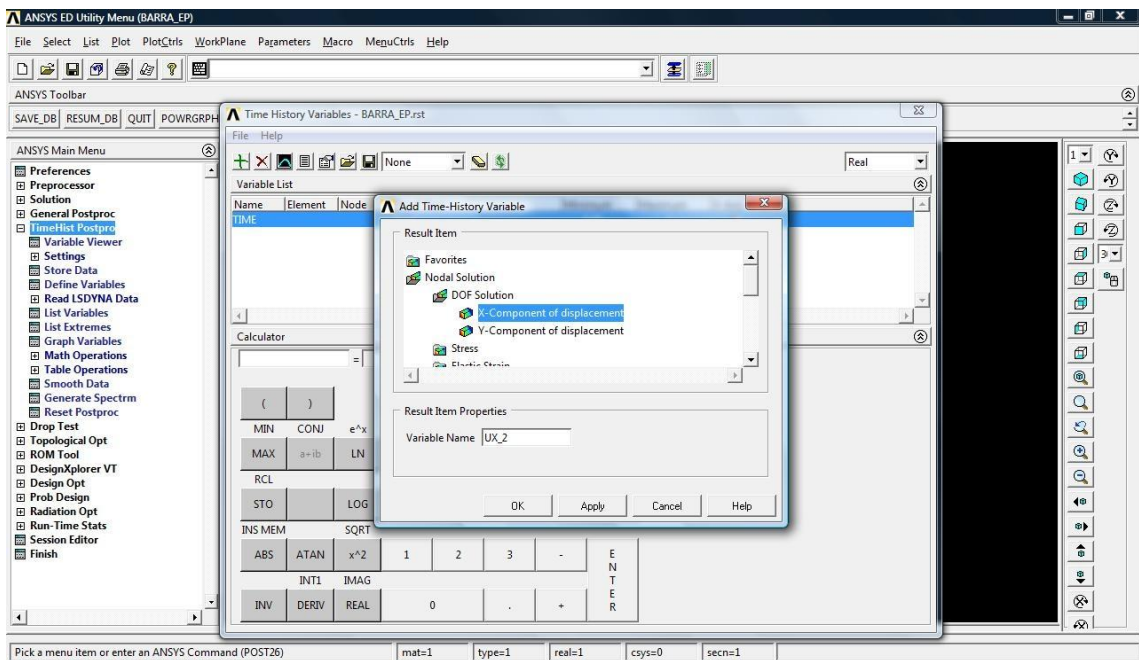
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Nodal Solution”;
- ✓ Na nova janela, selecionar:
 - DOF SOLUTION;
 - **X Component of Stress;**
- ✓ Clicar em “OK”;



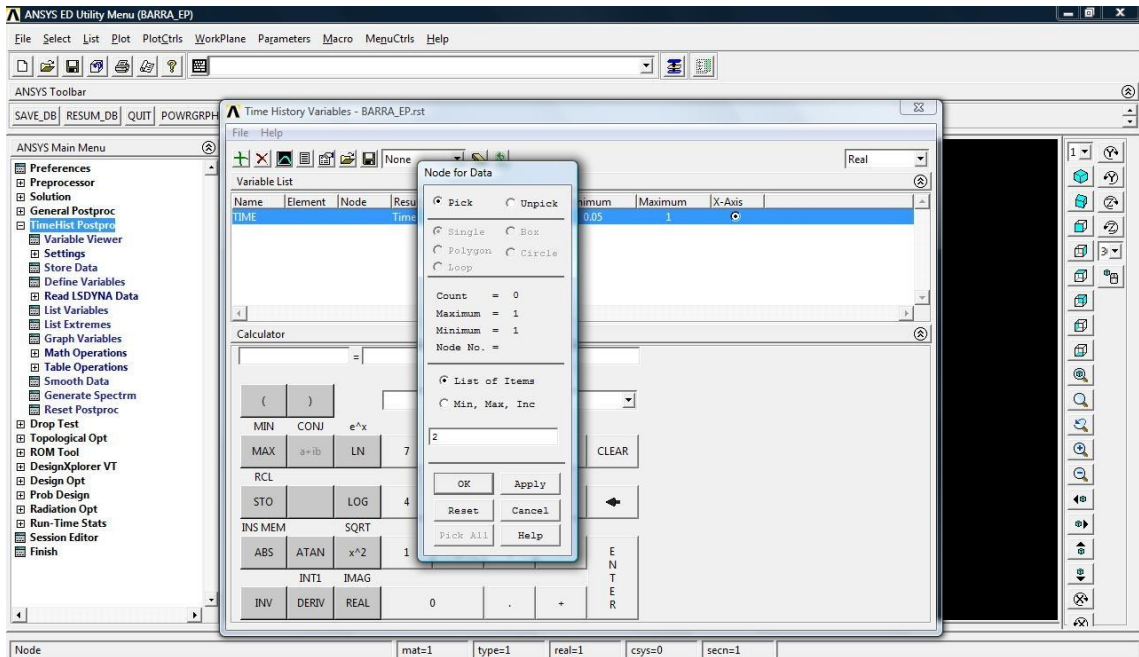
- ✓ No "ANSYS Main Menu" clicar em "TimeHist Postpro";
- ✓ Na janela que abrir, clicar no botão verde com sinal "+" para adicionar uma variável;



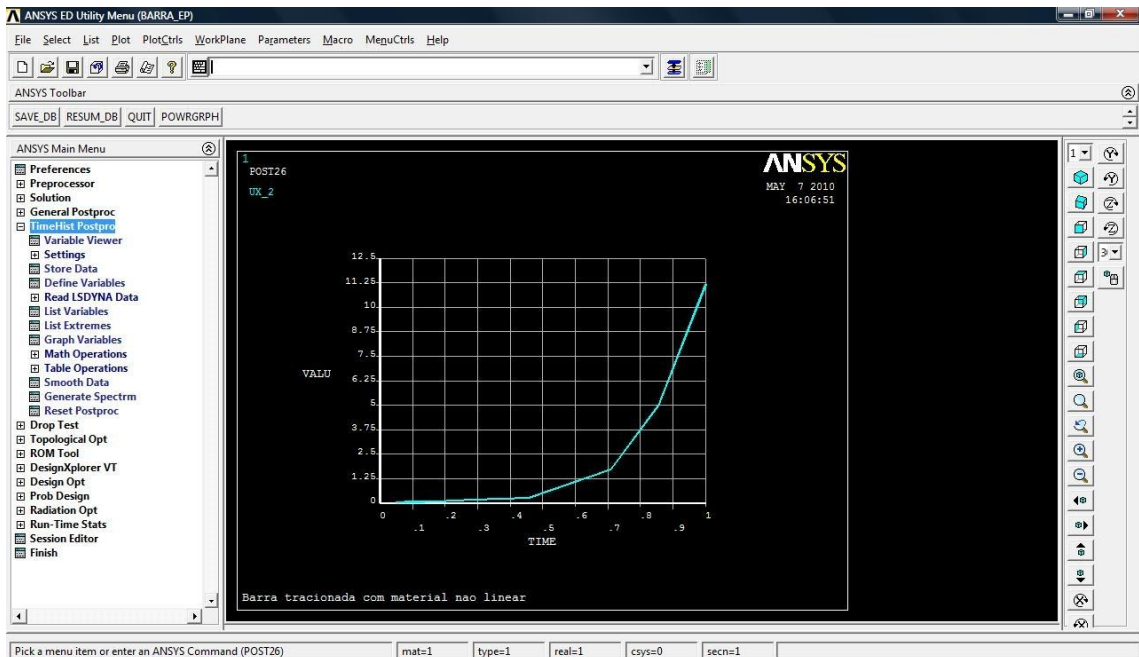
- ✓ Na nova janela selecionar o grau de liberdade desejado, no caso:
 - **NODAL SOLUTION > DOF Solution > X- Component of displacement;**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Deve-se selecionar o nó que se deseja avaliar o deslocamento, no caso, o nó **2**;
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Clicar no botão “**Graph Data**” para gerar o gráfico;
- ✓ Fechar a janela “Time History Variables” para visualizar o gráfico;



- ✓ Para renomear os eixos “x” e “y” aproximadamente ir em:
 - “Utility Menu”>”PlotCtrls”>”Style”>”Graphs”>”Modify Axes”.

5.0 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”.