
Pórtico Bidimensional

Tutorial da Interface dos Programas GiD e xFram

Prof. Dr. Edgard S Almeida Neto, 27/09/2018
Escola Politécnica da USP

Índice

1	Instalação dos Programas	1
2	Modelo Físico	2
3	Construção do Modelo Sólido no programa GiD	3
3.1	Criação de pontos	3
3.2	Traçado das linhas retas.....	4
3.3	Traçado do arco circular.....	5
4	Geração de Dados para o Programa xFram	5
4.1	Deslocamentos impostos aos pontos ou às linhas do modelo	8
4.2	Forças e momentos concentrados aplicados nos pontos	8
4.3	Forças uniformemente distribuídas aplicadas a linhas do modelo	9
4.4	Forças linearmente distribuídas aplicadas a linhas do modelo	9
4.5	Propriedades do material e da seção transversal.....	10
4.6	Título, tipo de análise, unidades e eixo de referência para as forças distribuídas	11
4.7	Tamanho da malha de elementos finitos	11
4.8	Gravação do arquivo de dados	12
5	Pós-Processamento.....	13

1 Instalação dos Programas

Este tutorial requer a instalação dos seguintes programas e arquivos:

- Microsoft Visual C++ 2017 redistributable package (os arquivos 'vc_redist.x86.exe' ou 'vc_redist.x64.exe' podem ser encontrados no site do STOA ou no endereço <https://www.visualstudio.com/downloads/>);

- GiD versão 14.0.1 (programa de pré- e pós-processamento disponível no endereço <http://www.gidhome.com/download/official-versions>);
- xFram-Fram2D_v64.gid (pasta que deve ser adicionada à pasta *problemtypes* do programa GiD localizada em C:\Program Files\GiD\GiD 14.0.1 e contém os arquivos da interface GiD- xFram e o programa *xFram* de elementos finitos compilado para Windows 64 bits).

O programa *xFram* foi escrito em C++ e compilado no Visual Studio 2017. A sua execução no sistema Windows requer a instalação do pacote de redistribuição do Visual C++ 2017 da Microsoft em micros sem o Visual Studio 2017 instalado.

Os arquivos da interface devem estar na pasta *problemtypes* criada pelo programa GiD para que este reconheça os arquivos e disponibilize a interface no menu *Data > Problem type > xFram-Fram_2D_v64*.

Em micros de 64 bits, o programa *xFram* pode ser executado de dentro do programa GiD. Em micros de 32 bits ou **para visualizar as mensagens de erro** emitidas pelo programa, o *xFram* deve ser executado de fora do GiD bastando copiar o executável para a mesma pasta contendo o arquivo de dados do modelo com extensão *.dat* que foi gerado pelo GiD.

A interface com o GiD foi elaborada a partir da interface do programa MAT-fem, de autoria de Zárate e Onãte, disponibilizada no *site* do GiD.

2 Modelo Físico

A título de exemplo, analisaremos o pórtico plano da Fig. 1 submetido a um carregamento formado por forças concentradas e distribuídas. Como a interface não dispõe de forças distribuídas na projeção da barra, substituiremos esse tipo de força pelas forças mostradas na Fig. 2.

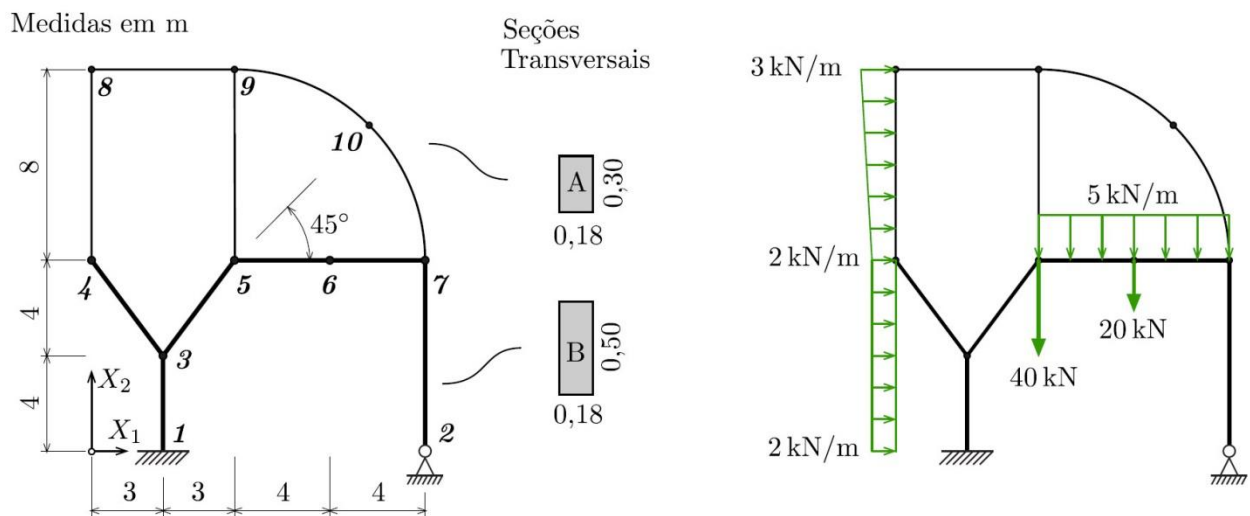


Fig. 1 Pórtico plano ($E = 30 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$).

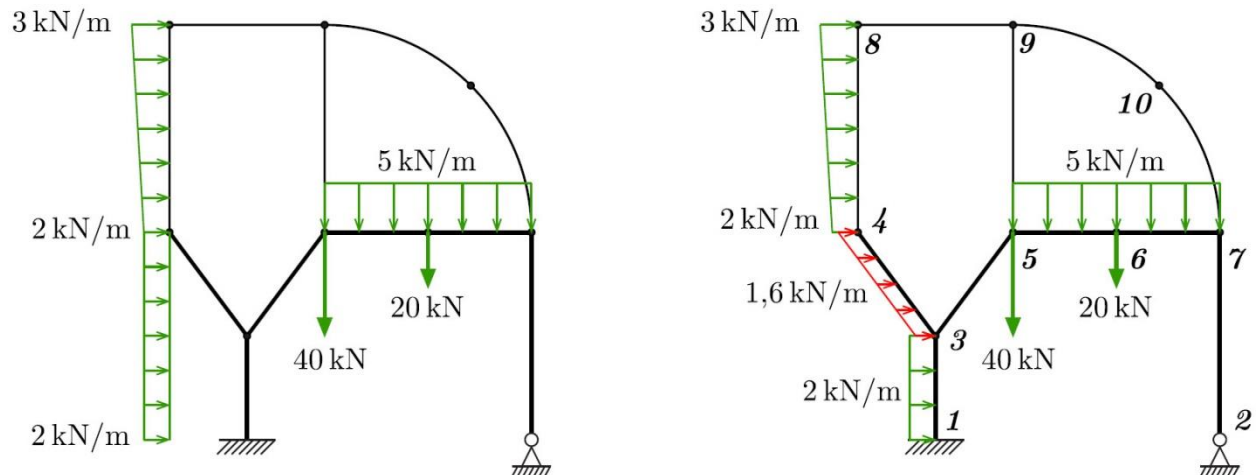



Fig. 2 Adaptação do carregamento.

Na próxima seção, construiremos um modelo reticulado a partir dos pontos e segmentos de barra indicados na Fig. 2, o qual será usado na descrição da geometria e das condições de contorno.

3 Construção do Modelo Sólido no programa GiD

O usuário deve iniciar o programa GiD e escolher um nome para o modelo ao salvá-lo (*Files > Save*)¹; no tutorial foi adotado o nome 'Frame'. A extensão '.gid' é acrescentada automaticamente quando é criada a pasta em que são armazenados todos os arquivos do modelo. O mesmo nome é usado nos arquivos de entrada de dados, *Frame.dat*, e de pós-processamento dos resultados da análise, *Frame.post.res*.

3.1 Criação de pontos

A geração de pontos a partir das coordenadas garante a precisão do modelo reticulado além de facilitar o traçado das barras e a aplicação das cargas nodais. Para entrar com as coordenadas da Tab. 1, use o comando *Geometry > Create > Point* a partir do menu, conforme mostrado na Fig. 3. Para cada nó, digite as coordenadas separadas por um espaço ou uma vírgula na linha de comando localizada na parte inferior da janela. Use a tecla ESC para interromper a entrada das coordenadas. Use o comando *View > Zoom > Frame* ou o botão  para ajustar automaticamente a escala do desenho.

¹ Não esqueça de salvar o modelo periodicamente.

Ponto	X	Y
1	3	0
2	14	0
3	0	8
4	3	4
5	6	8
6	10	8
7	14	8
8	0	16
9	6	16
10	11.6569	13.6569

Tab. 1 Tabela das coordenadas dos pontos.

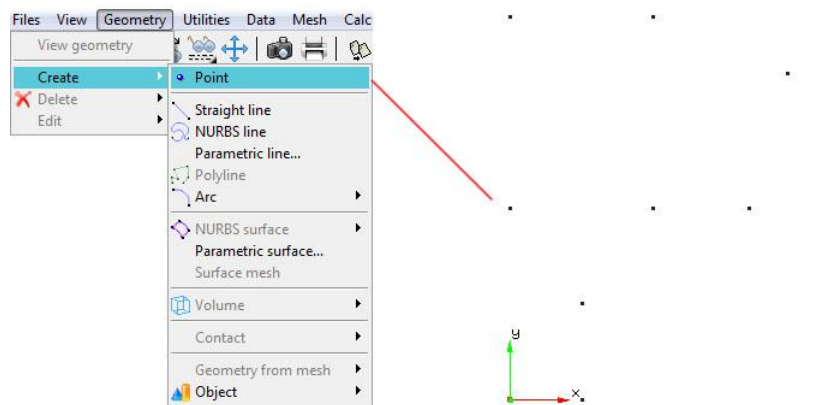


Fig. 3 Criação de pontos.

3.2 Traçado das linhas retas

As linhas são traçadas unindo-se os pontos criados. O acesso ao comando pode ser feito pelo menu, *Geometry > Create > Straight line*, conforme a Fig. 4, ou diretamente pelo atalho na barra vertical de ferramentas. O comando Ctrl-A alterna os modos de criação e seleção de pontos, facilitando a seleção de pontos existentes e evitando a duplicação destes. Use a tecla ESC para interromper o traçado das linhas.

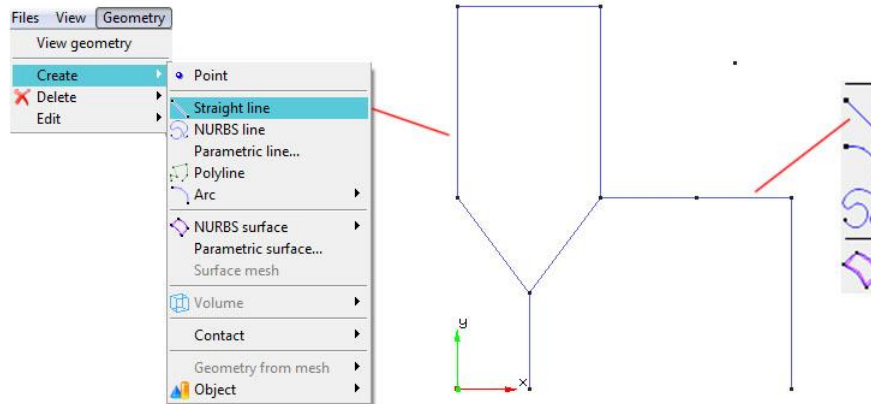


Fig. 4 Criação de segmentos de reta.

3.3 Traçado do arco circular

O comando *Geometry > Create > Arc > By 3 points* solicita três pontos quaisquer do arco em sequência. Use a tecla ESC para interromper a definição do arco.

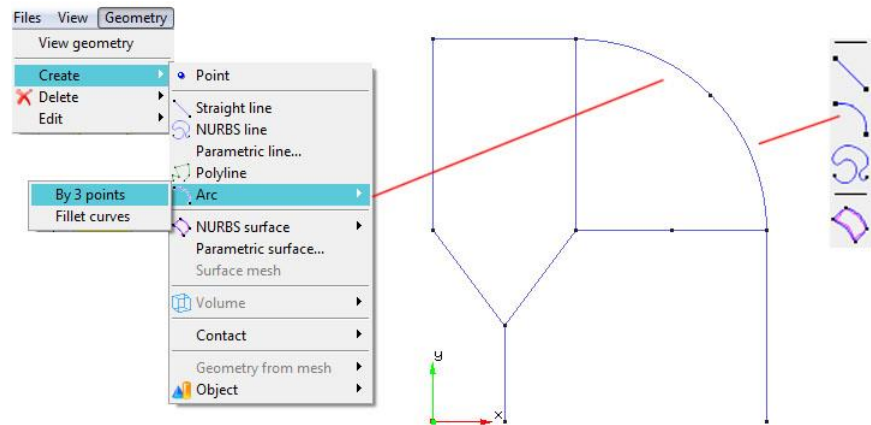


Fig. 5 Criação de segmentos de arco.

4 Geração de Dados para o Programa xFram

Quando a interface do programa xFram é ativada através do menu *Data > Problem type > xFram-Fram2D_v64*, o programa GiD mostra a janela de identificação da interface e disponibiliza os botões de atalho mostrados na Fig. 6. Os arquivos de interface devem permanecer na pasta *problemtypes/xFram-Fram2D_v64.gid* do GiD para que a opção *xFram-Fram2D_v64* apareça no menu.

A ordem em que são percorridas as cinco primeiras janelas da Fig. 6 não tem importância, mas todas as janelas devem ser preenchidas antes da geração da malha de elementos finitos e da criação do arquivo de dados.

Todas as grandezas físicas devem ter unidades consistentes com as unidades fornecidas na janela *Problem types*; em nosso exemplo: força em KN, comprimento em m, tempo em s e temperatura em °C. Assim, a unidade de força distribuída no contorno para o estado plano de tensão é kN/m e a densidade de massa, ton/m³.

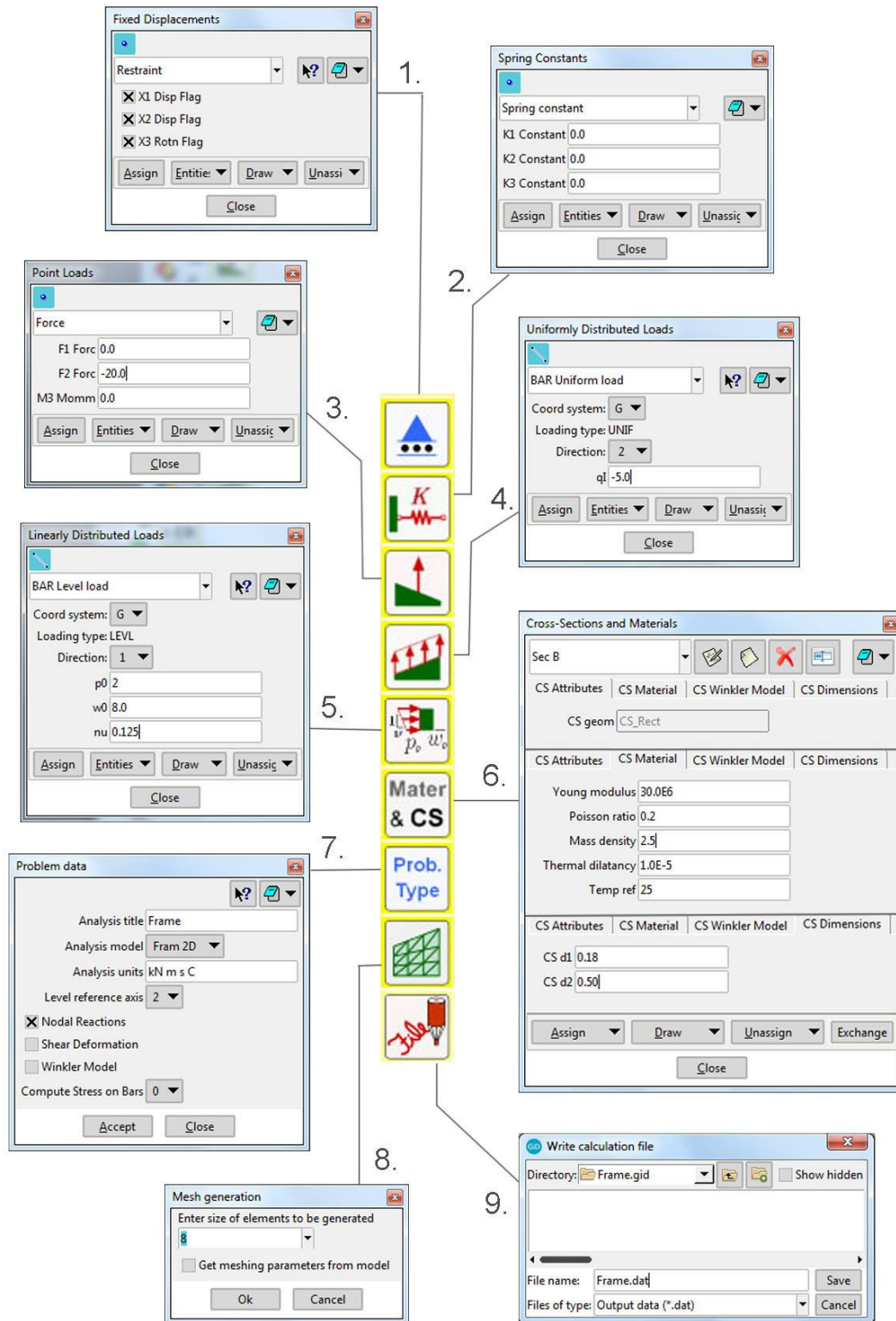



Fig. 6 Botões de atalho e as respectivas janelas.

4.1 Deslocamentos impostos aos pontos ou às linhas do modelo

Deslocamentos e rotações podem ser bloqueados ou ter valores impostos nos pontos do modelo. O engaste no ponto 1 requer a restrição dos deslocamentos e da rotação, enquanto o apoio fixo no ponto 2 requer a restrição das duas componentes de deslocamento. Para especificar as condições nos dois apoios,

- abra a janela *Fixed Displacements* clicando o botão  — repare que o botão contendo um ponto, posicionado no canto superior esquerdo da janela, já está selecionado e não existe outra opção;
- selecione a opção *Restraint* logo abaixo;
- clique com o mouse as caixas associadas às componentes que devem ser bloqueados;
- aplique, por meio do botão 'Assign,' as vinculações ao ponto 1 da Fig. 2; libere a rotação e aplique as vinculações ao ponto 2;
- clique o botão 'Draw' para visualizar as condições impostas e o 'Unassign' para desfazer aplicações incorretas;
- encerre pressionando o botão 'Finish.'

Também existe a opção *Prescribed displacement*, junto à opção *Restraint*, que permite fornecer deslocamentos e rotações não nulos.

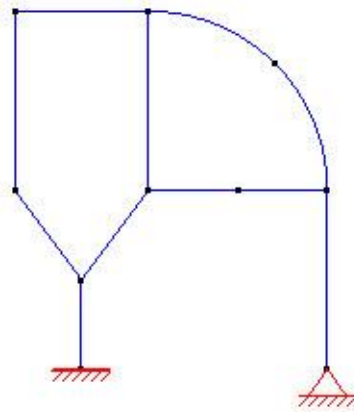



Fig. 7 Representação da vinculação (Draw).

4.2 Forças e momentos concentrados aplicados nos pontos

O botão  abre a janela para a entrada de forças concentradas em pontos do modelo. O botão contendo um ponto está selecionado e não existe outra opção.

- forneça a componente X_2 da força concentrada, um valor negativo indica que a força é para baixo;
- aplique, por meio do botão 'Assign,' uma força de -40 na direção de X_2 ao ponto 5 da Fig. 1; altere o valor para -20 e aplique ao ponto 6;
- clique o botão 'Draw' para visualizar os esforços aplicados e o 'Unassign' para desfazer aplicações incorretas;
- encerre pressionando o botão 'Close.'

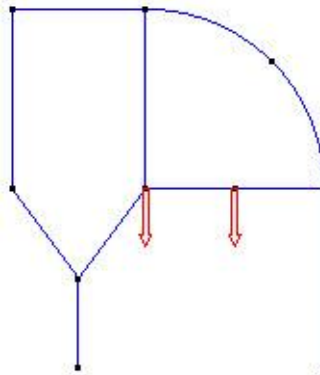



Fig. 8 Representação dos esforços concentrados (Draw).

4.3 Forças uniformemente distribuídas aplicadas a linhas do modelo

O botão  abre a janela para a entrada de forças distribuídas aplicadas a linhas do modelo. Com a janela aberta, selecione *BAR uniform load*, o sistema global G de coordenadas, o tipo UNIF, a direção 2 correspondendo ao eixo global X_2 , e entre com o valor -5.0; aplique, por meio do botão 'Assign,' a força distribuída às linhas 5-6 e 6-7 da Fig. 1.

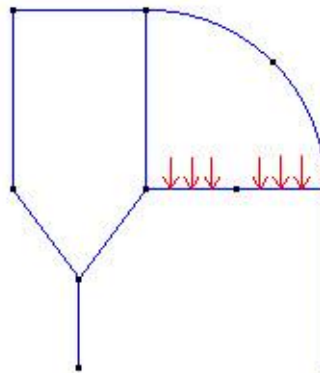



Fig. 9 Linhas carregadas (Draw).

Aplique as demais forças distribuídas uniformes na direção horizontal. Ou seja, os valores 1.6 à linha 3-4 e 2.0 à linha 1-3 da Fig. 1.

4.4 Forças linearmente distribuídas aplicadas a linhas do modelo

O botão  abre a janela para a entrada de forças linearmente distribuídas aplicadas a linhas do modelo. As forças são descritas pela magnitude p_0 que atua na coordenada de referência w_0 mais a variação da força $v = \Delta p / \Delta w$ por unidade de comprimento medida no eixo \mathbf{w} de referência. O eixo de referência é um dos parâmetros da análise e coincide com um dos eixos globais X_1 ou X_2 (ver item 4.6). O valor da força distribuída em qualquer ponto da linha é calculado por

$$p(w) = p_0 + v(w - w_0),$$

em que w é a coordenada do ponto no eixo de referência especificado.

Na janela aberta, selecione *BAR Level load*, o sistema global G de coordenadas, a direção 1 associada ao eixo horizontal global X_1 , e entre com os valores $p_0 = 2$, $w_0 = 8$ (correspondendo à ordenada do ponto 4) e $v = (3 - 2) / 8 = 0,125$. Aplique, por meio do botão 'Assign,' a força distribuída à linha 4-8 da Fig. 1.

4.5 Propriedades do material e da seção transversal

Acesse a janela de materiais e seções transversais através do botão **Mater & CS**. Primeiro escolha a seção retangular **CS Rect**; depois clique no botão com a folha em branco, para criar novas seções e escolha nomes convenientes como 'Sec-A' e 'Sec-B'. Para cada seção, preencha os campos das propriedades do material — CS Material, e das dimensões da seção — CS Dimensions, e aplique-as às linhas do modelo.

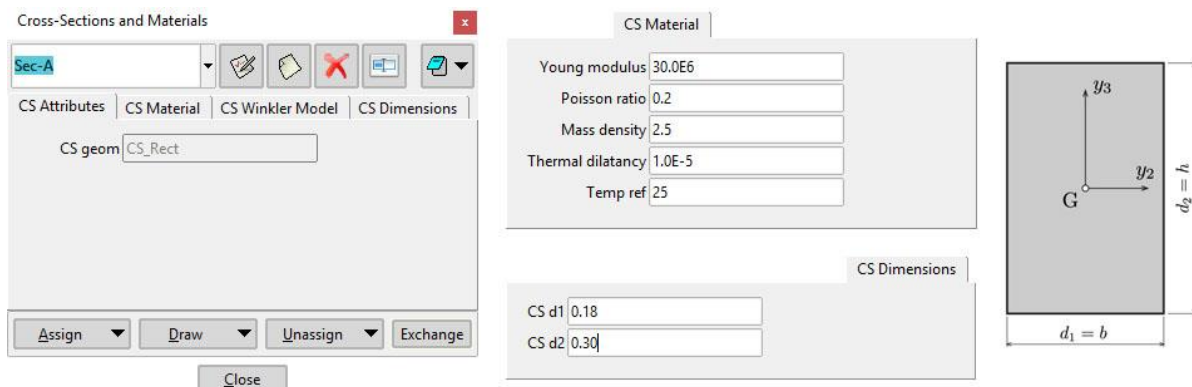


Fig. 10 Preenchimento da janela de seção transversal.

Adote $E = 30 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ para o módulo de elasticidade. Considere a seção A com $b = 0,18\text{m}$ e $h = 0,30\text{m}$ ($A_1 = 0,054\text{m}^2$ e $I_3 = 0,405 \times 10^{-3} \text{ m}^4$) para as barras superiores; e a seção B com $b = 0,18\text{m}$ e $h = 0,50\text{m}$ ($A_1 = 0,090\text{m}^2$ e $I_3 = 1,875 \times 10^{-3} \text{ m}^4$) para as barras inferiores. Verifique se as aplicações estão corretas selecionando o botão 'Draw' e a opção 'all materials'.

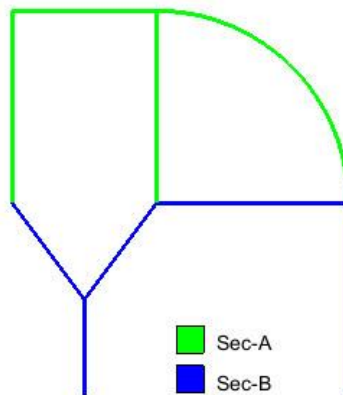



Fig. 11 Definição das seções transversais (Draw).

4.6 Título, tipo de análise, unidades e eixo de referência para as forças distribuídas

Acesse a janela dos parâmetros da análise através do botão  e forneça todas as informações pedidas. Adote unidades consistentes com as básicas em todo o arquivo de dados, pois o programa não faz conversão de unidade. Selecione a caixa 'Nodal Reactions' para que o programa calcule as reações de apoio.

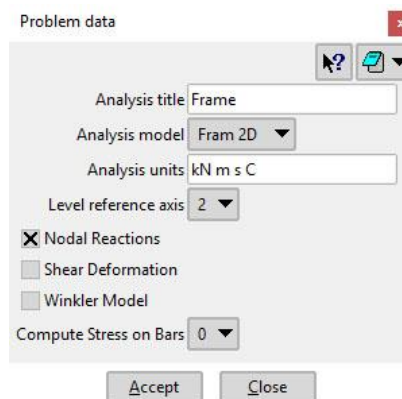



Fig. 12 Parâmetros da análise.

4.7 Tamanho da malha de elementos finitos

A malha não-estruturada com elementos retos de dois nós é a malha *Default* no programa GiD.

A geração da malha pode ser acessada por meio do botão . Forneça o tamanho máximo dos elementos e deixe o programa gerar a malha. Varie o tamanho do elemento e gere outras malhas até ficar satisfeito com o resultado. No menu 'Mesh' existem vários recursos para controlar a geração da malha e verificar sua qualidade. É possível melhorar a discretização escolhendo uma subdivisão menor

para uma determinada linha. Para tal, acione o comando *Mesh > Structured > Line > Assign Number of Cells* e escolha o número adequado de subdivisões da linha.

Os números dos nós e elementos da malha podem ser visualizados com o comando *View > Label > All* quando a malha é apresentada no GiD. A versão de avaliação do GiD permite gerar malhas com até 1000 nós.

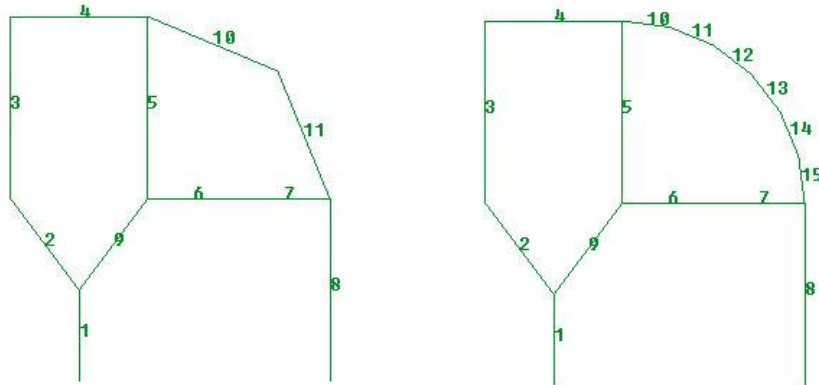



Fig. 13 Malhas de elementos finitos.

4.8 Gravação do arquivo de dados



Com a malha gerada, pressione o botão  para gravar o arquivo de entrada de dados. A interface GiD-xFram se encarrega de gerar o arquivo no formato correto. Mantenha o nome 'Frame' com a extensão '.dat' para que o programa xFram gere um arquivo de saída 'Frame.post.res' identificável pelo programa GiD.

Examine o arquivo de entrada usando um editor de texto para verificar se os dados estão de acordo com o modelo. Em particular, verifique as propriedades dos materiais no bloco ':MATE', as forças concentradas no sub-bloco '::NATR' do bloco ':NODE', e as forças distribuídas no sub-bloco '::DSTR' de ':BARR'.

É possível executar o programa xFram na versão 64 bits de dentro do GiD por meio do comando *Calculate > Calculate*. O programa GiD alerta quando termina a execução e pergunta se o usuário quer passar para a fase de pós-processamento. Se não houver resposta do GiD, o programa xFram deve ser executado fora do GiD para que o usuário tenha acesso às mensagens de erro emitidas pelo programa.

Para executar a análise externamente ao GiD usando a versão 64 bits do programa xFram, transfira o arquivo *Frame.dat* para a pasta com o programa xFramVSC2017_v64_Win64.exe, execute o programa, forneça o nome do arquivo de dados sem a extensão *dat*, e depois da execução copie o arquivo *Frame.post.res* de volta para a pasta *Frame.gid*. Outra opção seria rodar o programa na própria pasta do modelo.

5 Pós-Processamento

Os botões  e  no canto superior direito alternam entre os modos de pré- e pós-processamento. Repare que as colunas de comando à esquerda da janela mudam completamente.

Faixas de isovalores podem ser visualizadas tanto na geometria indeformada como na deformada, assim como vetores de deslocamento e outras grandezas, conforme indicam as seqüências de comandos nas Figs. 14 a 17.

Um número maior de elementos é necessário para mostrar a deflexão das barras do pórtico em decorrência do programa GiD ignorar as rotações na representação da deformada. Compare as deformadas mostradas nas Figs. 14 e 18, para as quais foram usadas 15 e 39 barras, respectivamente. Repare que mesmo a malha mais refinada não representa satisfatoriamente a deformação do nó superior esquerdo do pórtico, que deveria permanecer reto, como mostra a deformada na Fig. 19.

Resultados para a malha com 11 barras são apresentados na Fig. 19 para que o usuário possa comparar os valores armazenados no arquivo de saída 'Frame.out' gerado pelo programa.

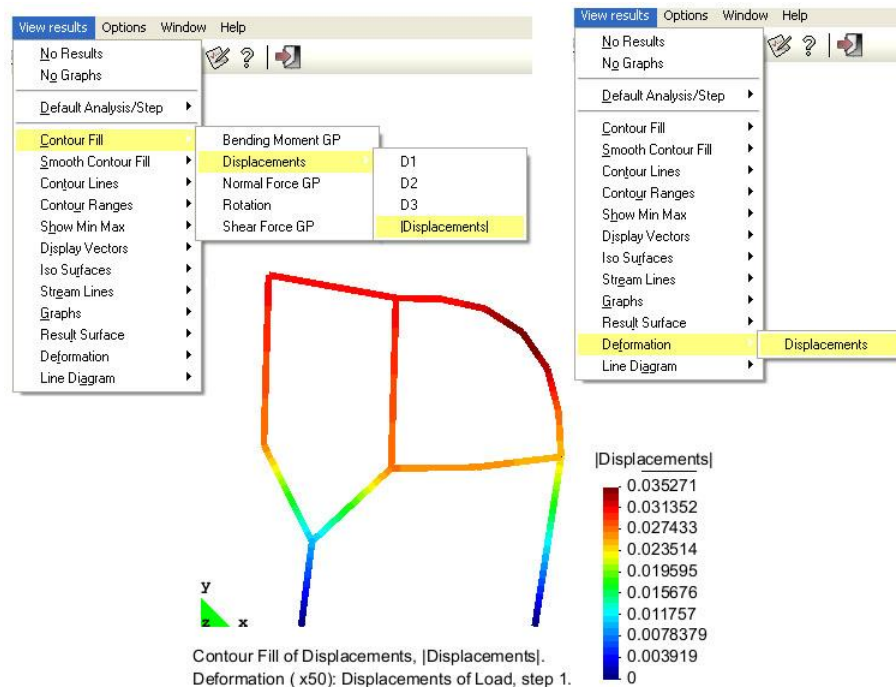
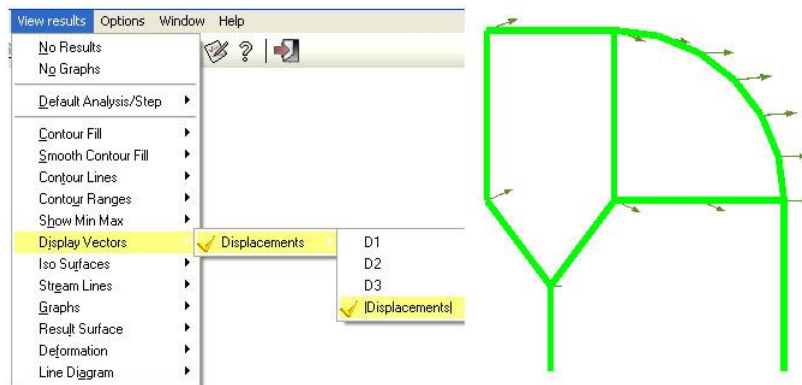
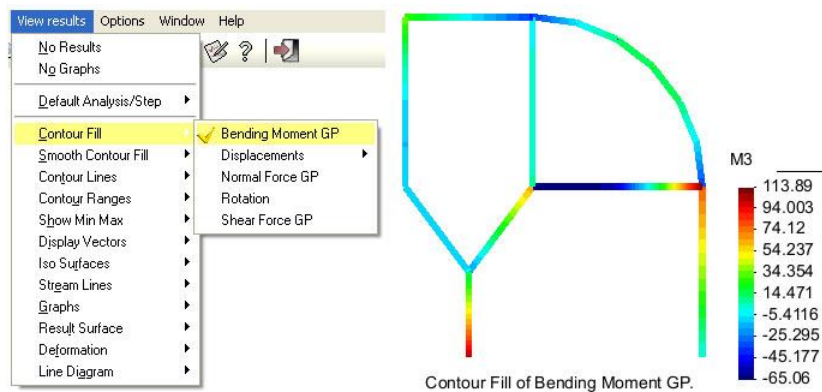


Fig. 14 Amplitudes de deslocamento.



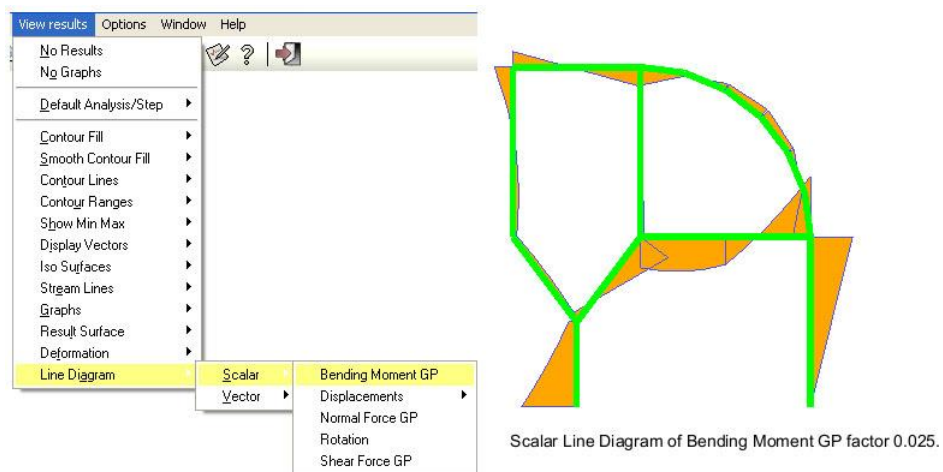
Display Vectors of |Displacements| factor 50.

Fig. 15 Vetores de deslocamento mostrados na malha indeformada.



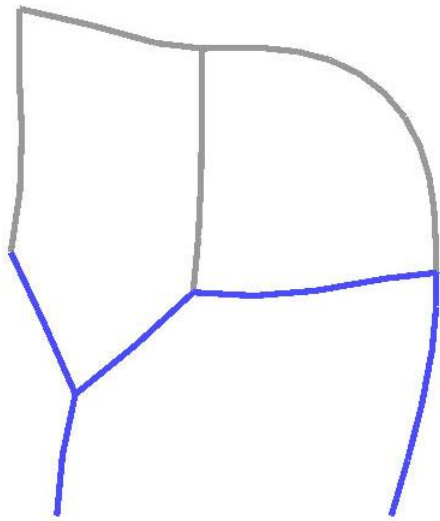
Contour Fill of Bending Moment GP.

Fig. 16 Faixas de momentos fletores.

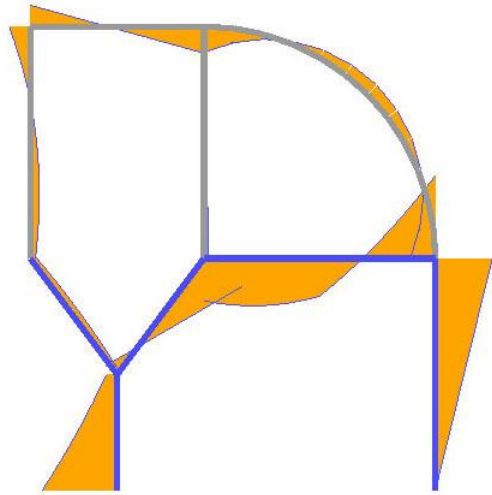


Scalar Line Diagram of Bending Moment GP factor 0.025.

Fig. 17 Diagrama de momentos fletores.



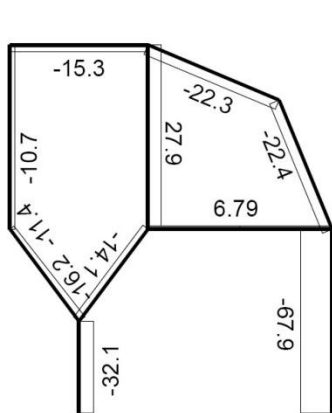
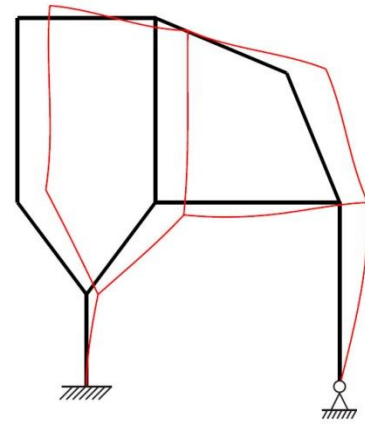
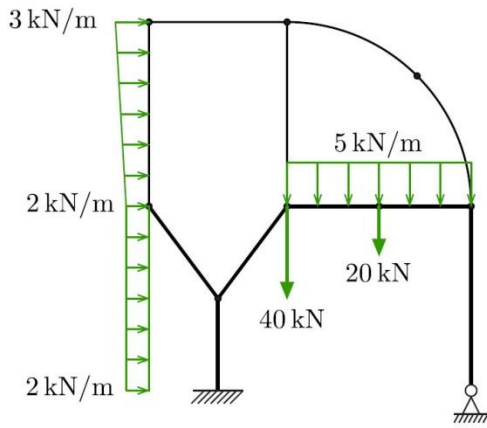
Deformation (x59.9639): Displacements of Load, step 1.



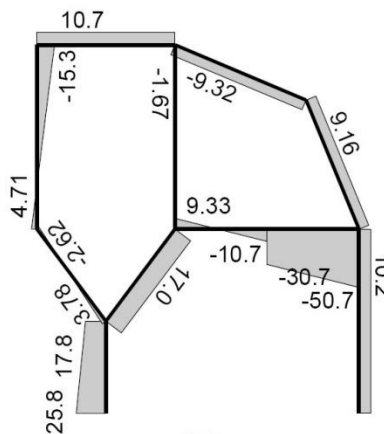
Scalar Line Diagram of Bending Moment GP factor 0.025.

Fig. 18 Diagramas para a malha com 38 nós

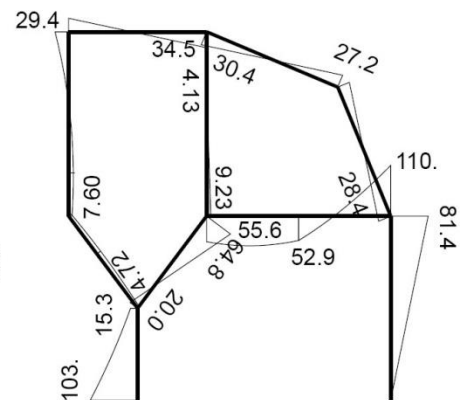
Malha com 10 nós e 11 barras $M_{\min} = -64,29 \text{ kN m}$ $M_{\max} = 109,73 \text{ kN m}$



N kN



V kN



M kN m

Fig. 19 Resultados para a malha de 10 nós e 11 barras com deformação transversal cúbica.