

Tutorial do SAP2000 Educational

Por

Rakesh K. Goel

Department of Civil and Environmental Engineering

California Polytechnic State University

San Luis Obispo, CA 93407

Traduzido por

Tereza Denyse P. de Araújo

Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil

Universidade Federal do Ceará

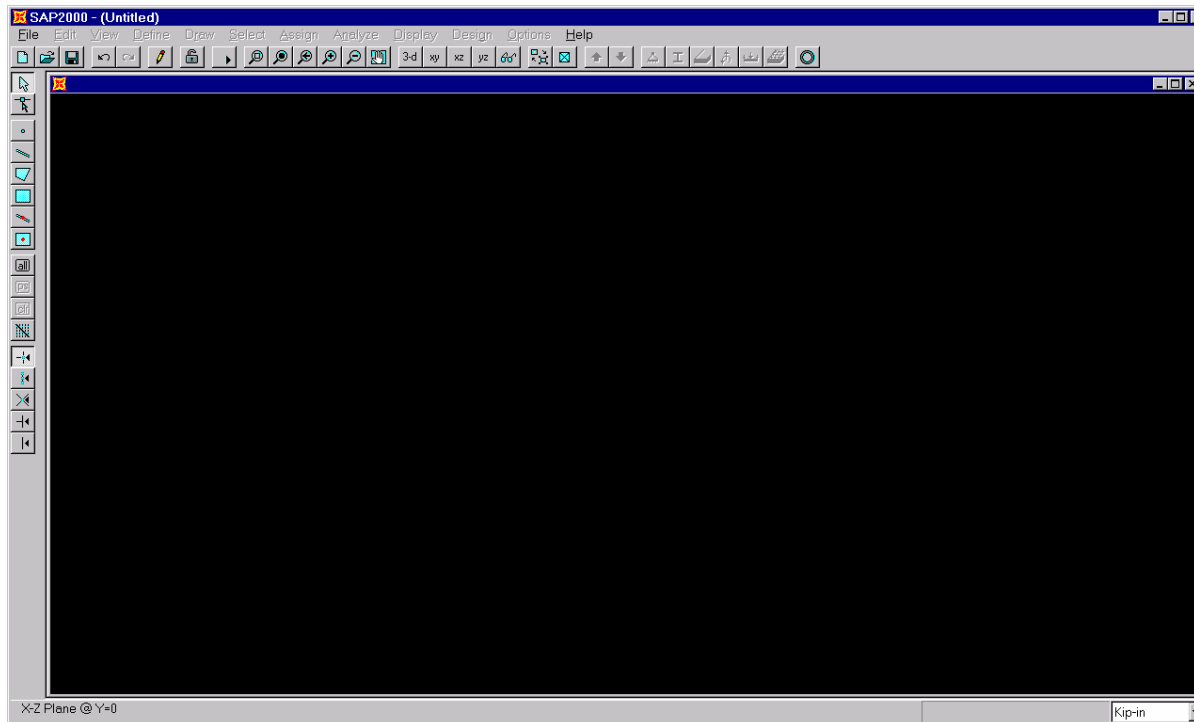
Fortaleza - Ceará

©2001 por Rakesh K. Goel

Todos os direitos reservados

Modelo Geométrico

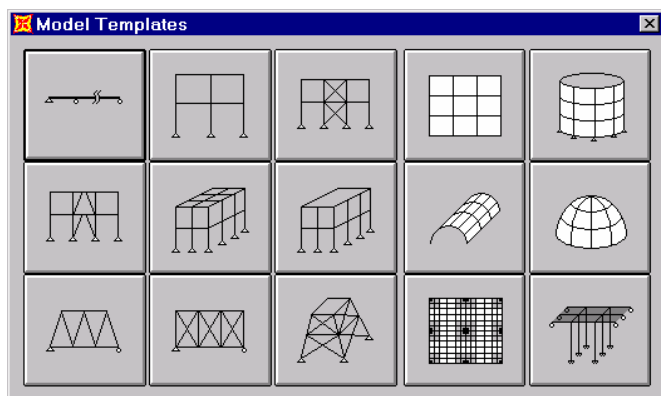
O programa começa com a seguinte tela.



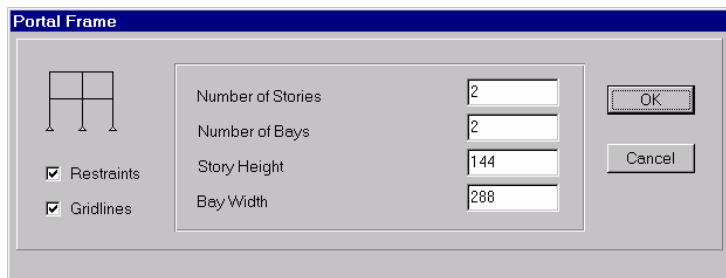
No canto direito inferior, selecione as unidades a serem usadas na análise.

Clique em **File**

Clique em **New Model from Template** para acessar a tela seguinte.

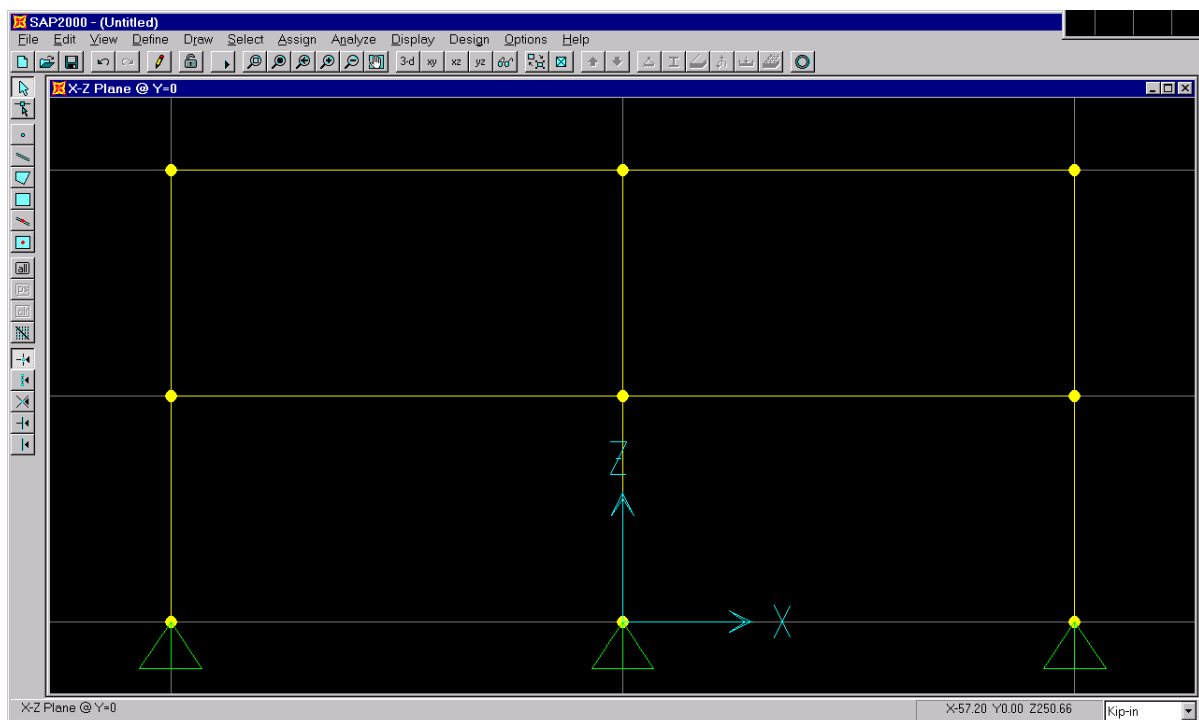


Escolha um modelo que se ajusta a sua necessidade. Por exemplo, para gerar um pórtico bidimensional, clique no segundo ícone na primeira fila. A janela seguinte se abre.

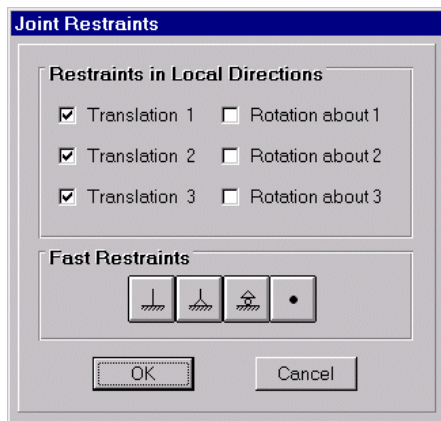


Especifique o número de pavimentos (Number of Stories), número de vãos (Number of Bays), altura do pavimento (Story Height), e largura do vão (Bay Width). As unidades deverão ser consistentes com aquelas selecionadas no primeiro passo.

Clique no **OK** e um esboço básico do modelo aparecerá na tela. Este modelo tem as coordenadas corretas de todos os nós.



Para mudar as condições de contorno, selecione os nós e então clique no ícone de restrição de nó (pequeno triângulo na barra de ícones superior) para acessar a tela seguinte.



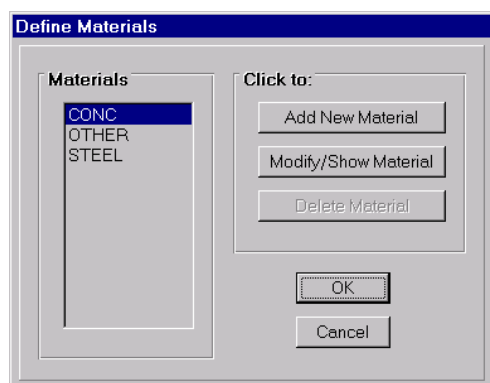
Clique no ícone **Fast Restraints** apropriado e clique **OK**.

Propriedades dos Materiais

Se mais de um material for usado, repita o processo para cada material novo.

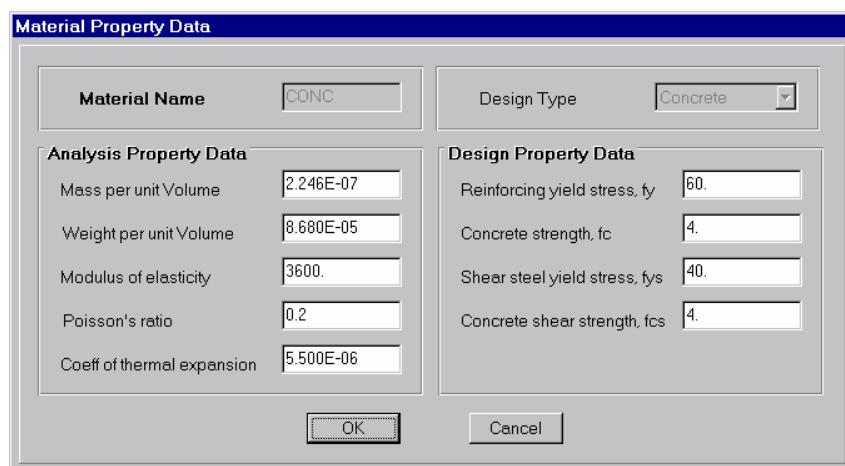
Clique em **Define**

Clique em **Material** para acessar a seguinte tela.



O programa tem as propriedades do concreto e do aço. Se você quiser, você pode adicionar um novo material clicando em **Add New Material** e seguindo as direções.

Para conferir ou modificar as propriedades de aço ou concreto, clique em **Modify/Show Material**. A seguinte tela aparece. Confira para ver se estas propriedades materiais são aceitáveis. Se não, você pode modificá-las indo para a caixa apropriada e entrando novo valor.

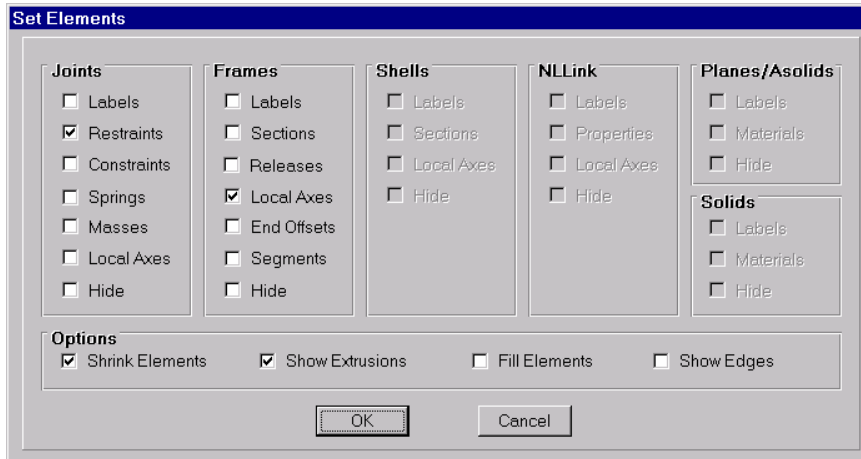


ATENÇÃO: Se você especificar um valor de peso por unidade de volume (Weight per unit Volume) diferente de zero, o programa, automaticamente, calculará o peso dos elementos estruturais e os usará na análise. Se você especificar um valor de carga (Dead Load) que contenha o peso próprio dos elementos estruturais, especifique zero para o peso (ou torne-a uma variável sem efeito). Semelhantemente, se suas massas nodais contiverem massa devido a peso

próprio, especifique zero no campo da massa por unidade de volume (Mass per unit Volume).

Dados dos Elementos

Defina as opções de exibição de elemento. Clique em **View** e então em **Set Elements** ... para acessar a seguinte tela.



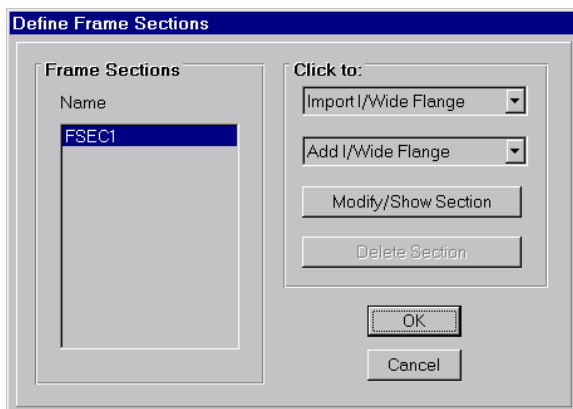
Confira todas as caixas apropriadas debaixo das seções **Joints** (nós) e **Frames** (reticulados ou barras).

Também é útil conferir as opções **Shrink Elements** e **Show Extrusions**. A última opção é útil na checagem visual da orientação correta de vigas e colunas.

Clique **OK**.

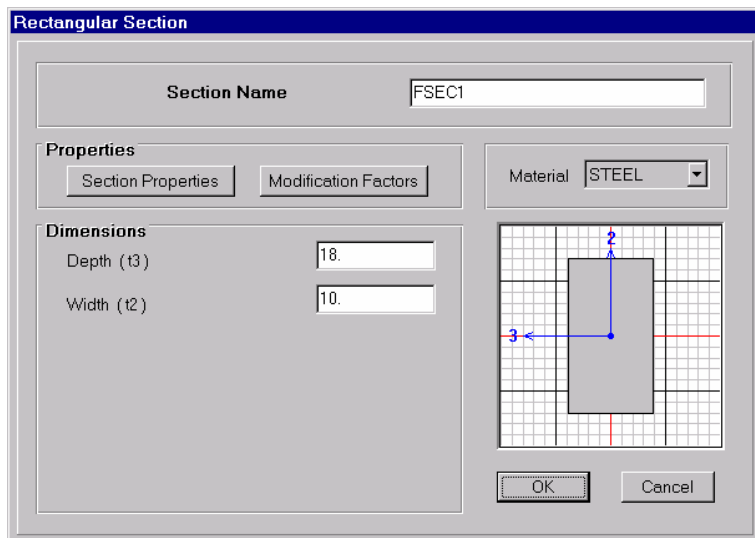
Para definir as propriedades das seções dos elementos de barra, repita o seguinte processo tantas vezes quantas diferentes seções serão usadas em sua análise.

Clique em **Define** e então em **Frame Sections** para acessar a tela seguinte.



Há uma seção retangular **FSEC1** padrão. Você pode modificar esta seção, ou você pode importar (**Import/Wide Flange**) ou adicionar nova seção (**Add/Wide Flange**).

Para modificar a seção existente, selecione **FSEC1** e então clique em **Modify/Show Section** para a tela seguinte aparecer.



Rectangular Section

Section Name: FSEC1

Properties: Section Properties | Modification Factors

Material: STEEL

Dimensions:

Depth (t3): 18.

Width (t2): 10.

OK Cancel

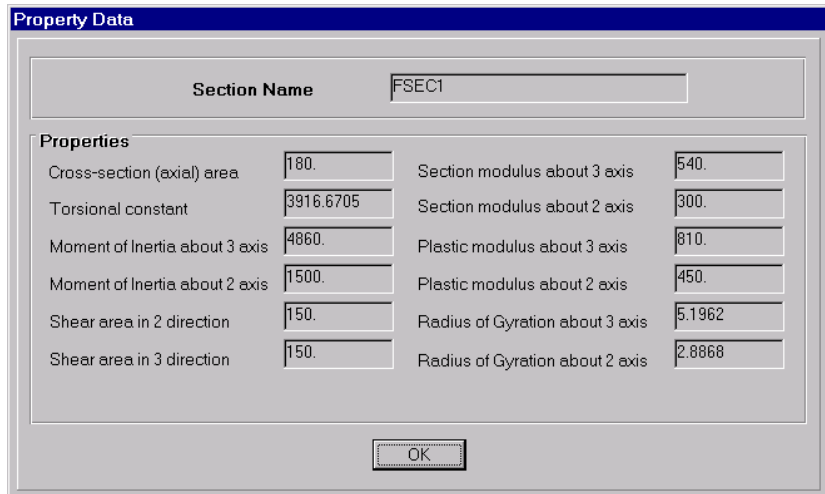
The dialog box shows a rectangular section on a grid. The width is labeled '2' and the depth is labeled '3'.

Especifique um nome para sua seção na caixa **Section Name**.

Selecione o material apropriado (**Material**). As propriedades do material foram definidas anteriormente.

Modifique a profundidade (**Depth**) e a largura (**Width**).

Veja as propriedades calculadas da seção clicando no ícone **Section Properties**.



Property Data

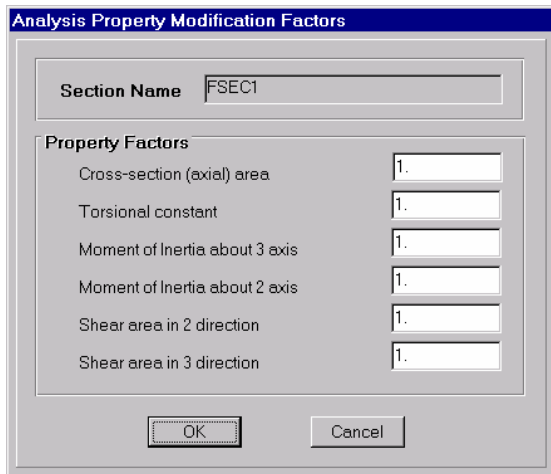
Section Name: FSEC1

Properties:

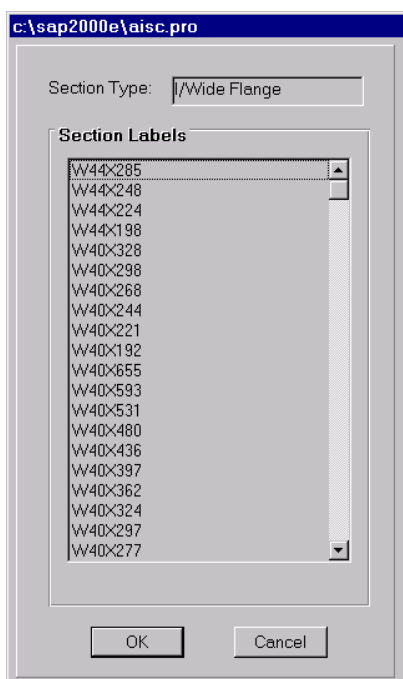
Cross-section (axial) area	180.	Section modulus about 3 axis	540.
Torsional constant	3916.6705	Section modulus about 2 axis	300.
Moment of Inertia about 3 axis	4860.	Plastic modulus about 3 axis	810.
Moment of Inertia about 2 axis	1500.	Plastic modulus about 2 axis	450.
Shear area in 2 direction	150.	Radius of Gyration about 3 axis	5.1962
Shear area in 3 direction	150.	Radius of Gyration about 2 axis	2.8868

OK

Se você quiser modificar as propriedades, você pode fazê-lo apenas clicando em **Modification Factor** e especificando os multiplicadores apropriados. As propriedades mostradas estão baseadas na seção total. Para o concreto armado, é habitual considerar momento de inércia como uma fração da inércia total. Aquela fração poderia ser entrada como **Property Factor** na tela **Modification Factor**.



Você também pode importar um das seções predefinidas, como a seção padrão AISC. Para este propósito, vá para a caixa de importar e clique em um tipo de seção. Por exemplo, clique em **Import/Wide Flange** que dá a tela seguinte



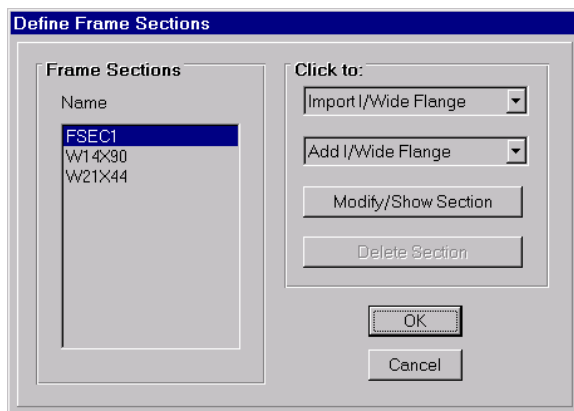
Escolha a seção apropriada, e clique **OK**. Se você estiver fazendo isto pela primeira vez, o programa lhe pedirá que escolha de arquivos de dados padrões. Por exemplo, propriedades das seções AISC estão no arquivo **aisc.pro**.

Você pode ver a seção da opção Modify/Show caixa do **Define Frame Section**.

Para assinalar propriedades de seção a cada elemento de barra, selecione todos os elementos para os quais você quer nomear a mesma seção.

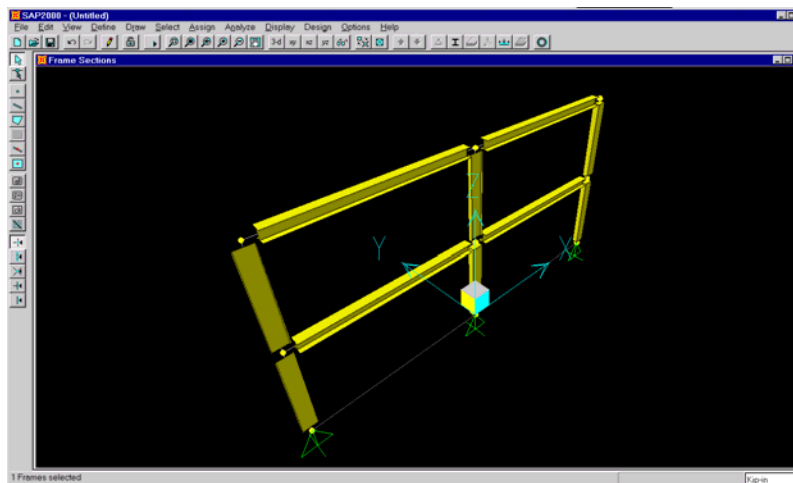
Clique em **Assign**, então em **Frame Section** aparece a tela seguinte.

Escolha a seção que você quer nomear aos elementos selecionados e então clique **OK**.



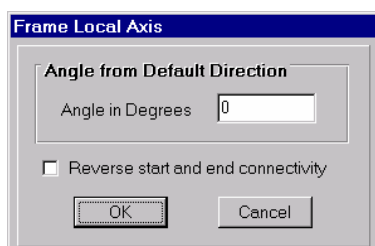
O processo completo lhe mostra, por exemplo, o seguinte modelo estrutural. Note que o SAP, por default, localiza os elementos de barra para o eixo de flexão mais forte.

O eixo pode ser mudado pelo seguinte processo, que é descrito mudando o eixo local para uma das colunas.



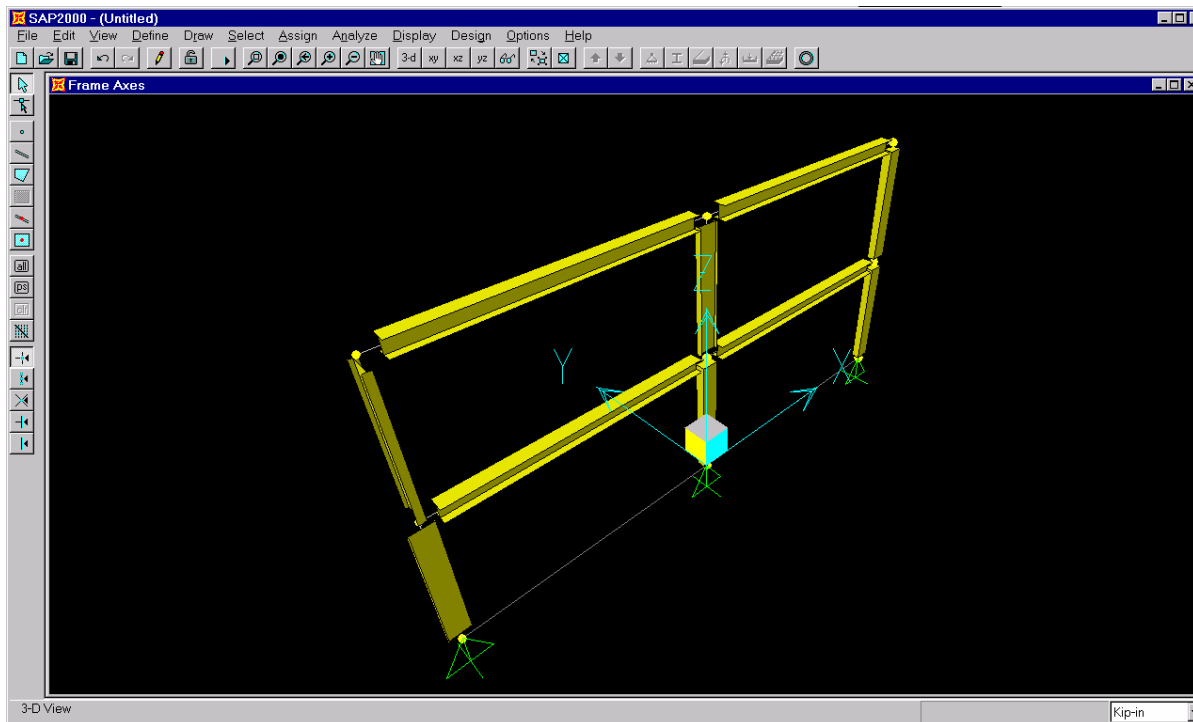
Selecione o elemento que você quer mudar o eixo local.

Clique em **Assign**, então em **Frame** e então em **Local Axes** aparecer a seguinte tela



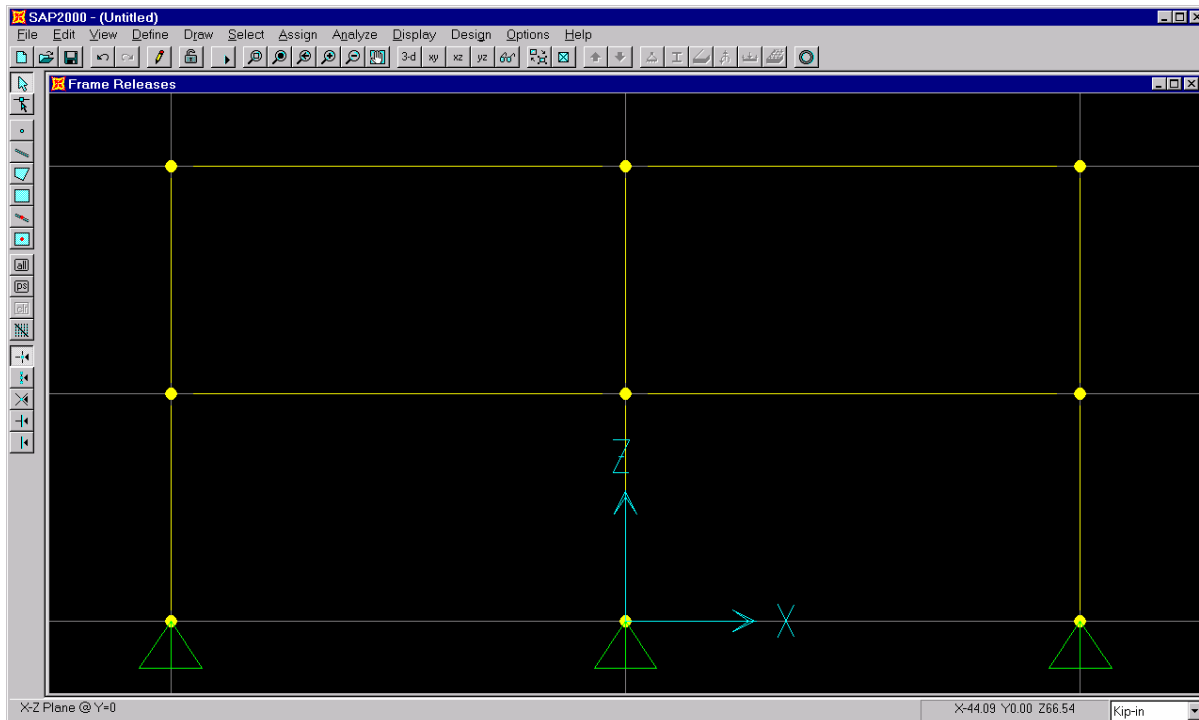
Para girar o ângulo da direção padrão, digamos por 90 graus, entre o ângulo em graus (**Angle in Degrees**) desejado e clique **OK**.

Você verá a mudança na direção das colunas como mostrado abaixo.

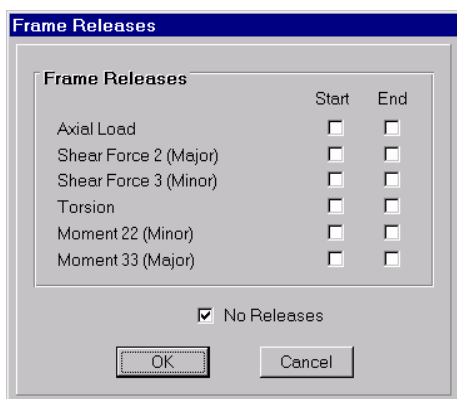


Depois que você especificou todos os elementos e conferiu a orientação, é útil voltar para o diagrama de linha. Isto pode ser feito clicando em **View**, então em **Set Elements** e então desmarcando a caixa **Show Extrusion**.

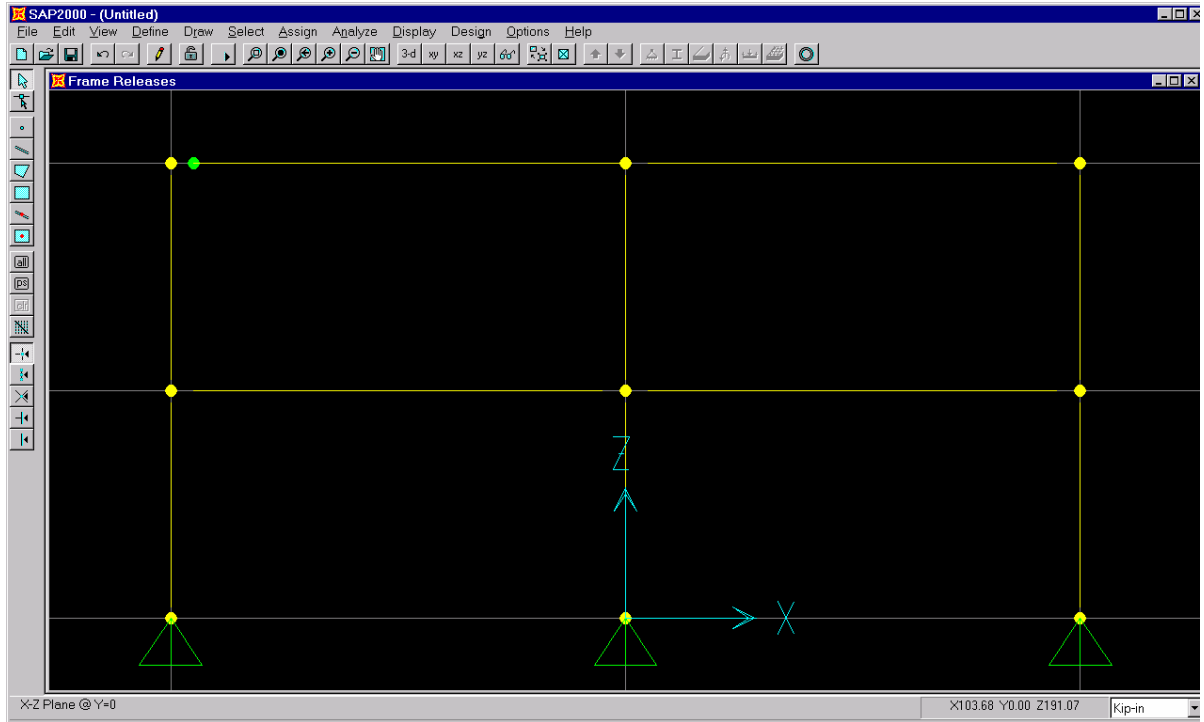
Você também pode querer checar em **Frame Release** para ser capaz de ver qualquer liberação nas extremidades do membro. Abaixo é mostrado o modelo em duas dimensões.



Por default, o SAP também considera que ambas as extremidades dos elementos de barra têm conexões rígidas. Uma conexão rotulada em uma ou em ambas as extremidades pode ser especificada selecionando um elemento, clicando então em **Assign**, então em **Frame** e então em **Releases**

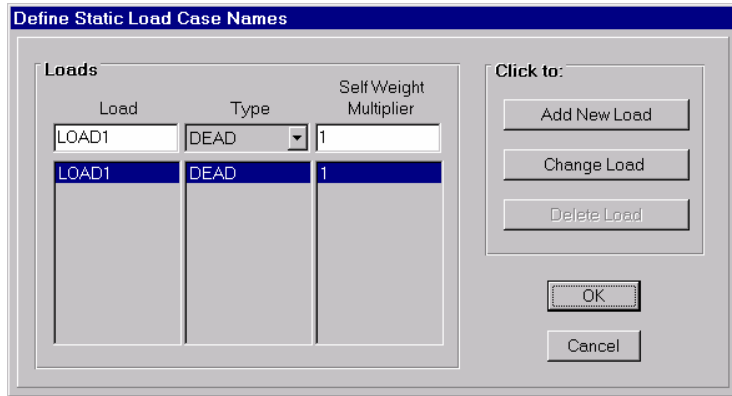


Rótulas nas extremidades podem ser introduzidas liberando o momento na direção apropriada. Também é possível liberar outras quantidades da mesma tela. A figura seguinte mostra os momentos liberados nas extremidades iniciais das vigas do segundo pavimento no primeiro vão.



Análise Estática

Defina casos de carga estáticos clicando em **Define** e então em **Static Load Case** para aparecer a seguinte tela.



The dialog box titled "Define Static Load Case Names" contains a table with three columns: "Load", "Type", and "Self Weight Multiplier". The first row shows "LOAD1", "DEAD", and "1". Below this is a list box containing the same three items. To the right of the table is a "Click to:" section with three buttons: "Add New Load", "Change Load", and "Delete Load". At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

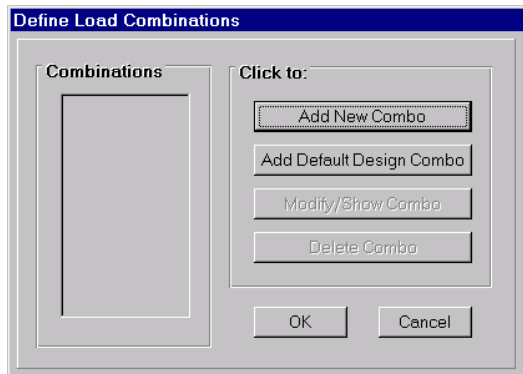
Load	Type	Self Weight Multiplier
LOAD1	DEAD	1

Você pode especificar um nome para sua carga (por exemplo, DL, LL, EQ etc.) na caixa **Load** e especificar o tipo na caixa **Type**.

Atenção: Se seus valores de carga especificados incluírem o peso próprio dos elementos, você deverá especificar o **Self Weight Multiplier** como zero. Caso contrário, o peso próprio será contabilizado duas vezes.

Você pode adicionar tantos tipos de carga quanto você precisar para sua análise.

Também podem ser especificadas combinações de carga. Para este propósito, clique em **Define** e então em **Combination** para aparecer a seguinte tela.



The dialog box titled "Define Load Combinations" contains a list box on the left labeled "Combinations". To the right is a "Click to:" section with four buttons: "Add New Combo", "Add Default Design Combo", "Modify/Show Combo", and "Delete Combo". At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

Defina tantas combinações quantas desejar.

Para adicionar uma nova combinação, clique em **Add New Combo** para aparecer a seguinte tela.

Load Combination Data

Load Combination Name: COMB1

Load Combination Type: ADD

Title: COMB1

Define Combination

Case Name	Scale Factor
LOAD1 Load Case	1.4
LOAD2 Load Case	1.2

Buttons: Add, Modify, Delete

Use for Steel Design: ☐ Use for Concrete Design: ☐

OK Cancel

Especifique um nome para a combinação de carga em **Load Cobination Name**.

Na caixa **Case Name**, selecione o caso de carga e na caixa **Scale Factor** especifique o multiplicador.

Construído sua combinação de carga adicionando outro caso de carga. A figura mostra uma seleção de $1.4 \times \text{Load 1} + 1.2 \times \text{Load 2}$.

Para especificar cargas nos nós, selecione o nó, clique em **Assign**, clique em **Joint Static Loads**, e clique em **Forces** para acessar a seguinte tela.

Joint Forces

Load Case Name: LOAD1

Loads

Force Global X: 0. Force Global Y: 0. Force Global Z: 0.

Moment Global XX: 0. Moment Global YY: 0. Moment Global ZZ: 0.

Options

☒ Add to existing loads ☐ Replace existing loads ☐ Delete existing loads

OK Cancel

Entre com o valor da carga na caixa apropriada. Note que a força positiva está ao longo da direção do eixo positivo.

Selecione o **Load Case Name** para associar os valores especificados a um caso de carga particular.

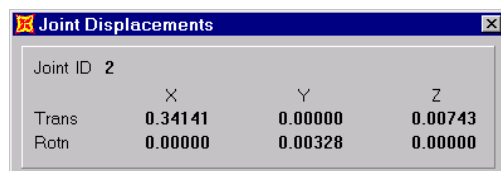
Você também pode modificar uma carga existente acrescentando valores a ela, ou substituindo, ou apagando na caixa apropriada.

Clique **OK** para terminar de especificar a carga no nó selecionado.

Repita o processo para todos os nós que tenham cargas aplicadas.

A análise estática pode ser executada clicando em **Analyze** e então em **Run** ou clicando no ícone  da barra de ferramentas.

Por default, o SAP exibe a forma deformada para o primeiro caso de carga. Deslocamentos nos nós podem ser exibidos selecionando o nó e então clicando o botão direito do mouse.

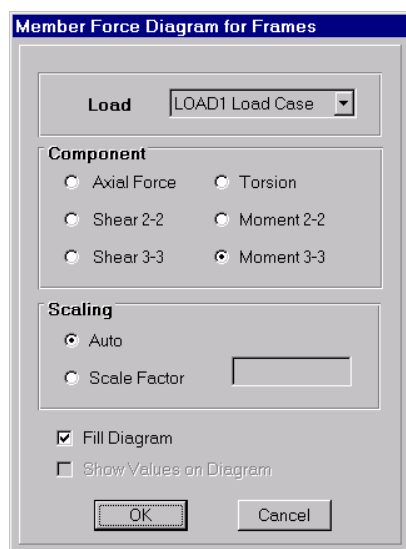


Joint ID 2

	X	Y	Z
Trans	0.34141	0.00000	0.00743
Rotn	0.00000	0.00328	0.00000

Para exibir outras quantidades, clique em **Display** e escolha a opção desejada.

Para exibir forças num elemento, clique em **Display**, **Show Element Forces/Stresses**, e **Frame** para aparecer a seguinte tela.



Member Force Diagram for Frames

Load: LOAD1 Load Case

Component

☐ Axial Force ☐ Torsion

☐ Shear 2-2 ☐ Moment 2-2

☐ Shear 3-3 ☒ Moment 3-3

Scaling

☒ Auto

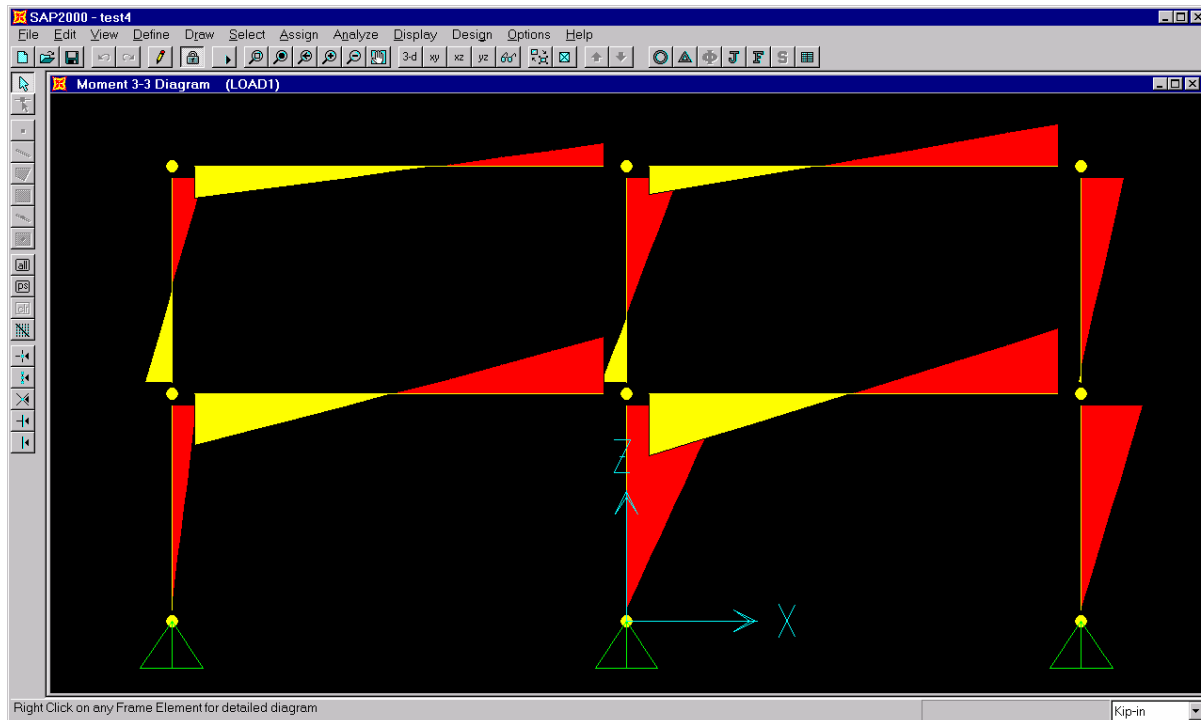
☐ Scale Factor:

☒ Fill Diagram

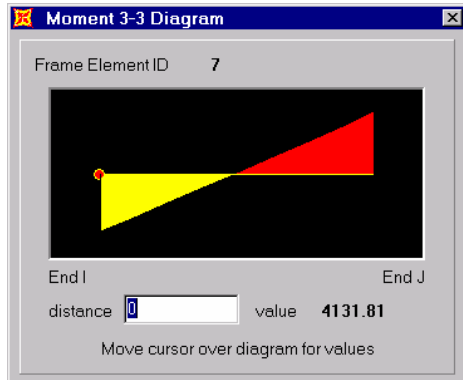
☐ Show Values on Diagram

OK Cancel

Selecione o caso de carga ou combinação e o componente para os quais você quer exibir as forças do elemento. Por exemplo, para mostrar o momento fletor sobre eixo forte, selecione o **Moment 3-3** para ver o seguinte diagrama na tela.



Para exibir os valores numéricos, selecione um elemento e então clique o botão direito do mouse para exibir uma pequena tela como mostrado abaixo.



Valores em diferentes localizações podem ser exibidos movendo o ponto vermelho ao longo do comprimento do elemento.

Análise Dinâmica

Especificar massas concentradas nos nós. Para este propósito, clique em **Assign**, **Joint**, e **Masses** para exibir a seguinte tela.

Joint Masses

Masses in Local Directions

Direction 1: 0.

Direction 2: 0.

Direction 3: 0.

Mom. of Inertia in Local Directions

Rotation about 1: 0.

Rotation about 2: 0.

Rotation about 3: 0.

Options

☒ Add to existing masses

☐ Replace existing masses

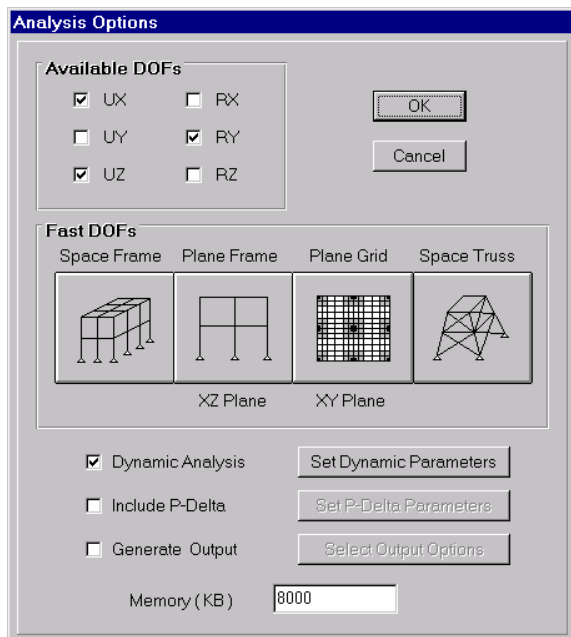
☐ Delete existing masses

OK Cancel

Entre valores de massa apropriados. As unidades deverão ser consistentes com as unidades especificadas para sua análise. Não especifique massa em unidades de kips; as unidades deverão ser kip-sec²/inch (ou qualquer outro valor apropriado).

Você pode acrescentar esta massa a massa existente, pode substituir a massa existente, ou pode apagar a massa existente da mesma tela.

Para obter os modos de vibração e as frequências, clique em **Analyze** e então em **Set Options** para exibir a seguinte tela.



Analysis Options

Available DOFs

☒ UX ☐ RX
☐ UY ☒ RY
☒ UZ ☐ RZ

OK
Cancel

Fast DOFs

Space Frame Plane Frame Plane Grid Space Truss

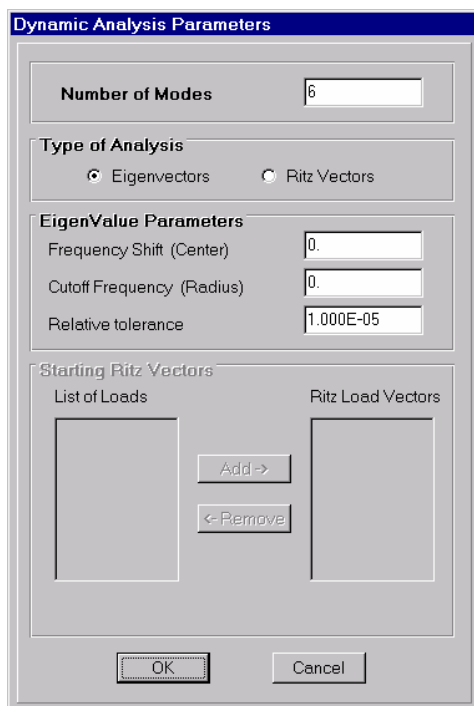
XZ Plane XY Plane

☒ Dynamic Analysis Set Dynamic Parameters
☐ Include P-Delta Set P-Delta Parameters
☐ Generate Output Select Output Options

Memory (KB) 8000

Selecione os DOFs (graus de liberdade) disponíveis (**Available DOFs**) clicando em vários DOF individualmente ou clicando na opção **Fast DOFs**. Por exemplo, para a análise de um pórtico plano em duas dimensões, você deverá selecionar **Plane Frame**.

Confira a caixa para **Dynamic Analysis** e então clique em **Set Dynamic Parameters** para especificar o número de modos de vibração a serem determinados.



Dynamic Analysis Parameters

Number of Modes 6

Type of Analysis

☒ Eigenvectors ☐ Ritz Vectors

EigenValue Parameters

Frequency Shift (Center) 0.
Cutoff Frequency (Radius) 0.
Relative tolerance 1.000E-05

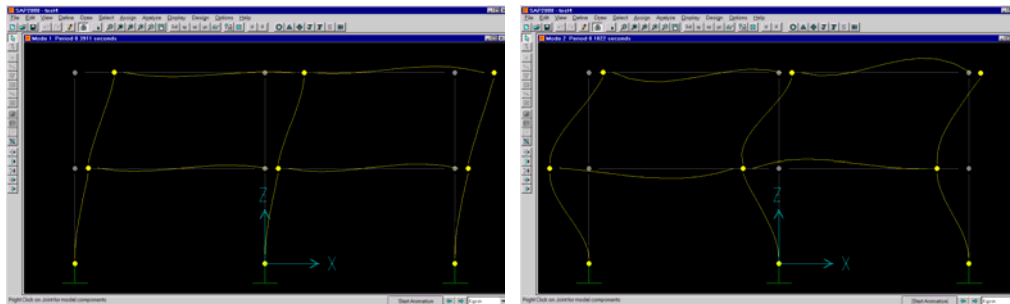
Starting Ritz Vectors

List of Loads Ritz Load Vectors

Add →
← Remove

OK Cancel

Execute o modelo para obter os modos de vibração e as frequências.



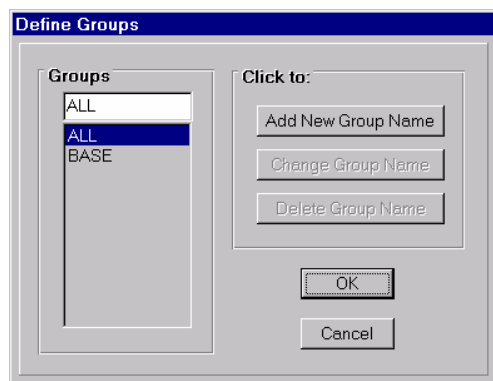
Você pode mudar o modo de vibração que é exibido na tela da ferramenta **Display** ou clicando no símbolo ➡ no canto inferior direito da tela.

Para a análise do espectro de resposta dinâmico, defina uma função para o espectro de resposta clicando em **Define** e em **Response Spectrum Function** e então em **Response Spectrum Case** que usa o procedimento semelhante aquele para o caso estático.

Na análise dinâmica, é útil exibir o cisalhamento da base e o momento na base para comparação com os resultados de análise estática equivalente. Isto pode ser feito como segue.

Defina um grupo que consiste em nós da base e todos os elementos conectados a estes nós.

Clique em **Define** e em **Groups** para acessar a seguinte tela.

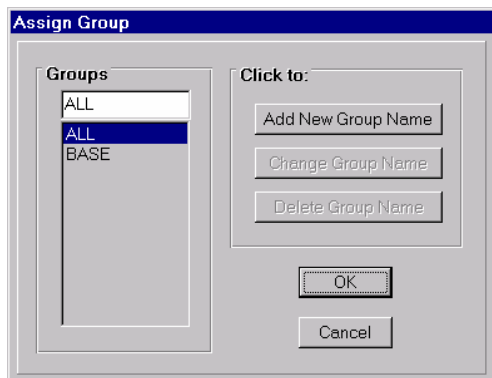


Especifique um nome para o grupo na caixa **Groups** e clique em **Add New Group Name**.

Clique **OK**.

Selecione um grupo de nós e os elementos diretamente conectados a eles em um só lado. Por exemplo, se o cisalhamento de base para uma estrutura é desejado, o grupo deverá consistir dos nós na base da estrutura e os elementos de barra que estão acima deles e que estão diretamente conectados a eles.

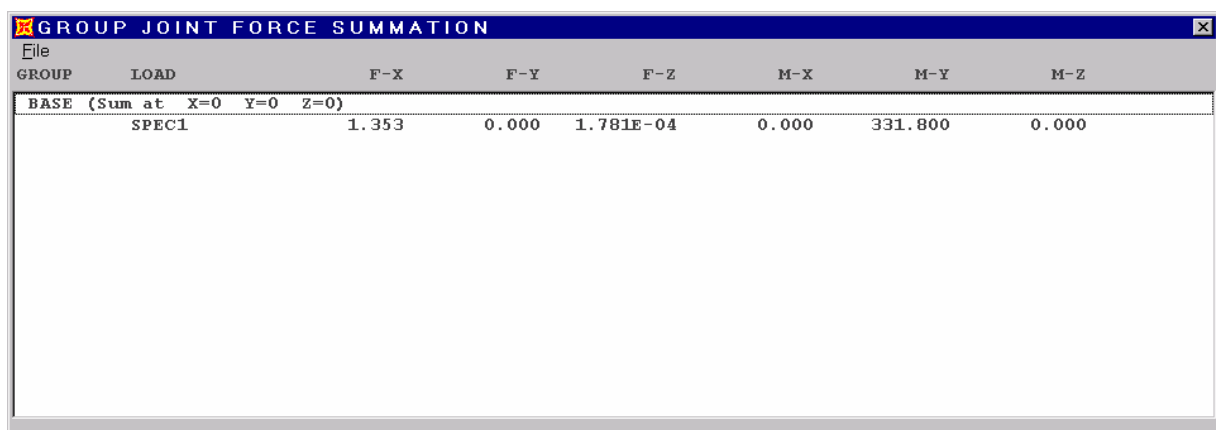
Clique em **Assign** e **Group Name** para exibir a tela seguinte.



Selecione o nome na caixa de dialogo em **Groups** que precisa ser assinalado para o grupo selecionado.

Clique **OK**.

Para exibir os resultados para este grupo, depois que a análise estiver completa, clique em **Display** e **Show Group Joint Force Sum**. A seguinte tela exibirá os resultados.

The image shows a window titled "GROUP JOINT FORCE SUMMATION". It has a menu bar with "File". Below the menu bar is a table with columns: "GROUP", "LOAD", "F-X", "F-Y", "F-Z", "M-X", "M-Y", and "M-Z". The table contains one data row for "BASE" with a sub-header "(Sum at X=0 Y=0 Z=0)" and a sub-row "SPEC1" with numerical values.

GROUP	LOAD	F-X	F-Y	F-Z	M-X	M-Y	M-Z
BASE (Sum at X=0 Y=0 Z=0)							
	SPEC1	1.353	0.000	1.781E-04	0.000	331.800	0.000

Modificando o Modelo

Depois que você executou a análise uma vez, o modelo deverá ser destrancado da barra de ferramentas. Isto fará com que todos os resultados da análise sejam apagados.

Faça quaisquer mudanças que sejam necessárias e re-execute o modelo.