

## TUTORIAL DO PROGRAM ADINA 9.2

### PROBLEMA: SÓLIDO ENGASTADO SUJEITO A FORÇA DE VOLUME DEVIDA AO PESO PRÓPRIO

#### Considerações iniciais

O programa empregado neste tutorial é o **ADINA 9.2** para até 900 nós, disponível para *download*.em:

<http://www.adina.com/adinadownloads/900-2700nodes/ADINA900V922.exe>

As instruções para instalação estão em arquivo disponível no Moodle.

Informações gerais sobre o programa e suas ferramentas podem ser encontrados no Help como mostrado abaixo. Exemplos resolvido podem ser encontradas no documento **ADINA Primer**.

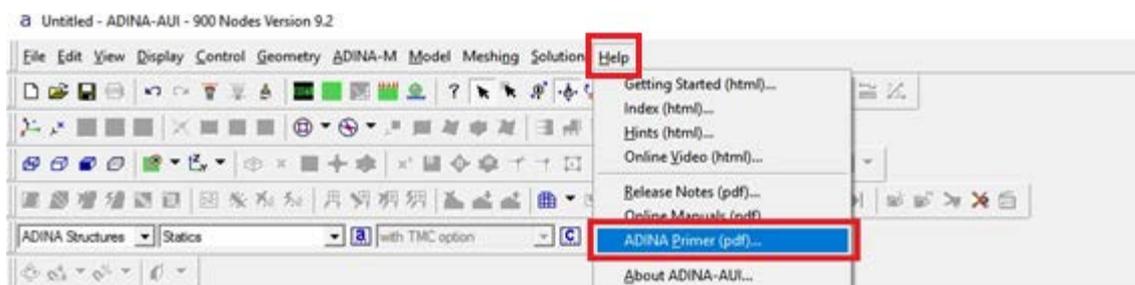


Figura 1: Acesso ao ADINA Primer (pdf)

Os passos descritos neste tutorial são semelhantes aqueles já abordados em **Tutorial do programa ADINA – Problema: chapa biapoiada sujeita a carregamento constante** e **Tutorial do programa ADINA – Problema: chapa em balanço**. Recomenda-se verificá-los para melhor compreensão dos passos executados.

#### Características do problema

Seja a estrutura a seguir:

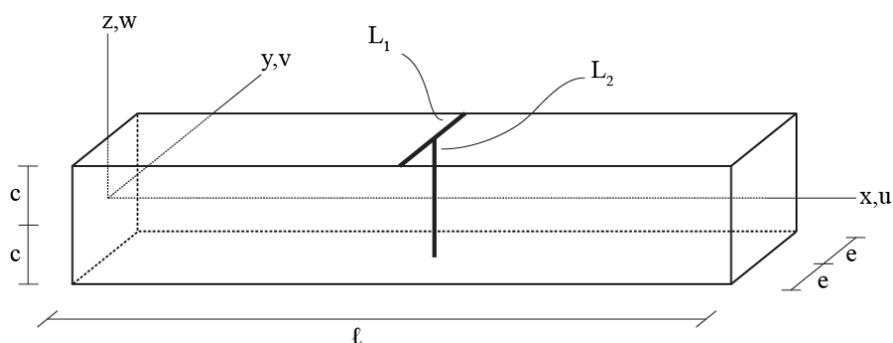


Figura 2: Sólido engastado

Sendo as propriedades geométricas:  $c = 0,25 \text{ m}$ ,  $\ell = 10,00 \text{ m}$ ,  $e = 0,10 \text{ m}$ . E as propriedades materiais:  $E = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ ,  $\nu = 0,3$ . A força de volume,  $\mathbf{f}^B = f_z^B \mathbf{e}_z$ , é tal que  $f_z^B = -\rho g$ , onde  $\rho$  é a massa específica dada em  $\text{kg/m}^3$  e  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$  é a aceleração gravitacional.

## Elaboração do modelo

### 1. Definição dos graus de liberdade do problema:

Devem-se definir os graus de liberdade do modelo. Os pontos que compõem o sólido podem deslocar-se segundo os eixos X, Y e Z, sendo estes os graus de liberdade do modelo, denominados **Master DOF**.

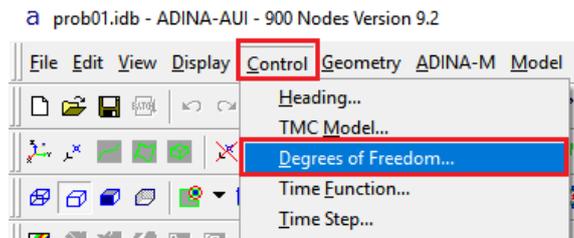


Figura 3: Definição dos Master DOF

Mantêm-se os graus de liberdade **X-Translation**, **Y-Translation** e **Z-Translation**.

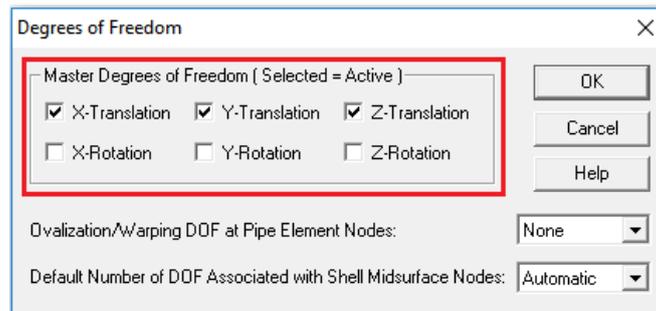


Figura 4: Master DOF para um problema no plano YZ

### 2. Definição de pontos:

Definem-se os pontos que delimitam o sólido em **Define Points**.

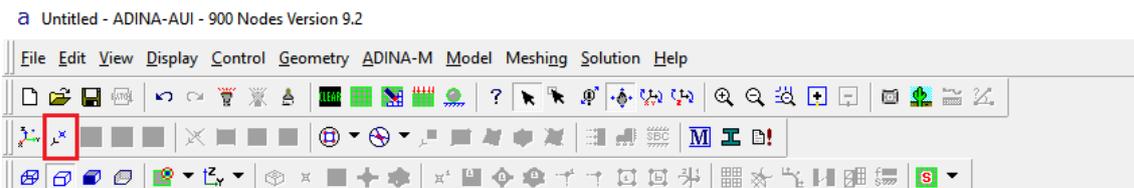


Figura 5: Definição de pontos

Ao seleccionar o ícone **Define Points**, abre-se a janela **Geometry Points**, onde serão dadas as coordenadas dos pontos. As coordenadas em X1 e o sistema de coordenadas podem ser deixados em branco, sendo então automaticamente preenchidos

por zeros. Vale ressaltar que o sistema de coordenadas 0 corresponde a coordenadas cartesianas.

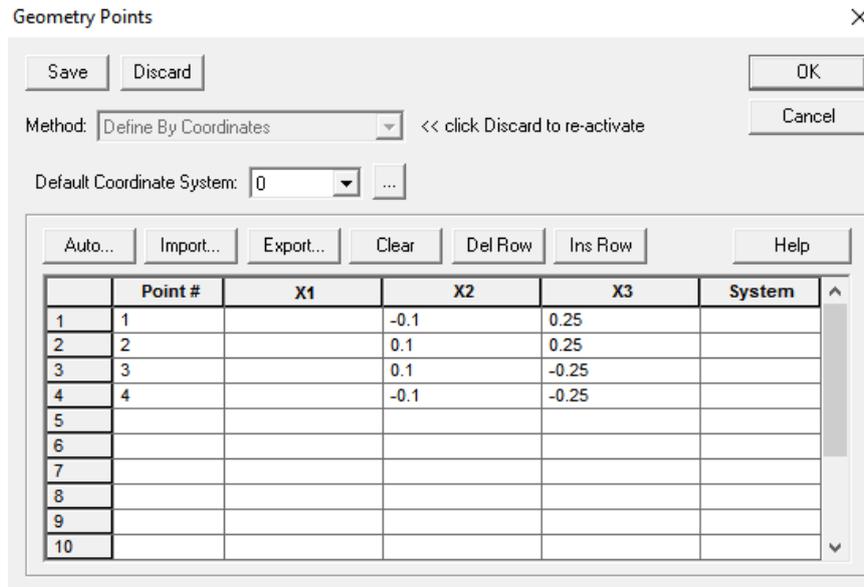


Figura 6: Coordenadas dos pontos

Preenchidos os pontos e suas coordenadas, pressiona-se **OK** para encerrar a janela.

### 3. Definição de superfícies:

Definidos os pontos que delimitem o sólido, definem-se duas superfícies em **Define Surfaces**.



Figura 7: Definição de superfícies

Uma superfície do tipo **Vertex** pode ser definida inserindo-se os pontos referentes aos vértices ou selecionando-se ponto por ponto com o auxílio do *mouse*. Ao selecionar o ícone **Define Surfaces**, abre-se a janela **Define Surface**. Selecionando-se **Add**, gera-se uma nova superfície. A primeira superfície compõe-se dos **pontos 1, 2, 3, 4**, nesta ordem. Outra opção é selecionar o ícone **P** e pressionar ponto a ponto manualmente.

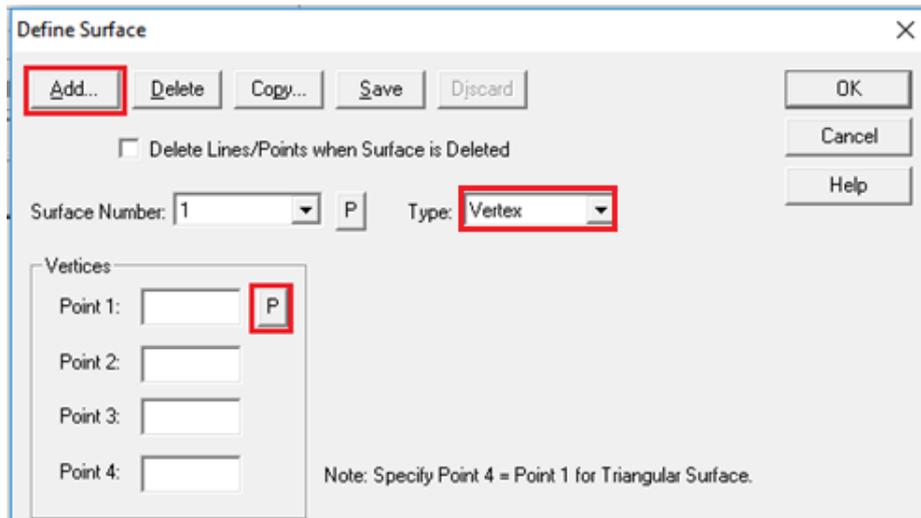


Figura 8: Pontos de cada superfície

Pode-se verificar a numeração de pontos, linhas e superfícies, além da orientação de cada linha, por meio dos ícones **Point Labels**, **Line/Edge labels** e **Surface/Face Labels**.

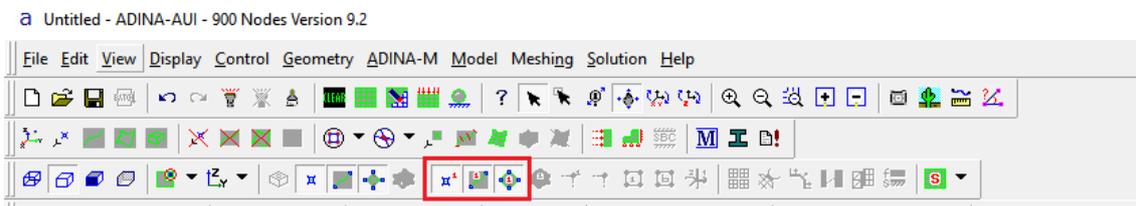


Figura 9: Visualização da numeração de pontos, linhas e superfícies, além da orientação das linhas

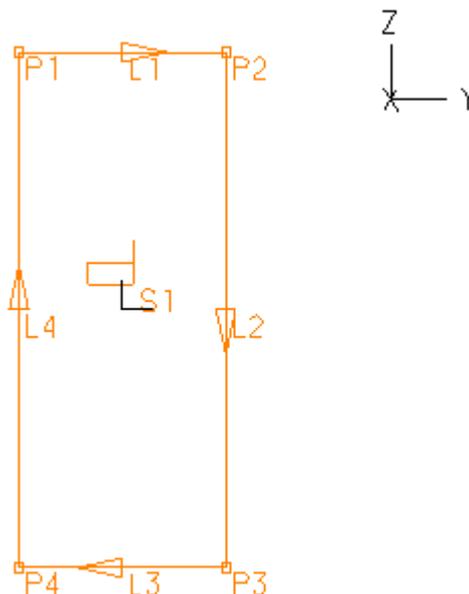


Figura 10: Pontos, linhas e superfícies gerados

#### 4. Definição de volumes:

Untitled - ADINA-AUI - 900 Nodes Version 9.2

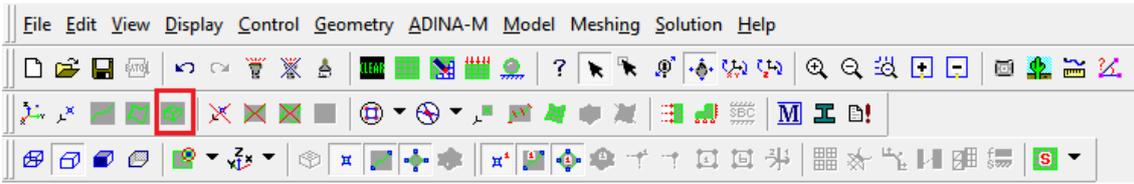


Figura 11: Definição de volumes

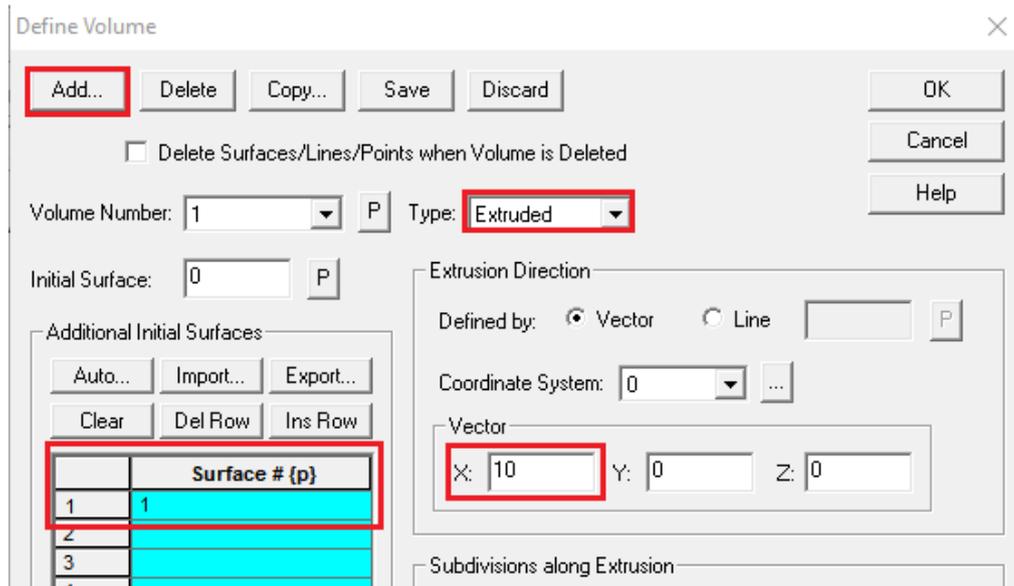


Figura 12: Definição de volumes por extrusão

Alterando a vista para **Iso View 3**, espera-se que o sólido tenha a seguinte aparência:



Figura 13: Volume gerado

5. *Definição de condições de contorno:*

As condições de contorno são definidas em **Apply Fixity**, após o qual é aberta janela homônima.

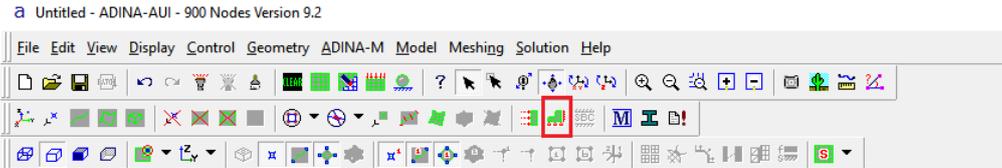


Figura 14: Definição de condições de contorno

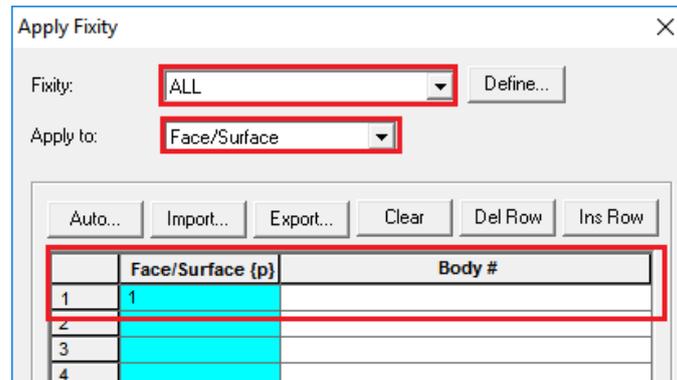


Figura 15: Aplicação de condições de contorno

Seleciona-se o ícone **Boundary Plot**, a fim de que se visualizem as condições de contorno e os respectivos locais de aplicação.



Figura 16: Visualização das condições de contorno e dos locais de aplicação

6. *Definição de carregamentos:*

Selecionando-se **Apply Load**, abre-se janela homônima.

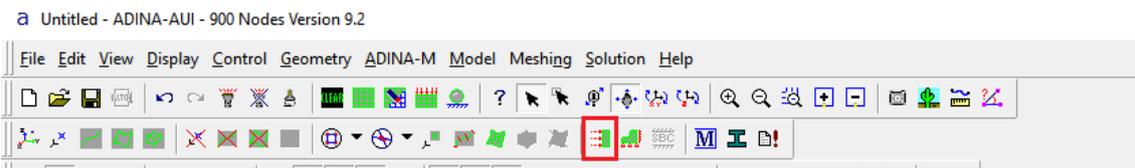


Figura 17: Definição de carregamentos

Na janela aberta, seleciona-se carregamento do tipo **Massa Proportional**, aplicado a **Model**. Então, pressiona-se **Define**. Na nova janela aberta, pressiona-se **Add** e preenchem-se os espaços com os dados ilustrados.

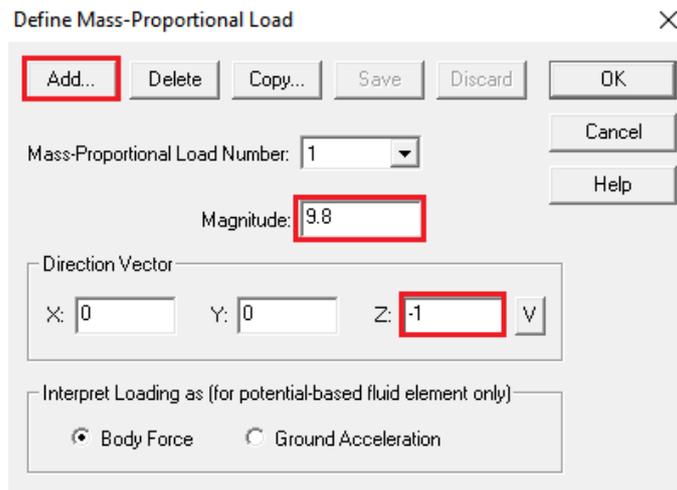


Figura 18: Determinação das características do carregamento

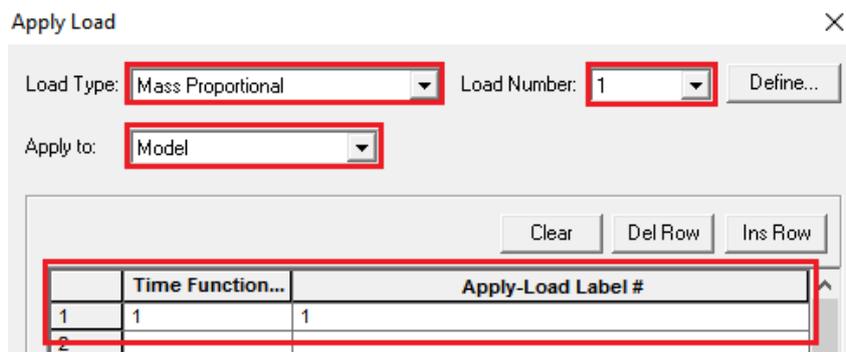


Figura 19: Definição de carregamentos

Por fim, aplica-se o carregamento em **Apply** e encerra-se a janela.

#### 7. Definição de materiais:

Em **Manage Materials**, definem-se as características dos materiais.



Figura 20: Definição de materiais

Na janela **Manage Material Definitions**, escolhe-se material **Elastic Isotropic**. Então, na nova janela aberta, seleciona-se **Add** e escrevem-se os dados do material ilustrados.

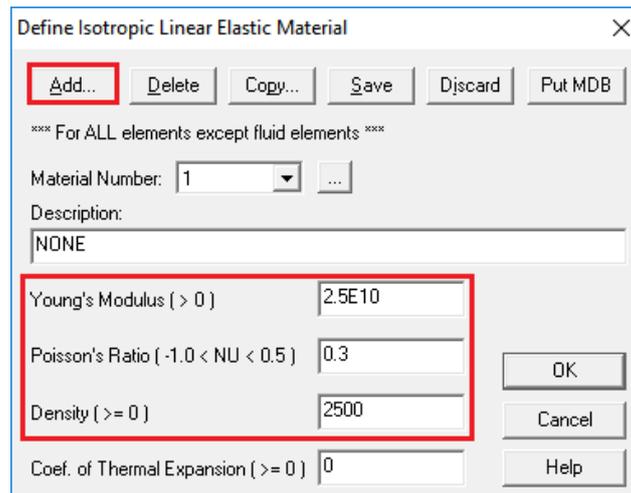


Figura 21: Determinação das características do material elástico isotrópico

Encerram-se, então, as duas janelas.

#### 8. Definição do tipo de elemento:

Selecionando-se o ícone **Element groups**, abre-se a janela **Define Element Group**. Pressiona-se **Add** e marcam-se as opções grifadas a seguir. As demais opções são deixadas como estão.



Figura 22: Definição de grupo de elemento



Figura 23: Características do elemento

#### 9. Definição da densidade da malha:

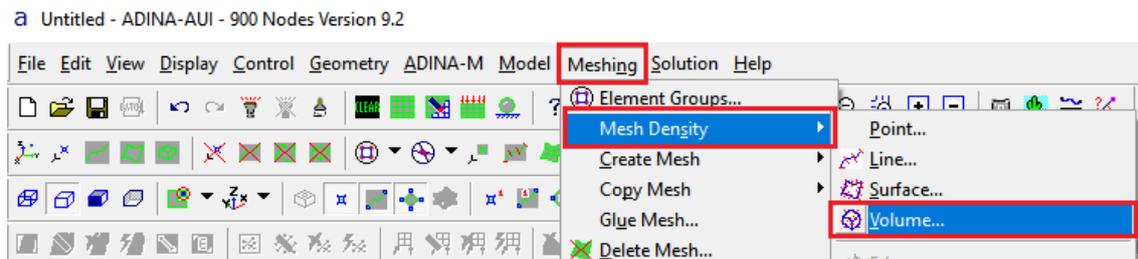


Figura 24: Definição da densidade da malha

Na janela aberta, determina-se que o volume terá 10, 1 e 2 subdivisões em X, Y e Z, respectivamente, totalizando 20 elementos no sólido:

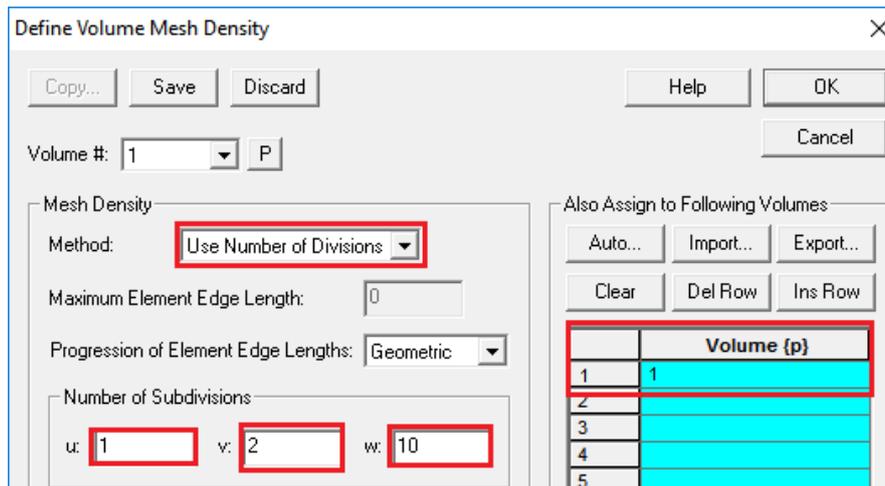


Figura 25: Determinação das divisões na malha

10. Definição da malha:

Selecionando-se o ícone **Mesh Volumes**, abre-se janela homônima.

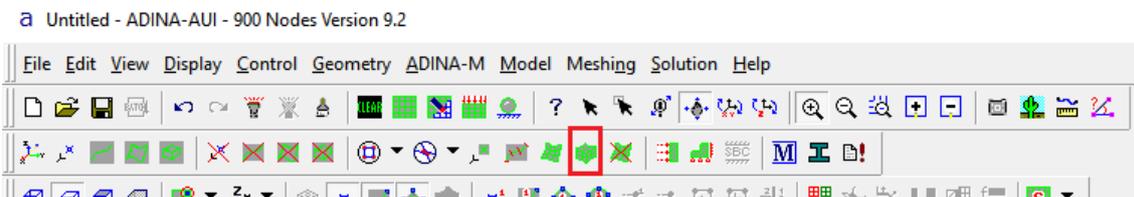


Figura 26: Definição da malha

Na janela aberta, atenta-se para o tipo de elemento, **3-D Solid**, e para o número de nós por elemento. Neste caso, adotam-se **27 nós**, de modo a garantir uma interpolação quadrática e resultados mais precisos para um número menor de elementos. Adiciona-se também o volume **1**, no qual será gerada a malha.

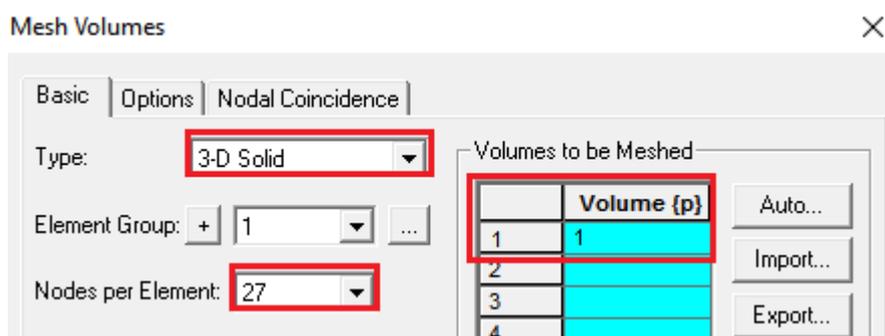
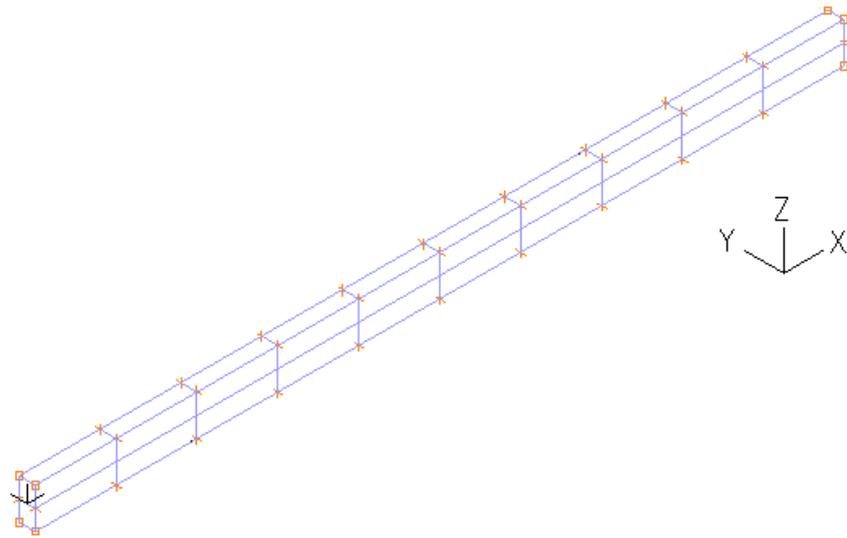


Figura 27: Definição das características da malha

Ao final, espera-se que o modelo tenha a seguinte aparência:



**Figura 28: Modelo gerado**

## Processamento

Finalizado o modelo, recomenda-se salvar um arquivo no formato idb, que conterá o modelo antes de processamento. Sugere-se o nome “prob03.idb”.

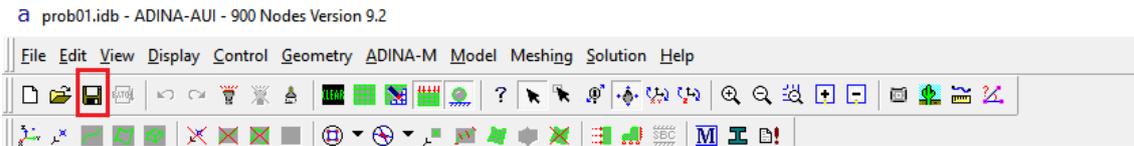


Figura 29: Salvamento do arquivo prob01.idb

Feito isso, executa-se a solução para o modelo, em **Data File/Solution**. Sugere-se o nome “prob03.dat”.



Figura 30: Processamento

Após processamento que pode levar alguns segundos, encerram-se as duas janelas abertas e entra-se no modo **Post-Processing**.

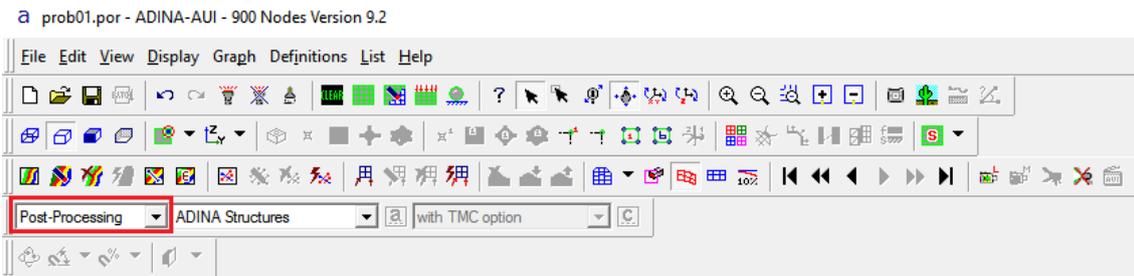


Figura 31: Modo pós-processamento

Como o arquivo idb acabou de ser salvo, podem ser descartadas as alterações, pressionando-se **Yes**. Abre-se, então, o arquivo recém-gerado “prob03.por”.

## Análise de resultados

### 11. Magnificação da configuração deformada:

Ao abrir-se o arquivo “prob03.por”, vê-se a malha na configuração deformada. Esta se assemelha bastante à malha original visto que os deslocamentos são pequenos. Para visualizar melhor a configuração deformada, pode-se magnificar os deslocamentos.

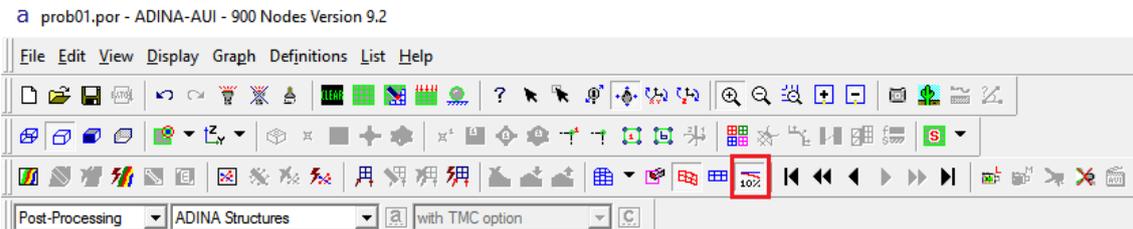


Figura 32: Magnificação dos deslocamentos

### 12. Visualização da distribuição de tensões ao longo de uma seção:

Primeiramente, seleciona-se o ícone **Modify Mesh Plot**.



Figura 33: Modificação da disposição da malha

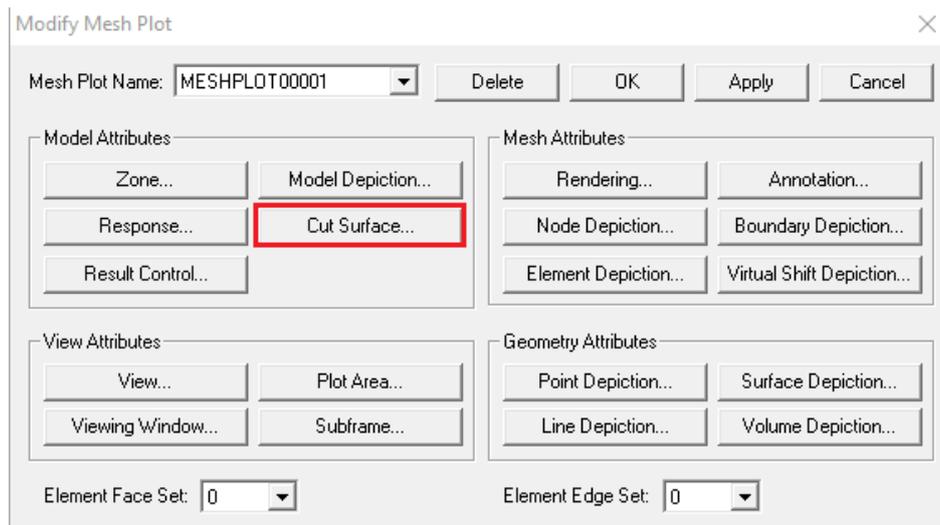


Figura 34: Seleção de superfície de corte

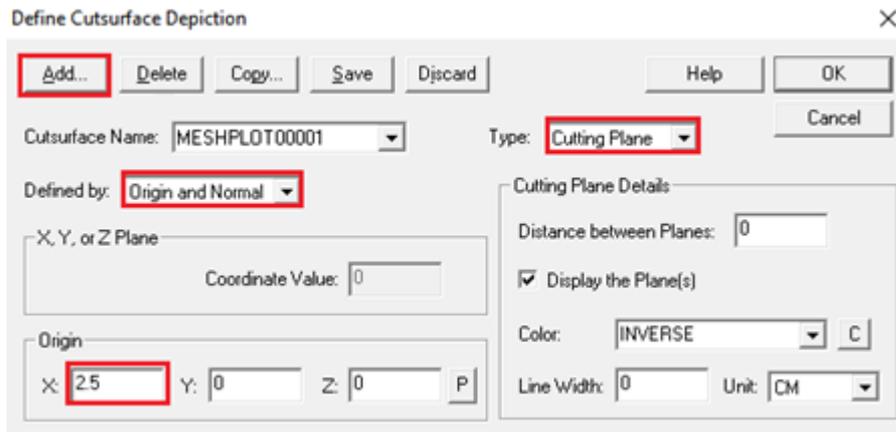


Figura 35: Características da superfície de corte

Determinada a superfície de corte, emprega-se a ferramenta **Create Band Plot**.



Figura 36: Geração de gráfico de distribuição de tensões

Seja a distribuição de tensões  $\sigma_{xx}$ :

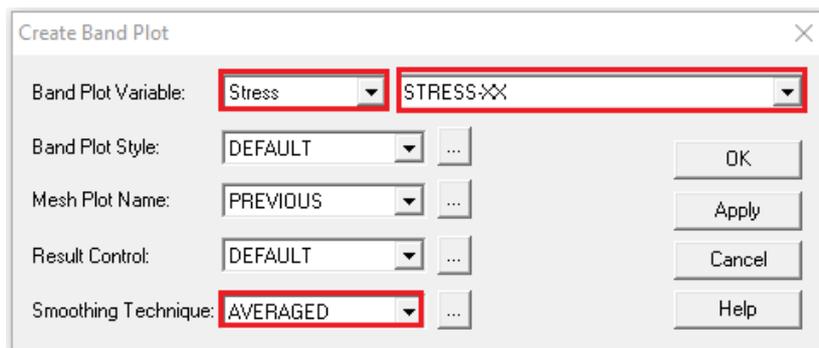


Figura 37: Definição da distribuição de tensões  $\sigma_{xx}$

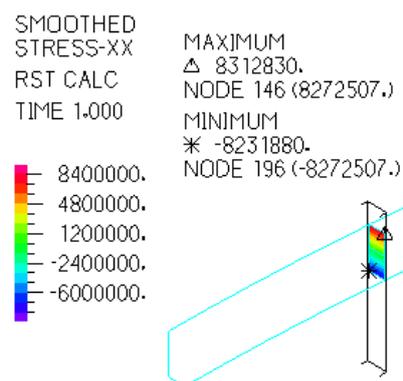


Figura 38: Distribuição de tensões  $\sigma_{xx}$

Observe-se que as tensões ao longo do domínio apresentam poucas descontinuidades, apesar de pequena discretização da malha. Tal se deve à técnica de suavização adotada (**Smoothing Technique**), a saber, **Averaged**. Recomenda-se cautela, todavia, ao adotar-se esta técnica, visto que ela pode mascarar descontinuidades no modelo.

### 13. *Elaboração de listas de valores por Model Point:*

Primeiramente, seleciona-se **Clear** e **Mesh Plot**, para gerar novamente a malha. Escolhe a malha original, para facilitar a visualização, e altera-se a vista para **Iso View**.  
3. Convém exibir a numeração dos nós, em **Node Labels**:

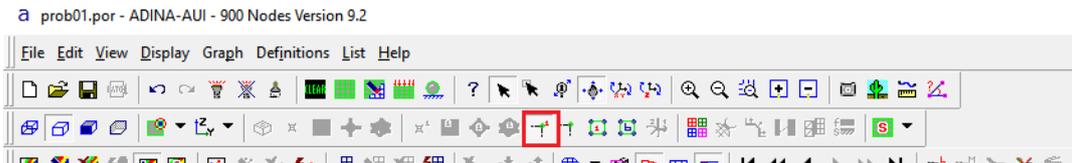


Figura 39: Exibição da numeração de nós

Altera-se a vista para **YZ**. Então, gera-se um **Model Point** a partir de um nó, ou um **Node Point**:

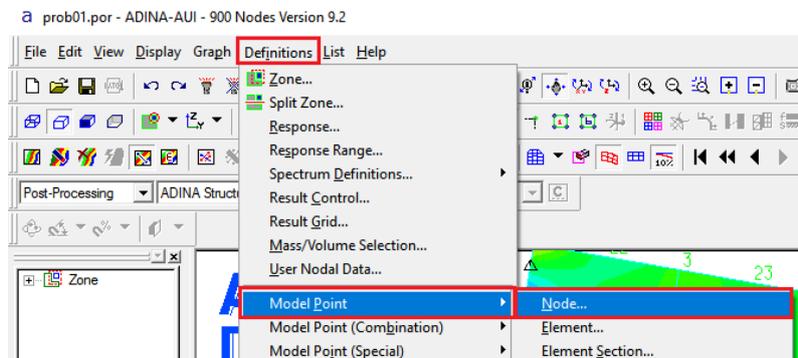


Figura 40: Geração de Model Point a partir de nó

O **Node Point** pode ser escolhido manualmente ou digitando-se o seu número.

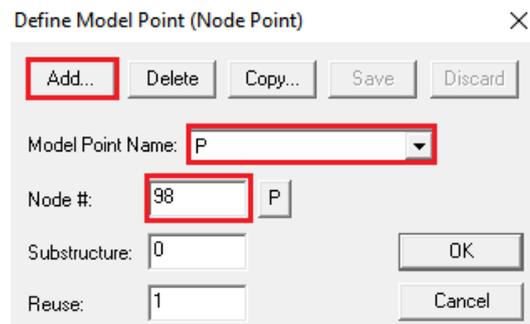


Figura 41: Definição de Node Point

Pressiona-se **OK** para encerrar a janela e então **F9** para limpar da tela de fundo.

#### 14. *Elaboração de listas de valores por Model Point:*

Na aba **List**, podem-se obter os valores, tais como tensões e deslocamentos, para **Model Points** gerados anteriormente.

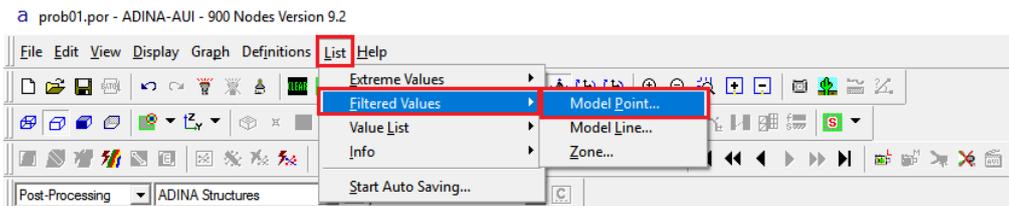


Figura 42: Criação de lista de valores por Model Point

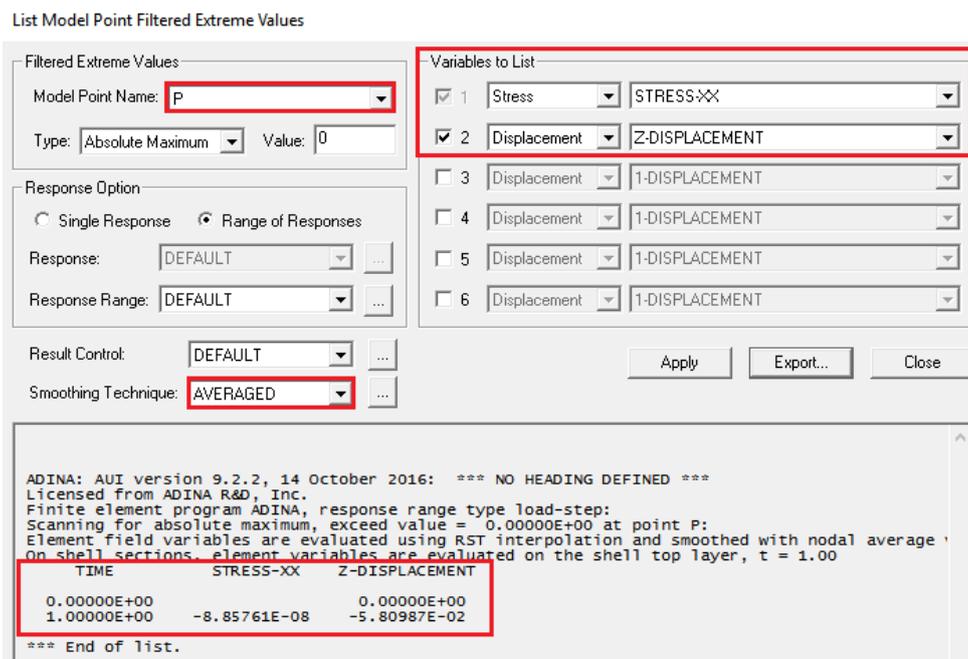


Figura 43: Lista com deslocamento em Z do Model Point

Note-se que em **Variables to list** é possível listas diversas variáveis simultaneamente. Essa ferramenta é bastante útil para a elaboração de estudos de convergência, a partir da obtenção de listas malhas progressivamente refinadas.

#### 15. *Elaboração de gráficos de curva de resposta por Model Line:*

Para facilitar a seleção dos nós do **Model Line**, cria-se uma **Zone**:

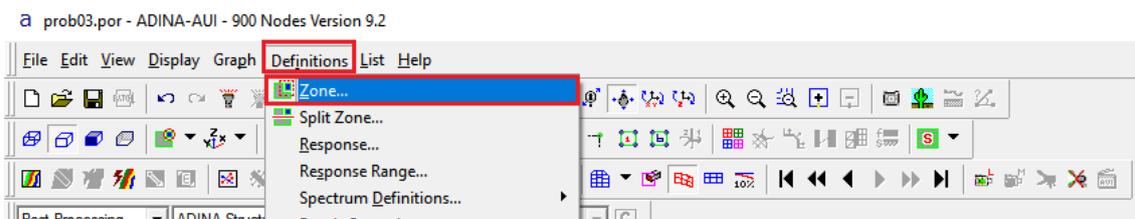


Figura 44: Definição de uma Zone

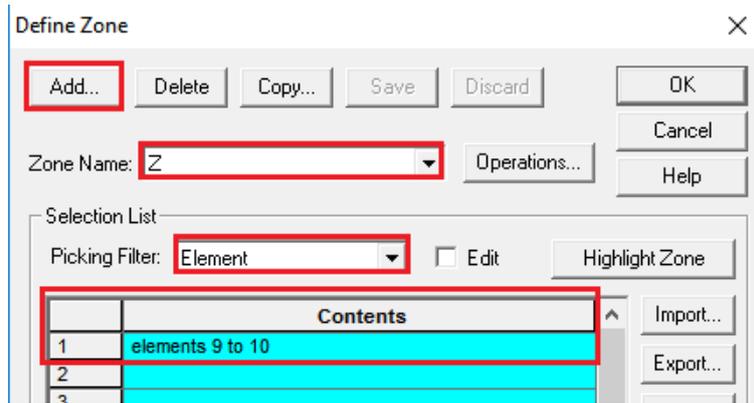


Figura 45: Características da Zone

Limpa-se a tela por meio do ícone **Clear** e seleciona-se a zona a ser mostrada:

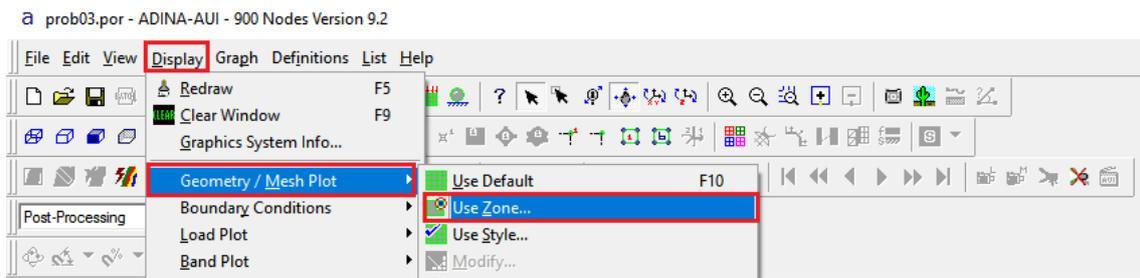


Figura 46: Seleção de Zone

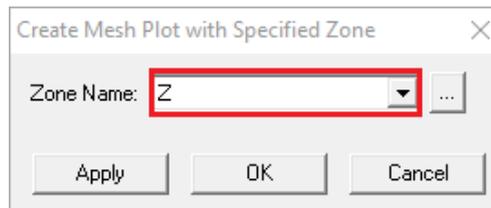


Figura 47: Zone

Selecionando-se a vista **YZ** e a malha original, obtém-se:

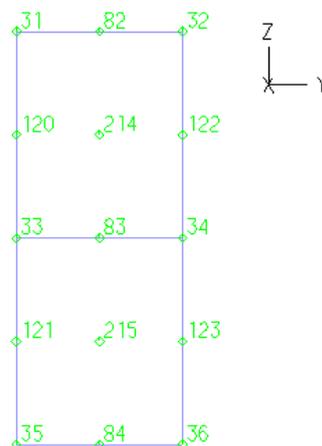


Figura 48: Zone gerada

Gera-se, então, um **Model Line**:

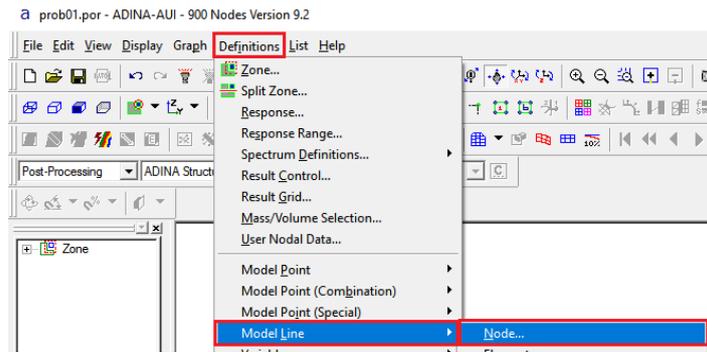


Figura 49: Gráfico de curva de resposta por Model Line

Selecionam-se os nós ao longo da metade da seção transversal, a saber, **nós 82, 214, 83, 215 e 84**. Como a malha deste exemplo é pouco refinada, convém simplesmente digitar os nós na janela. Todavia, para malhas com muitos nós, recomenda-se seleccionar nó a nó com o auxílio do *mouse*, após pressionar duas vezes sobre qualquer ponto da coluna em azul.

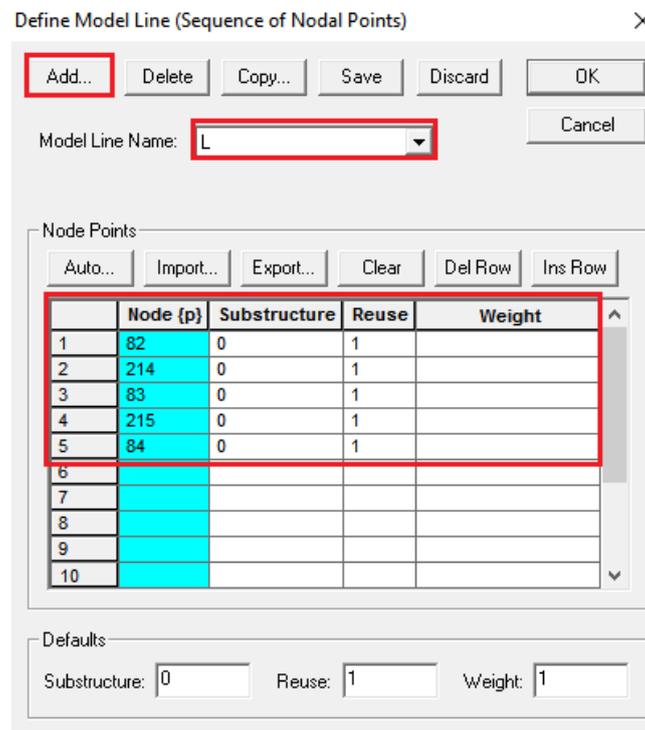
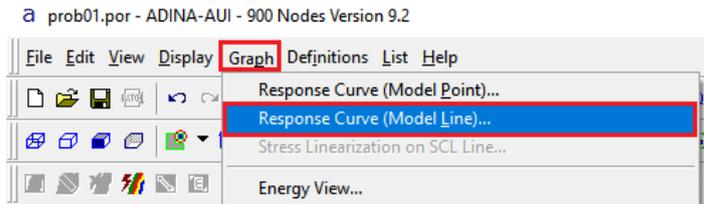
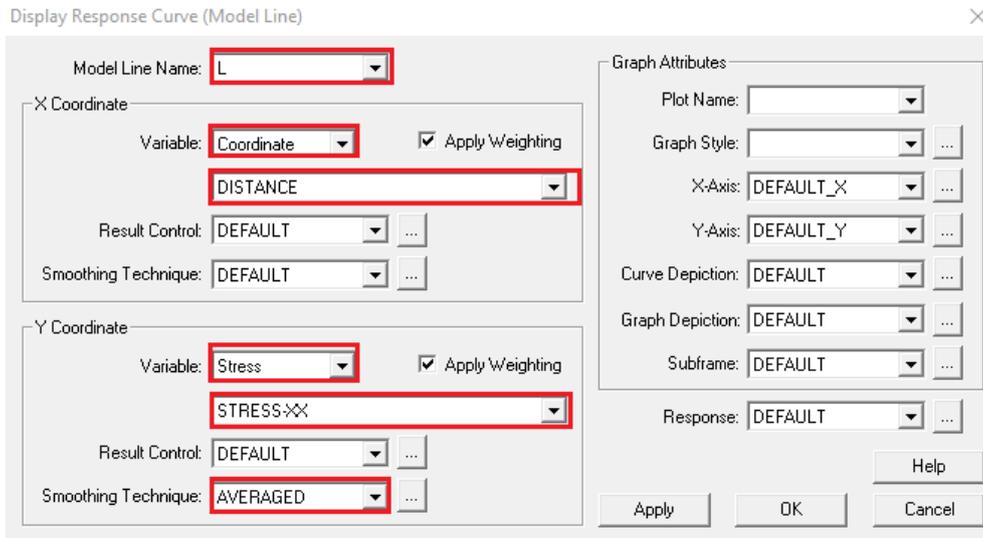


Figura 50: Definição de sequência de Nodal Points

Gerado o **Model Line**, deve-se abrir a janela de elaboração do gráfico:

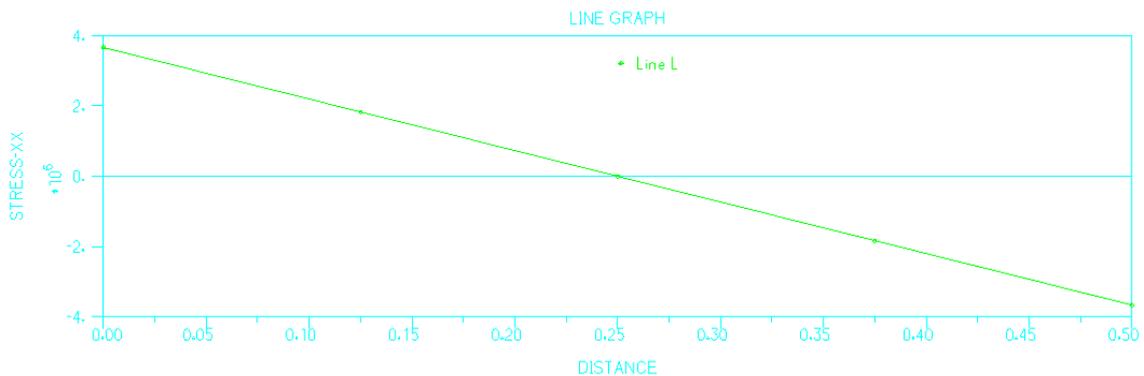


**Figura 51: Gráfico de curva de resposta por Model Line**



**Figura 52: Geração do gráfico de resposta por Model Line**

Ressalta-se a importância de impor **Averaged** como técnica de suavização, a fim de que o gráfico seja efetivamente gerado.

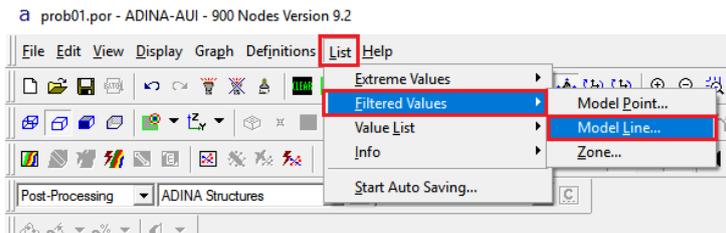


**Figura 53: Gráfico de curva de resposta para tensão  $\sigma_{yy}$**

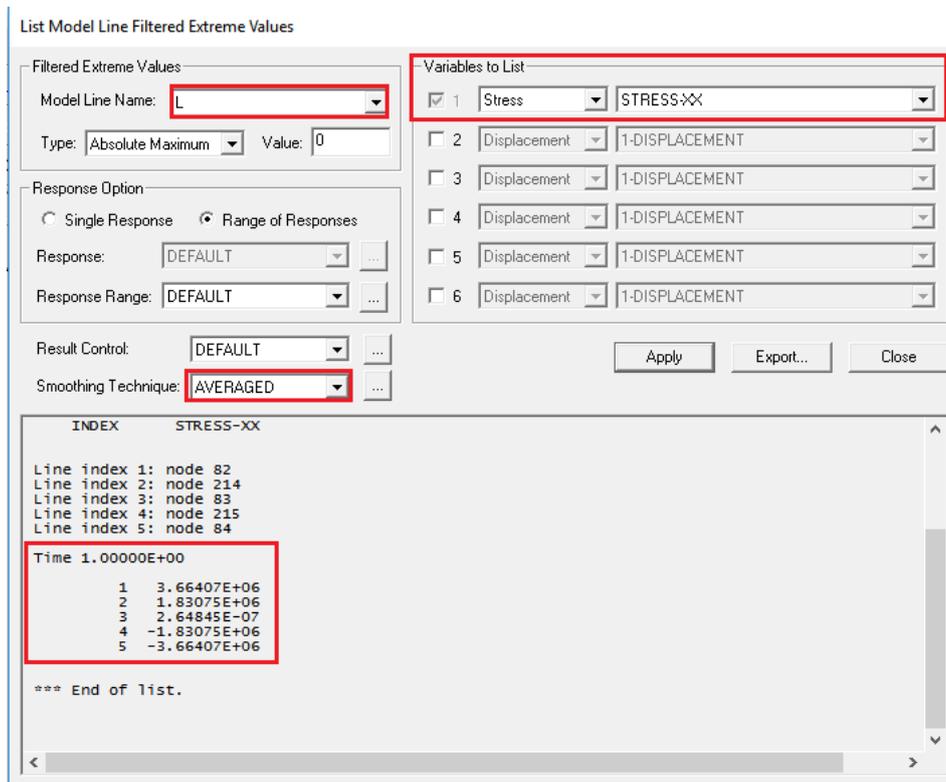
Observa-se da imagem anterior que o que se está a representar é a tensão normal ao longo da seção transversal no meio do vão.

16. *Elaboração de lista de valores por Model Line:*

O passo adiante é muito semelhante ao procedimento de listagem outrora feito:



**Figura 54: Criação de lista de valores por Model Line**



**Figura 55: Lista com deslocamentos em Z do Model Line**