

3.0
VERSÃO

mCalc 3.0

mCalc 3.0: Programa para Geração, Análise e Dimensionamento de Estruturas Metálicas

Manual do Usuário



AVISOS IMPORTANTES

1. Responsabilidade do Usuário

O sistema **mCalc** está sendo desenvolvido por profissionais qualificados e especializados. As rotinas do sistema foram testadas simulando inúmeras possibilidades, por um número muito grande de profissionais.

Embora se tenha despendido um enorme esforço na elaboração e na validação dessas rotinas, é possível que sejam detectados problemas em casos ainda não testados (a **STABILE ENGENHARIA LTDA** agradecerá a indicação de eventuais erros observados quando da utilização do sistema).

Alerta-se que será da responsabilidade do usuário, além da verificação dos dados introduzidos, a verificação e aceitação dos resultados obtidos.

A proprietária desse sistema - **STABILE ENGENHARIA LTDA.** – seus distribuidores e representantes não poderão ser responsabilizados, a qualquer tempo, pelos resultados obtidos pelo sistema.

2. Condição de Licenciamento e estado de desenvolvimento do sistema

O sistema **mCalc**, a seguir descrito, embora continue em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento, está sendo licenciado do jeito em que ele está, não havendo nenhuma promessa formal, implícita ou explícita, de futuras atualizações ou de desenvolvimento de outras rotinas.

3. Proteção contra uso indevido

O sistema **mCalc** está protegido contra uso indevido por meio de um *Rockey*.

Nunca confie nos resultados do cálculo de uma estrutura que tenha sido calculada sem que o *Rockey* tenha sido *plugado*. Certamente, serão obtidos resultados inconsistentes e não confiáveis.

4. Leitura do Manual do Usuário

O sistema **mCalc** está muito bem documentado, com descrição desde sua instalação até a utilização das rotinas de cálculo.

O **Manual do Usuário** (a referida documentação) foi redigido na forma de um *tutorial*, onde mais do que apresentar os tópicos do sistema, descrevem-se, passo a passo e com rica ilustração, os procedimentos a serem seguidos para se obter bons resultados na utilização desse sistema.

Por isso recomenda-se, **com veemência**, a leitura desse manual.

Certamente as respostas às dúvidas surgidas ou as soluções aos problemas observados na utilização do sistema terão resposta na leitura criteriosa do manual.

Lembrar que: quando tudo estiver perdido e nada parecer funcionar ... é hora de se ler o manual.

5. Manual Único do **mCalc**

Tem-se um manual único para todo o sistema **mCalc**. Dependendo da configuração e módulos licenciados, algumas características/rotinas descritas nesse manual não estarão disponíveis na instalação licenciada.

AGRADECIMENTOS

A **STABILE ENGENHARIA LTDA.** recebeu, desde o início do desenvolvimento desse sistema, a ajuda inestimável e desinteressada de inúmeras pessoas.

De público agradecemos essas valiosas contribuições, sem as quais seria muito mais difícil a elaboração do **mCalc**.

Em especial agradecemos

Luiz Livi por ter sido o grande incentivador do desenvolvimento desse sistema

Welder Miranda pelo incentivo, sugestões, teste realizados e elogios

Paulo André Barroso pelas inúmeras sugestões apresentadas

Francisco Elvas pelos testes realizados e sugestões apresentadas

Fancisco Santoro pelos inúmeros comentários e testes feitos com o **mPav**

Ildoni Belley pelas sugestões apresentadas

Robson Nelson pelas várias sugestões apresentadas e pelos testes feitos

Wilson Pimenta dos Reis pelas insistentes sugestões para o crescimento do programa

Warley Soares pelos testes realizados e sugestões apresentadas

Paulo Braga pelas sugestões apresentadas

Clodoaldo Freitas pelos comentários e sugestões

Antecipadamente agradecemos as contribuições que ainda virão, aperfeiçoando o **mCalc**, tornando-o uma imbatível ferramenta para projetos de estruturas metálicas.

.....
.....
*Mostremos valor constância
Nessa ímpia e injusta guerra
Sirvam nossas façanhas
De modelo a toda a Terra!
De modelo a toda a Terra!
Sirvam nossas façanhas
De modelo a toda a Terra.*

.....
.....
*Mas não basta pra ser livre
Ser forte, aguerrido ou bravo
Povo que não tem virtude
Acaba por ser escravo!*

(Trecho do Hino Riograndense)

CONTEÚDO

Capítulo 1. Uma Visão Geral

1.1	Introdução	1 -2
1.2	O pacote mCalc	1 -3
1.3	Equipamento Necessário	1 -4
1.4	Instalando o mCalc	1 -4
1.5	Iniciando a usar o mCalc	1 -4
1.6	Usando o mCalc	1 -7
1.7	Apresentação geral do mCalc	1 -8
1.7.1	Módulo HOME	1 -9
1.7.2	Módulo GEOMETRIA	1 -9
1.7.2.1	Desenhando a estrutura	1 -10
1.7.2.2	Importação de arquivos DXF	1 -10
1.7.2.3	Importação de uma subestrutura	1 -10
1.7.3	Módulo AÇÕES	1 -13
1.7.4	Módulo ANÁLISE	1 -13
1.7.5	Módulo DIMENSIONAMENTO	1 -13
1.7.6	Módulo RESULTADOS	1 -14
1.8	Comandos/Recursos gerais do mCalc	1 -15
1.8.1	Métodos de seleção	1 -15
1.8.1.1	Seleção individual	1 -15
1.8.1.2	Por retângulo/janela	1 -15
1.8.1.3	Por Retângulo/“ <i>Crossing</i> ”	1 -15
1.8.1.4	Por polígono	1 -15
1.8.1.5	Por “ <i>Fence</i> ”	1 -16
1.8.1.6	Tecla F9	1 -16
1.8.2	Métodos de deselegção	1 -16
1.8.3	Ferramentas de precisão	1 -16
1.8.3.1	Nó mais próximo	1 -16
1.8.3.2	Ortho (F8)	1 -17
1.8.4	Comandos gerais	1 -17
1.8.4.1	Impressão	1 -18
1.8.4.2	Zoom por janela	1 -20
1.8.4.3	Mover tela	1 -20
1.8.4.4	Zoom enquadrar	1 -20
1.8.4.5	Copia propriedades	1 -20
1.8.4.6	Excluir	1 -20
1.8.4.7	Numera nós	1 -21
1.8.4.8	Numera barras	1 -21
1.8.4.9	Nomeia barras	1 -21
1.8.4.10	Exibe vinculação	1 -21
1.8.4.11	Exibe travamento	1 -21
1.8.4.12	Marca nós	1 -21
1.8.4.13	Exibe UCS	1 -21
1.8.4.14	Exibe barras combinadas	1 -21
1.8.4.15	Exibe eixos locais	1 -21
1.8.4.16	Exibe cotas	1 -21

1.8.4.17 Distância	1 -21
1.8.4.18 Exibe alertas	1 -22
1.8.4.19 Atualiza tela	1 -22
1.8.4.20 Editar 3D	1 -22
1.8.4.21 Módulo mCalc_PAV	1 -22
1.8.5 Sistema de coordenadas do mCalc	1 -22
1.8.5.1 Coordenadas retangulares	1 -22
1.8.5.2 Coordenadas polares	1 -22
1.8.5.3 Coordenadas absolutas	1 -23
1.8.5.4 Coordenadas relativas	1 -23
1.8.6 Ajuda do mCalc	1 -24
1.8.7 Manual <i>online</i> do mCalc	1 -24
1.9 Elementos implementados no mCalc	1 -25

Capítulo 2. Assistente de Projetos

2.1 Gerando tesouras	2 -3
2.2 Gerando grelhas	2 -9
2.3 Gerando terças	2 -11
2.4 Gerando pórticos	2 -12
2.5 Gerando estruturas genéricas	2 -18
2.6 Gerando pavimentos	2 -18
2.6.1 A partir do projeto arquitetônico	2 -19
2.6.1.1 Criando-se eixos	2 -21
2.6.1.2 Criando-se vigas	2 -21
2.6.1.3 Criando-se paredes	2 -22
2.6.1.4 Criando-se lajes	2 -23
2.6.1.5 Declarando pilares	2 -24
2.6.1.6 Gerando-se o modelo	2 -25
2.6.2 Criando uma malha de eixos	2 -25

Capítulo 3. Módulo da Geometria

3.1 Introdução	3 -2
3.2 Comando barra	3 -3
3.3 Comando propriedades	3 -3
3.4 Comando editar	3 -4
3.5 Comando coordenadas	3 -5
3.6 Comando vinculação	3 -6
3.7 Comando dividir	3 -8
3.8 Comando unir barras	3 -8
3.9 Comando criar nó na interseção	3 -9
3.10 Comando prolongamento	3 -9
3.11 Comando <i>extend</i>	3 -10
3.12 Comando copiar	3 -11
3.13 Comando <i>array</i>	3 -12
3.14 Comando espelhar	3 -13
3.15 Comando mover barras	3 -14
3.16 Comando mover nós	3 -14
3.17 Comando rotacionar	3 -15
3.18 Comando escalar	3 -15

3.19 Comando inverter	3 -16
3.20 Comando renumerar	3 -16
3.21 Comando UCS	3 -17
3.22 Comando nomear	3 -17
3.23 Comando <i>off set</i>	3 -17
3.24 Comando círculo poligonal	3 -18
3.25 Comando <i>array polar</i>	3 -18
3.26 Comando distância	3 -18
3.27 Comando cotar	3 -19

Capítulo 4. Módulo Ações

4.1 Introdução	4 -2
4.2 Comando ação concentrada	4 -3
4.3 Comando valor A.C.	4 -4
4.4 Comando ação distribuída	4 -4
4.5 Comando valor A.D.	4 -5
4.6 Comando inverter	4 -5
4.7 Comando copiar estado	4 -6
4.8 Comando definição dos estados de ações	4 -6
4.8.1 Definindo o nome do estado de ações.....	4 -6
4.9 Comando copiar ação	4 -7
4.10 Ações em grelhas	4 -7
4.10.1 Ações distribuídas em grelhas	4 -7
4.10.2 Ações concentradas em grelhas	4 -8

Capítulo 5. Módulo Análise

5.1 Introdução	5 -2
5.2 Combinações de ações	5 -3
5.3 Envoltória dos máximos e mínimos.....	5 -4

Capítulo 6. Módulo Dimensionamento

6.1 Introdução	6 -2
6.2 Comando dimensionar	6 -3
6.3 Comando autodimensionar	6 -18
6.4 Comando copiar perfis.....	6 -20
6.5 Comando planilha	6 -20
6.6 Comando exibe perfis	6 -22
6.7 Comando Sd/Rd %	6 -22
6.8 Comando Render 3D	6 -24
6.9 Comando atualizar propriedades	6 -26
6.10 Comando travamento lateral.....	6 -26
6.11 Comando combinar barras.....	6 -29
6.12 Dimensionamento de elementos de viga mista.....	6 -30
6.12.1 Criando elementos de viga mista	6 -30
6.12.2 Dimensionando elementos de viga mista	6 -31
6.13 Interpretando resultados.....	6 -34
6.13.1 Performance dos perfis: S _d /R _d %.....	6 -34
6.13.2 Envoltória de máximos e mínimos.....	6 -34
6.13.3 Equações de interação.....	6 -34

6.14 Perfis compostos.....	6 -35
6.15 Perfis duplos isolados.....	6 -38

Capítulo 7. Módulo Resultados

7.1 Introdução	7 -2
7.2 Relatório da análise	7 -2
7.3 Relatório do dimensionamento.....	7 -3
7.4 Comando deformada	7 -4
7.5 Comando solicitações	7 -5
7.6 Diagramas.....	7 -5

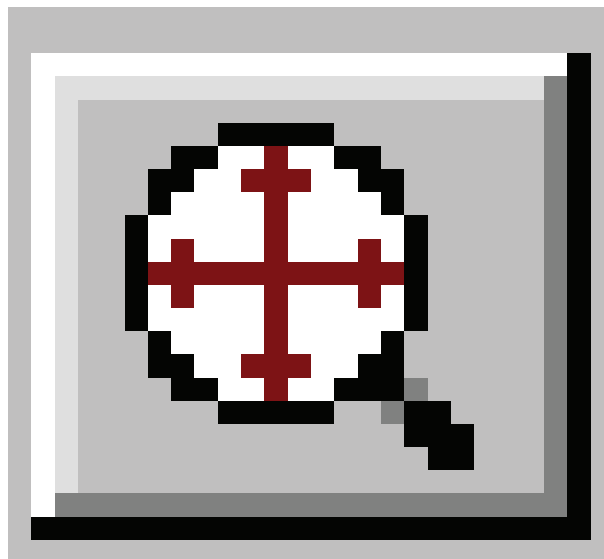
Anexo A

A.1 Exemplo.....	A -2
------------------	------

CAPÍTULO 1.



mCalc 3.0 - UMA VISÃO GERAL



CAPÍTULO 1. mCalc 3.0 - UMA VISÃO GERAL

1.1 INTRODUÇÃO

A **STABILE ENGENHARIA LTDA.** é uma empresa projetista de estruturas metálicas, atuando no mercado de Engenharia Estrutural desde OUT/1975, com trabalhos em vários países da América do Sul, tem o orgulho de apresentar o sistema que está revolucionando a confecção de projetos de estruturas metálicas no mercado nacional: o sistema **mCalc**.

A tônica do **mCalc** totalmente projetado e desenvolvido pela **STABILE®**, é que esse sistema, que integra **geração, análise e dimensionamento** de estrutura metálicas, é uma compilação de dados e experiências adquiridas ao longo de sua trajetória como projetista estrutural.

Embora já existam muitos programas de cálculo - nacionais e importados - os engenheiros e projetistas de estruturas metálicas sempre se ressentiram da ausência de sistemas adequados à construção metálica nacional, que utilizassem tipologia estrutural, perfis e normas brasileiras.

Essa carência, aliada as solicitações dos clientes em obter respostas ágeis e consistentes, determinou a necessidade da **STABILE®** em desenvolver o sistema **mCalc**.

Programas para análise e dimensionamento de estruturas de barras são muito úteis quando se trabalha com projetos estruturais.

O sistema **mCalc** é um conjunto de rotinas para a geração, análise e dimensionamento de estruturas de metálicas.

Por ser um sistema que tem implementados elementos de treliças planas e pórticos planos, o **mCalc** é muito versátil e permite trabalhar-se com uma série de estruturas.

- Treliças planas de aço (também de madeira e alumínio) para uso geral
- Estruturas de contraventamento de Edifícios de Múltiplos Andares
- Estruturas treliçadas para Prédios Industriais
- Arcos para silos, armazéns, galpões etc.
- Pilares treliçados
- Terças e longarinas de fechamento
- Estruturas de contraventamento de Prédios Industriais
- Torres para *Pipe-Racks* e Transportadores de Correia
- Plataforma para Reservatórios e Silos
- Pórticos planos de aço (também de c. armado, de madeira ou de alumínio)
- Estruturas de Edifício de Múltiplos Andares
- Estruturas aporticadas para Prédios Industriais ou não
- Treliças com cargas fora dos nós (momentos nas barras)



- Estruturas dos Pavimentos de prédios industriais, comerciais e residenciais
- Estruturas para Mezaninos e Plataformas de trabalho
- Grelhas para *Racks* e/ou *Pallets*

O sistema **mCalc**, que disponibiliza o *estado-da-arte* em recursos para o desenvolvimento de projetos de estrutura metálica, possui as seguintes características, indispensáveis para a obtenção de aumento de produtividade:

- Entrada de dados amigável e interativa
- Ilimitado número de nós
- Ilimitado número de estados de ações
- Ilimitado número de combinações de ações
- Ações distribuídas do tipo: ação permanente, sobrecarga e vento
- Ações distribuídas c/ distribuição parcial ou não na barra
- Ações distribuídas nas barras com variação linear (triangulares e trapezoidais)
- Vinculação com apoios elásticos ou não
- Deslocamentos prescritos (cedimentos de apoio)
- Combinação de elementos diferentes num mesmo modelo
- Possibilidade de analisar estruturas compostas por vários materiais
- Extração de dados a partir de um desenho feito com o AutoCAD
- Geração automática de geometria
- Reordenação nodal
- Solução do sistema de equações por GAUSS com otimização SKYLINE
- Combinações de ações com ponderação cf. Norma de Ações e Segurança
- Relatórios gravados em arquivos acessados por qualquer editor de texto
- Dimensionamento paramétrico com escolha interativa dos perfis
- Relação de perfis automática após o Dimensionamento
- Integração completa com o programa **CadEM** para o detalhamento

1.2. O PACOTE **mCalc**

O pacote do sistema **mCalc** é sistema composto por:

- Embalagem
- CD do sistema
- Manual do Usuário
- *Rockey (USB)*

Certifique-se que todos esses itens constam na documentação remetida. Em caso de algum problema contate a **STABILE** e relate o problema.

O sistema **mCalc** é composto por vários módulos:

- **Assistente de Projeto:** para geração automática de estruturas pré-engenheiradas



- **Geometria:** editor gráfico/modelador da estrutura
- **Ações:** editor (*input*) de ações
- **Análise:** módulo de análise da estrutura
- **Dimensionamento:** módulo de dimensionamento paramétrico da estrutura
- **Resultados:** relatórios da *Análise e Dimensionamento*.

1.3. EQUIPAMENTO NECESSÁRIO

Por ter sido desenvolvido no ambiente *Windows* o sistema **mCalc** rodará em qualquer computador que rode o *Windows 95, 98, 2000, Me, NT ou XP, Vista e Win Seven*, entretanto sugere-se instalar o sistema num equipamento rápido com boa placa de vídeo, monitor de boa resolução e sobretudo com memória mínima de 64 MB.

1.4. INSTALANDO O **mCalc**

A instalação do sistema **mCalc** é simples e é conduzida pelo programa instalador:

- Coloca-se o CD no *driver*
- O programa de instalação rodará automaticamente.
- O instalador sugerirá o nome da pasta onde o programa será instalado. Caberá ao usuário aceitar ou não a sugestão.

Todos os módulos do sistema **mCalc** são protegidos contra uso indevido por meio de um *Rockey*.

Nunca confie nos resultados do cálculo de uma estrutura que tenha sido calculada sem que o *Rockey* tenha sido *plugado*.

Certamente, serão obtidos resultados inconsistentes e não confiáveis.

Caso ocorra algum problema na instalação do **mCalc** entre em contato com a **STABILE** e relate o problema.

1.5. INICIANDO A USAR O **mCalc**

Após a instalação do programa, para chamar o **mCalc** basta clicar sobre o ícone criado

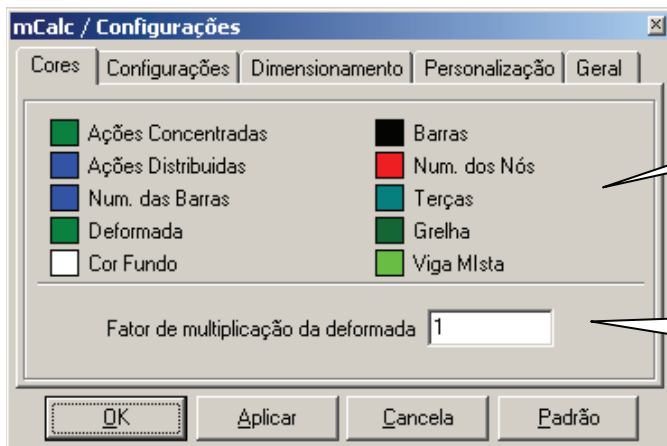


pela instalação do programa .

Entretanto, antes de seu uso, sugere-se que seja processada uma personalização do programa.

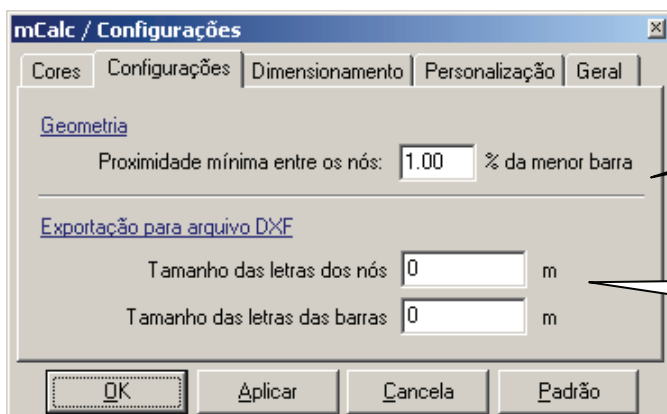
Chamando-se o menu *Exibir Opções* acessa-se o um módulo Configuração do **mCalc** que tem quatro opções de Configuração





Configuração de cores do ambiente

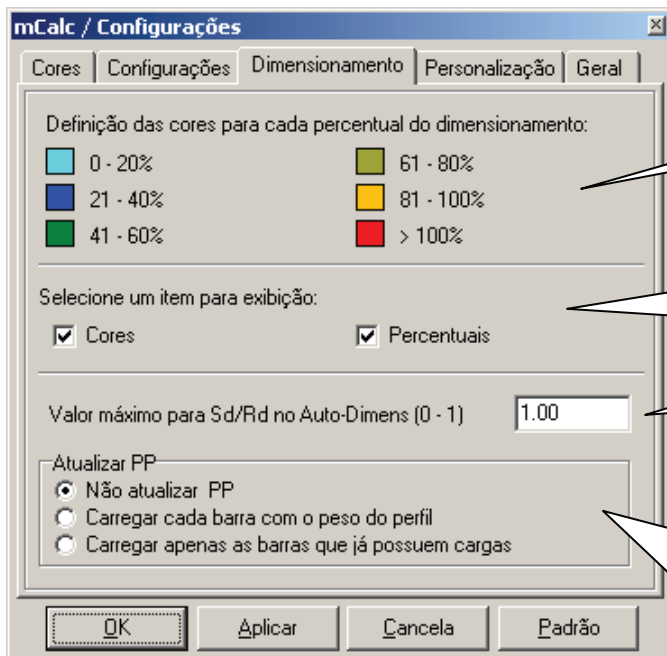
Fator de multiplicação do desenho da deformada para uma melhor visualização.



Configuração da proximidade entre nós – exibição de alertas

Configuração de exportação de arquivos DXF



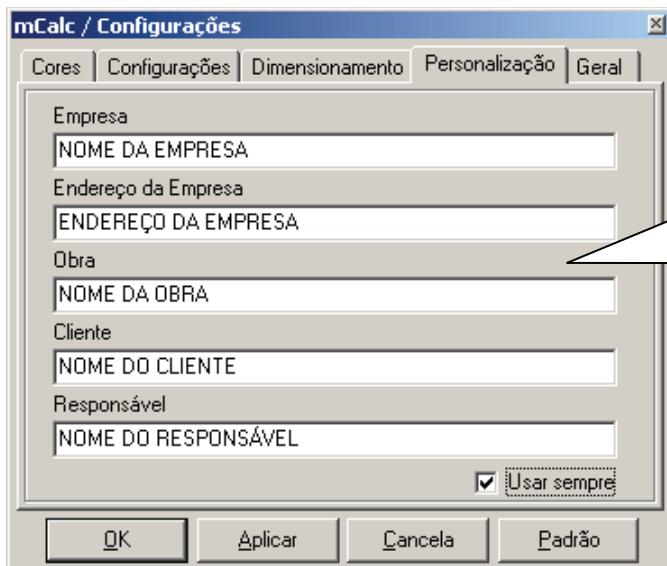


Configuração cores para exibição dos percentuais Sd/Rd no módulo de dimensionamento

Opção para exibição da relação entre solicitações e resistências, apenas por cores ou percentuais

Critério para o valor máximo Sd/Rd no auto-dimensionamento

Opção de atualizar ou não o peso próprio das barras. Após o dimensionamento, caso estejam selecionadas a segunda ou terceira opções, será acrescentado ao estado de peso próprio da estrutura o peso de cada perfil ou apenas das barras que já possuem carregamento, de acordo com a opção setada



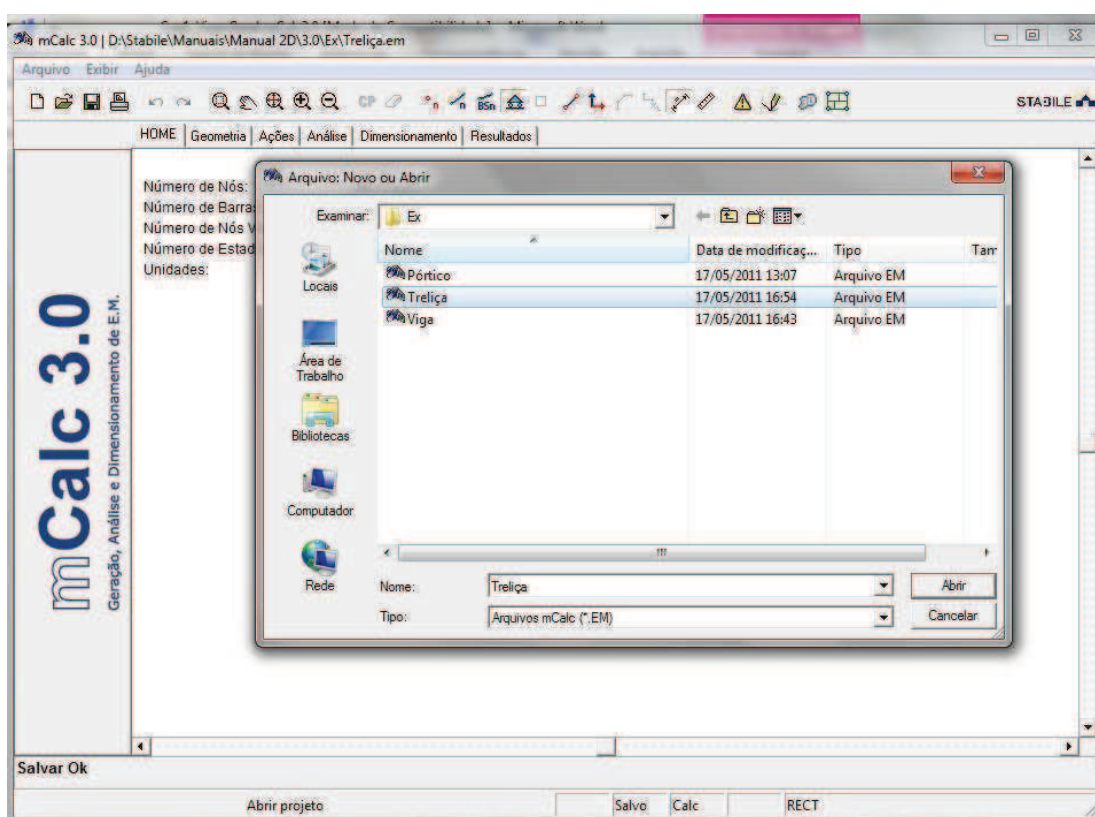
Personalização do cabeçalho para exibição nos relatórios de análise e dimensionamento do projeto



1.6. USANDO O mCalc

Ao se carregar o programa, deve-se, antes de tudo declarar o nome do arquivo que se quer carregar ou que se vai armazenar o novo modelo.

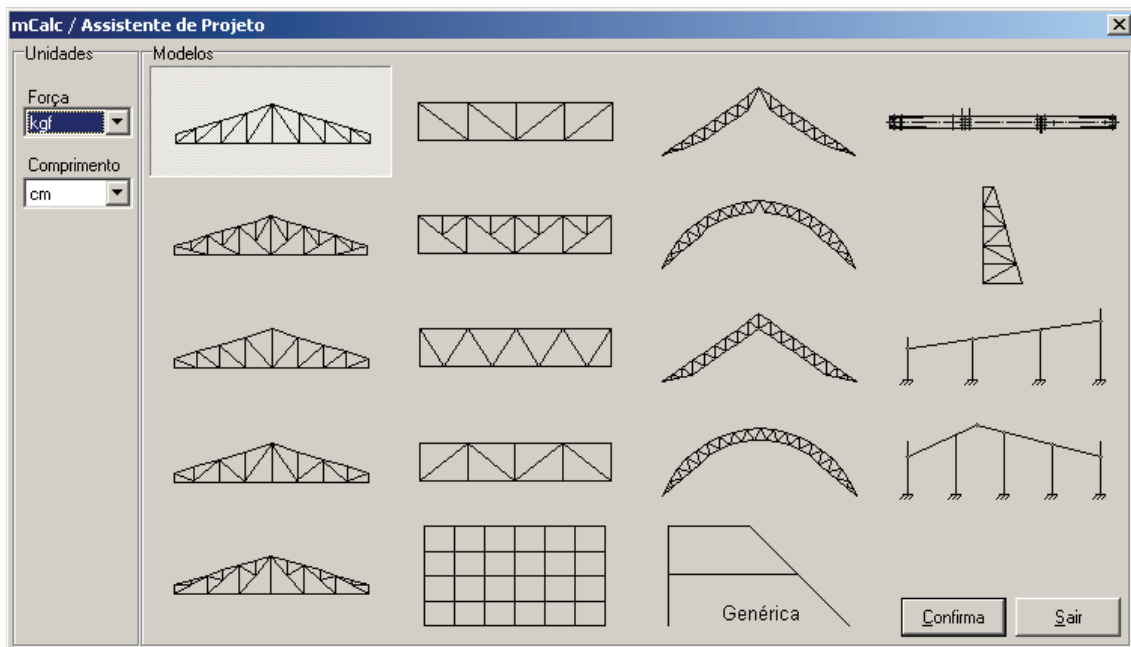
Surge uma janela de diálogo padrão do *Windows*: nela define-se o sub-diretório e o arquivo a ser aberto.



O próximo passo é escolher as unidades a serem usadas no modelo e a tipologia do modelo, i.e., deve-se declarar se o modelo a ser gerado é uma estrutura com forma *qualquer* ou se é uma estrutura constante na biblioteca do **Assistente de Projetos**.

Estão disponíveis na biblioteca Assistente de Projetos 18 modelos de estruturas pré engenheiradas. Selecionando uma delas e pressionando o botão CONFIRMAR abrirá uma caixa de diálogo para que o usuário preencha os dados, tais como: vão, inter-tesouras, comprimento do prédio, e demais dados para que o mCalc gere os estados de ações. Neste módulo o usuário também poderá selecionar as unidades de força e comprimento para gerar a estrutura.





Caso queira trabalhar com uma estrutura criada no próprio ambiente GEOMETRIA do **mCalc** ou importar uma estrutura em DXF, quando surgir a janela do Assistente de Projeto o usuário deverá, simplesmente, pressionar o botão SAIR.

1.7. APRESENTAÇÃO GERAL DO **mCalc**

O sistema **mCalc** é subdividido nos seguintes módulos:

- **Home,**
- **Geometria,**
- **Ações,**
- **Análise,**
- **Dimensionamento e**
- **Resultados.**

Cada módulo é independente do outro, mas todos estão integrados, entre si, pelo sistema.

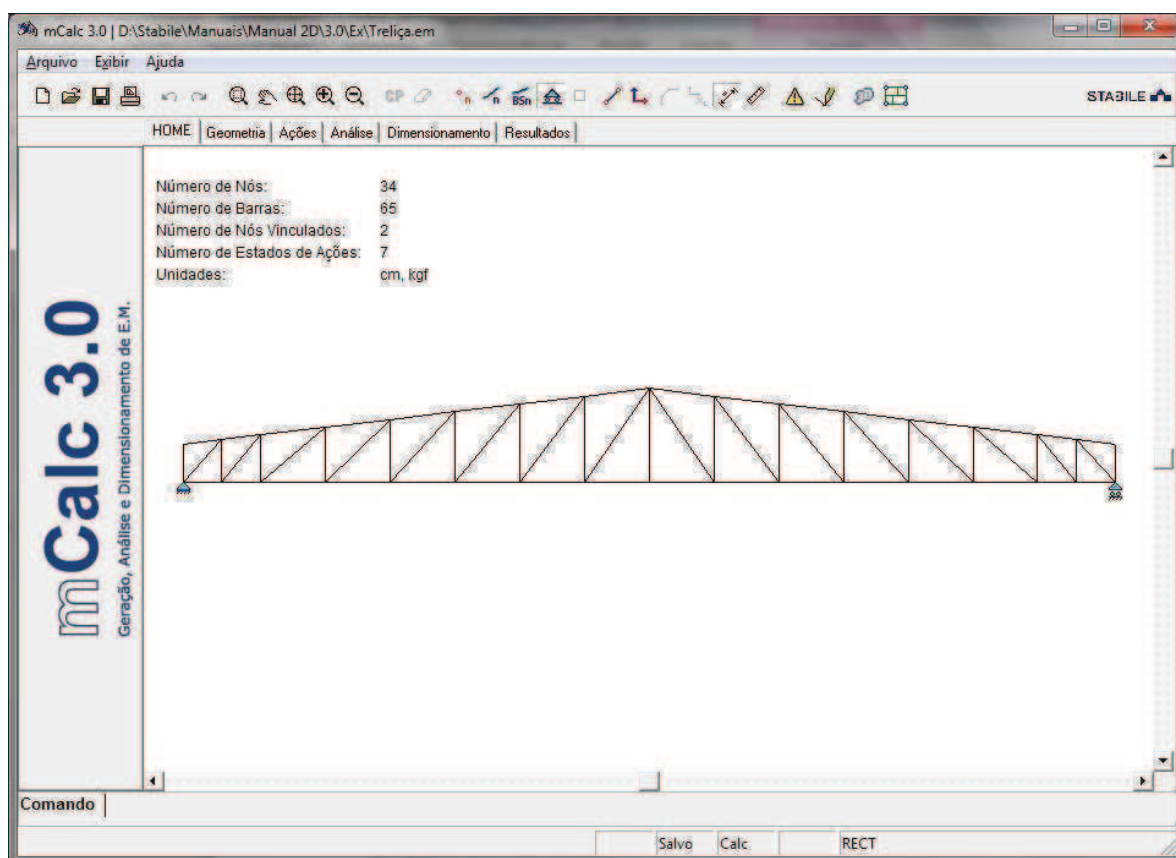
Apresentam-se, a seguir, os diversos módulos do **mCalc**.



1.7.1 Módulo HOME

Esse módulo é o de abertura do sistema, e nele está implantado o **Assistente de Projetos** (geração automática de dados - ver Capítulo 2).

Caso se esteja abrindo um arquivo já existente, o módulo **Home** publicará os dados principais da estrutura: número de nós, de barras, de nós vinculados, de estados de ações e as unidades – de comprimento e de força – adotadas para essa estrutura.



1.7.2 Módulo GEOMETRIA

Esse é o módulo da **Entrada de Dados Geométricos** do **mCalc**: quase sempre vai se ter que passar por esse módulo.

Os diversos comandos e recursos da **Geometria** estão descritos no Capítulo 4.

Nesse item vai se apresentar as diversas formas de entrada de dados geométricos que o sistema disponibiliza:



1.7.2.1 Desenhando a Estrutura

Usando o editor gráfico do **mCalc** desenha-se estrutura com recursos semelhantes aos dos programas *CAD*.

Há a possibilidade de se editar coordenadas dos nós e conectividades das barras por intermédio de planilhas.

1.7.2.2 Importação de arquivos *DXF*

Desenha-se a estrutura com algum programa que gere arquivos padrão *DXF* tomando os cuidados de usar as ferramentas de precisão e de gerar o desenho na unidade de comprimento que se vai adotar no cálculo.

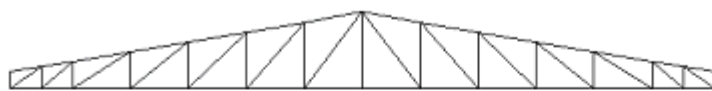
1.7.2.3 Importação de uma sub-estrutura

Esse recurso é muito poderoso, embora não se constitua, propriamente, numa maneira nova de entrada de dados.

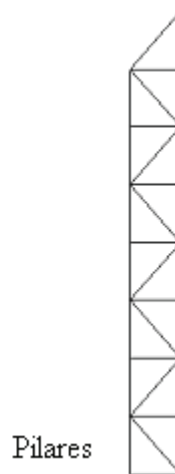
A importação de sub-estruturas permite que se vá montando/modelando uma estrutura complexa a partir de estruturas mais simples.

Um exemplo é o caso de se modelar um pórtico treliçado, para a estruturação de um galpão, a partir do desenho da “viga” de cobertura mais os pilares.

Deve-se ter gerado, previamente, as estruturas *treliça de cobertura* e *pilares*, conforme mostram os desenhos abaixo.



Treliça de cobertura

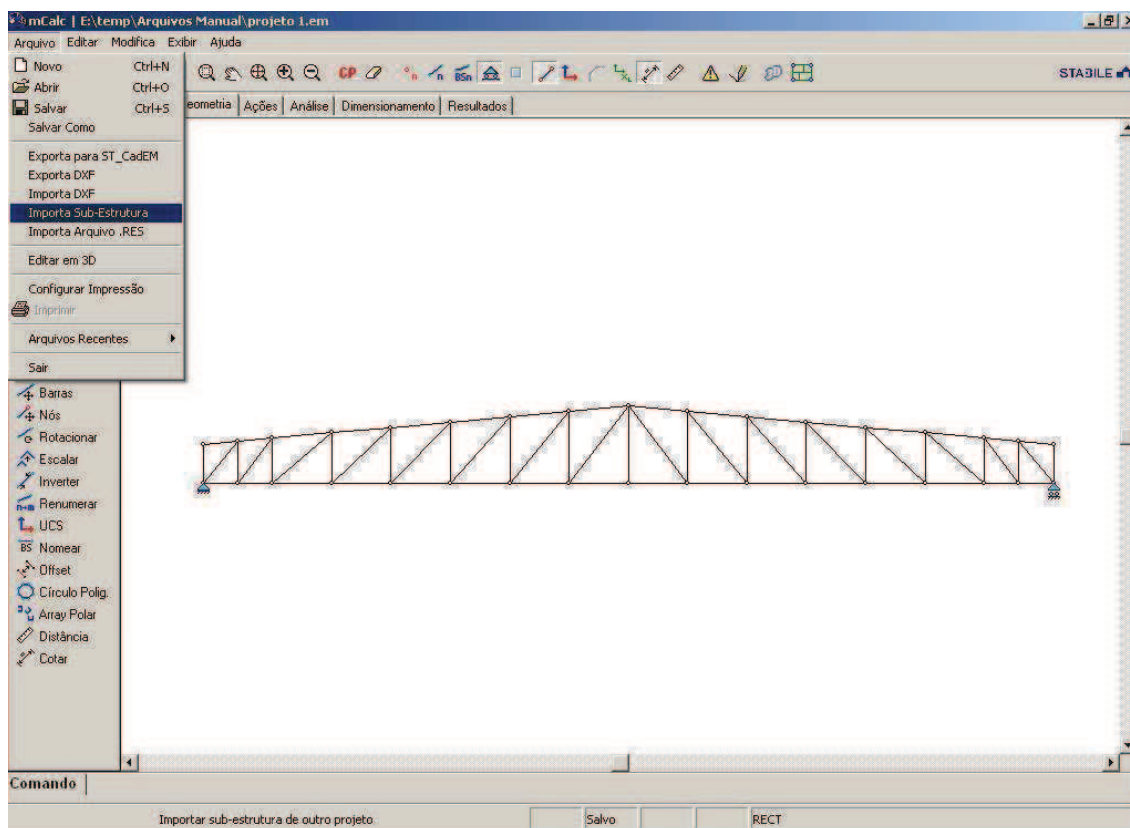


Pilares



Com uma das duas estruturas carregadas, ativa-se o comando Importa sub-estrutura no menu Arquivo do **mCalc**.

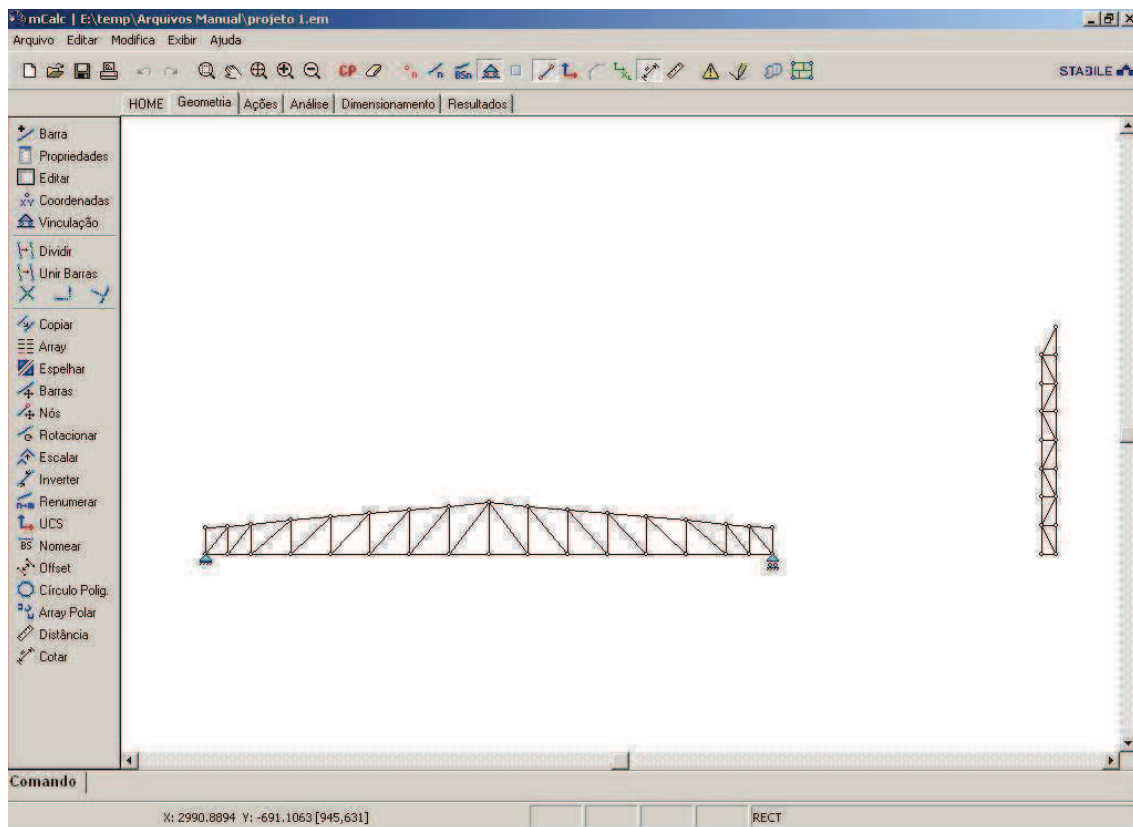
Será exibida a janela padrão do *Windows* para abertura de arquivos. Declara-se o nome da estrutura (sub-estrutura) a ser importada.



O **mCalc** colocará o desenho da sub-estrutura importada a direita do desenho da estrutura “principal”, conforme a seguir.

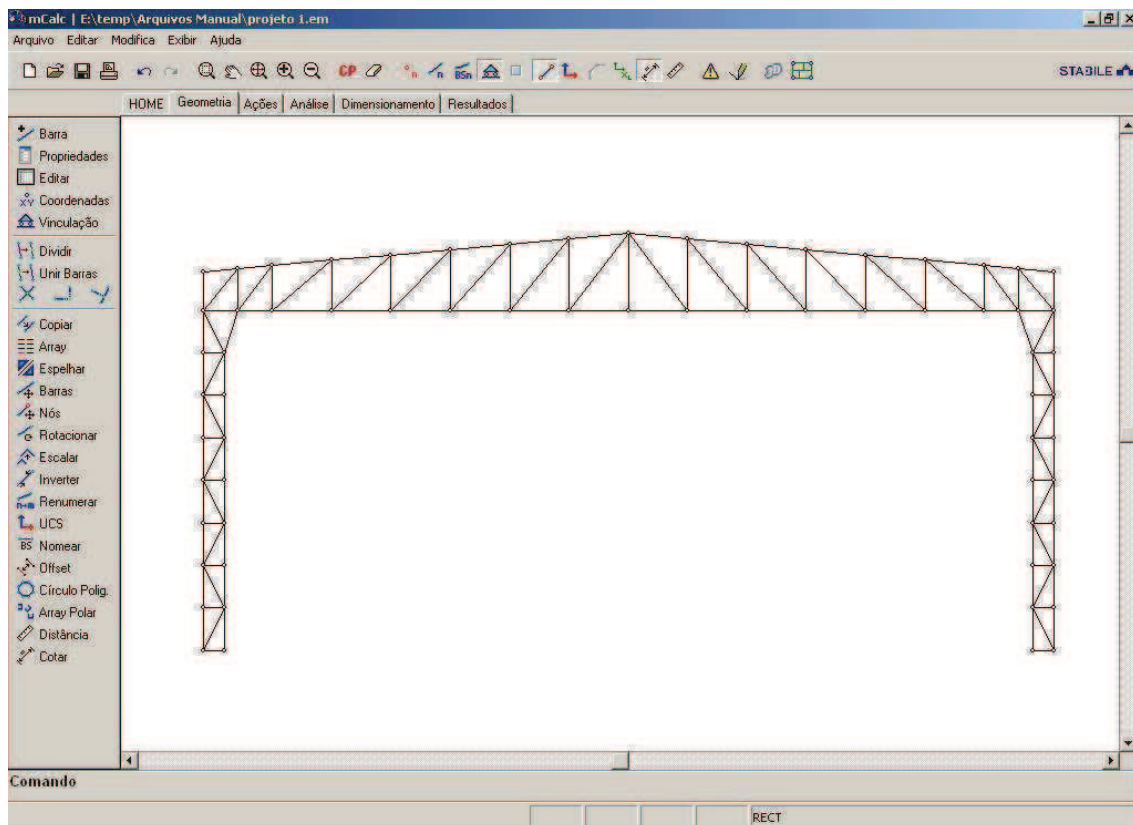
A sub-estrutura aparecerá na tela e permanecerá selecionada para caso de uma manipulação – mover, copiar, espelhar.... .





A partir desse momento tem-se liberdade para continuar o trabalho de edição do desenho da maneira usual do **mCalc**.

No caso desse exemplo se deve duplicar o pilar, espelhando a cópia, e depois mover, o pilar e sua cópia espelhada, posicionando-os sob a treliça de cobertura para formar o pórtico, acrescentando as barras que se quiser para enrijecer o encontro dos pilares com a “viga” de cobertura.



1.7.3 Módulo AÇÕES

O sistema admite que se declare ações concentradas nos nós e ações distribuídas sobre as barras.

Embora o sistema aceite ações distribuídas em barras de treliça, fica implícito que se deixará por conta do programa a incumbência de concentrar as ações nos nós, e que não se terá momentos fletores nem esforços cortantes ao longo dessas barras.

1.7.4 Módulo ANÁLISE

Embora seja muito importante dentro de qualquer sistema, pelo número de operações realizadas e pelos resultados que ele oferece, o módulo de **Análise** pouco interage com o usuário, limitando-se a solicitar as combinações de ações a serem adotadas.

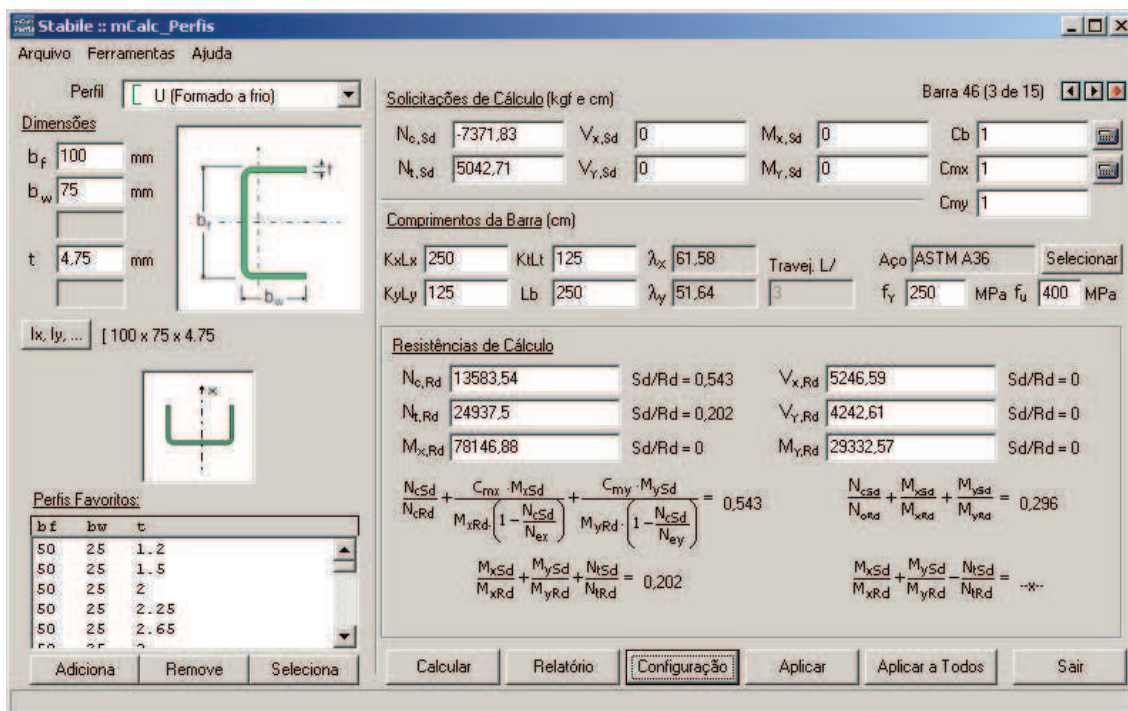
1.7.5 Módulo DIMENSIONAMENTO

No módulo **Dimensionamento** se estabelece o perfil a ser adotado em determinada(s) barra(s) da estrutura.



Em realidade a determinação das dimensões de um perfil é feita por **verificação**: adota-se um perfil, declaram-se suas dimensões e o **mCalc** calcula as resistências desse perfil e as compara com as solicitações da barra que se está dimensionando.

A verificação do perfil é feita através da calculadora de perfis:



As solicitações de cálculo, o perfil a ser adotado (forma e dimensões) e os comprimentos de flambagem da barra. O **mCalc** “lê” as solicitações de cálculo - resultado da **Análise** - e os comprimentos de flambagem da barra, ficando por conta do usuário a escolha do perfil, suas dimensões e o tipo de aço empregado.

As respostas oferecidas pelo **mCalc** são os valores das resistências de cálculo do perfil e os percentuais de *performance* do perfil frente às solicitações.

1.7.6 Módulo RESULTADOS

O módulo **Resultados** publica os relatórios completos da **Análise** e do **Dimensionamento**, além de oferecer o desenho da deformada das diversas combinações de ações e os diagramas de esforço normal, cortante e momento fletor.

Os relatórios são arquivos tipo texto e podem ser lidos por qualquer editor de texto: .RES- relatório da **Análise** e .DIM - relatório do **Dimensionamento**.

Os relatórios são oferecidos e publicados pelo módulo **Resultados** em formato .RTF para serem lidos por editores de texto mais sofisticados.



Dentro do próprio **mCalc** os relatórios são apresentados num editor de texto que permite alguma edição e a impressão dos relatórios.

1.8. COMANDOS/RECURSOS GERAIS DO **mCalc**

O **mCalc** possui alguns comandos que são gerais e que podem ser usados em todos os módulos do sistema.

1.8.1 Métodos de Seleção

O sistema disponibiliza vários métodos de seleção:

1.8.1.1 Seleção individual

Faz-se a seleção individual clicando-se, com o *mouse*, sobre a entidade – nó ou barra.

Essa seleção pode ser aplicada a um conjunto de entidades repetindo-se a seleção: clicando-se com o botão esquerdo do mouse sobre cada entidade.

1.8.1.2 Por Retângulo/Janela

Faz-se a seleção por janela abrindo-se um retângulo, da esquerda para a direita sobre um conjunto de entidades. Nesse método só serão selecionadas as entidades que estiverem integralmente dentro da janela/retângulo.

1.8.1.3 Por Retângulo/“*Crossing*”

Faz-se a seleção por “*crossing*” abrindo-se um retângulo, da direita para a esquerda sobre um conjunto de entidades.

Nesse método serão selecionadas as entidades que estiverem dentro da janela e as barras que forem cortadas pelo limite da janela, i.e. que estiverem parcialmente dentro do retângulo/janela de seleção.

1.8.1.4 Por Polígono

Pressionando-se a tecla **F9** o **mCalc** troca o tipo de seleção para seleção por polígono onde é permitido que se desenhe um polígono envolvendo as entidades que se quer selecionar.

O polígono do seleção deverá ser fechado, i.e. o ponto final do polígono deve coincidir com o ponto inicial.



Serão selecionadas as entidades que estiverem integralmente dentro do polígono.

1.8.1.5. Por “Fence”

Pressionando-se, novamente, a tecla **F9** o **mCalc** permite que se faça a seleção por meio de uma linha que corta a entidade selecionada: é a seleção por “fence”. Essa linha de seleção pode desenhada, indistintamente, da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda. Serão selecionadas as barras que forem cortadas pela linha.

1.8.1.6. Tecla F9

Recapitulando-se o funcionamento da tecla F9:

Por *default* os tipos de seleção adotados pelo **mCalc** serão a seleção individual ou por retângulo. A linha de *status* do programa, barra situada no inferior da tela, terá a seguinte aparência:



Indica que a seleção será por retângulo ou individual

Pressionando-se a tecla **F9** o tipo de seleção passa a ser *Por Polígono* e na barra de *status* será exibido o seguinte: **POLIG.**

Pressionando-se, novamente, **F9** o tipo de seleção passa a ser *Por Fence* e na barra de *status* será exibido o seguinte: **FENCE**

Pressionando-se, de novo, a tecla **F9** o tipo de seleção volta a ser *Por Retângulo* onde a seleção pode ser também *Individual*.

1.8.2 Métodos de Deseleção

Uma vez que a barra tenha sido selecionada, ao se repetir a seleção, por qualquer método que seja, ela será deselegionada.

Pressionando-se a tecla <Esc> também é possível deselegionar-se.

1.8.3 Ferramentas de Precisão

1.8.3.1 Nó mais próximo

Ao se modelar/desenhar uma estrutura, o sistema **mCalc** atrairá, sempre, a extremidade final da barra que estiver sendo desenhada para o nó mais próximo.



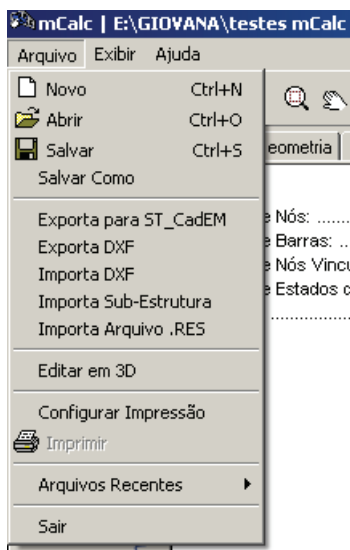
1.8.3.2 Ortho (F8)

Um dos recursos de precisão disponíveis é o desenho ortogonal: pressionando-se a tecla **F8** ativa-se o comando **Ortho**, conduzindo o desenho das barras paralelos aos eixos de coordenadas do usuário (UCS).

No caso de se ter trocado a posição dos eixos, o editor gráfico do **mCalc** desenhará barras paralelas a essa nova posição de eixos.

1.8.4 Comandos Gerais

No *menu* principal do sistema tem-se o *menu* Arquivo onde se tem os seguintes comandos gerais:



Novo: inicia o trabalho com um novo modelo estrutural.

Abrir: inicia o trabalho com um arquivo já existente.

Salvar: salva todos os dados da estrutura.

Salvar Como: salva todos os dados da estrutura num arquivo com outro nome. Essa é uma maneira de copiar dados de uma estrutura.

Exporta DXF: exporta o desenho da estrutura, utilizando o formato *DXF*. Esse comando é amplo e permite a exportação do desenho do **jeito que ele está**:

- caso a estrutura estiver desenhada com nós numerados, será exportado o desenho com numeração de nós.
- caso a estrutura estiver desenhada com barras numeradas, será exportado o desenho com numeração das barras.

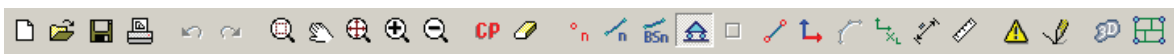


- caso a estrutura estiver desenhada com nós e barras numerados, será exportado o desenho com numeração de nós e barras.
- caso a estrutura estiver desenhada exibindo os perfis adotados (no módulo **Dimensionamento**) será exportado o desenho com os perfis adotados.

Importa DXF: recurso já descrito no item 1.7.2.3

Importa Sub-Estrutura: recurso já descrito no item 1.7.2.4

Os outros recursos/comandos gerais do **mCalc** encontram-se na barra de ferramentas localizada abaixo do *menu* principal.




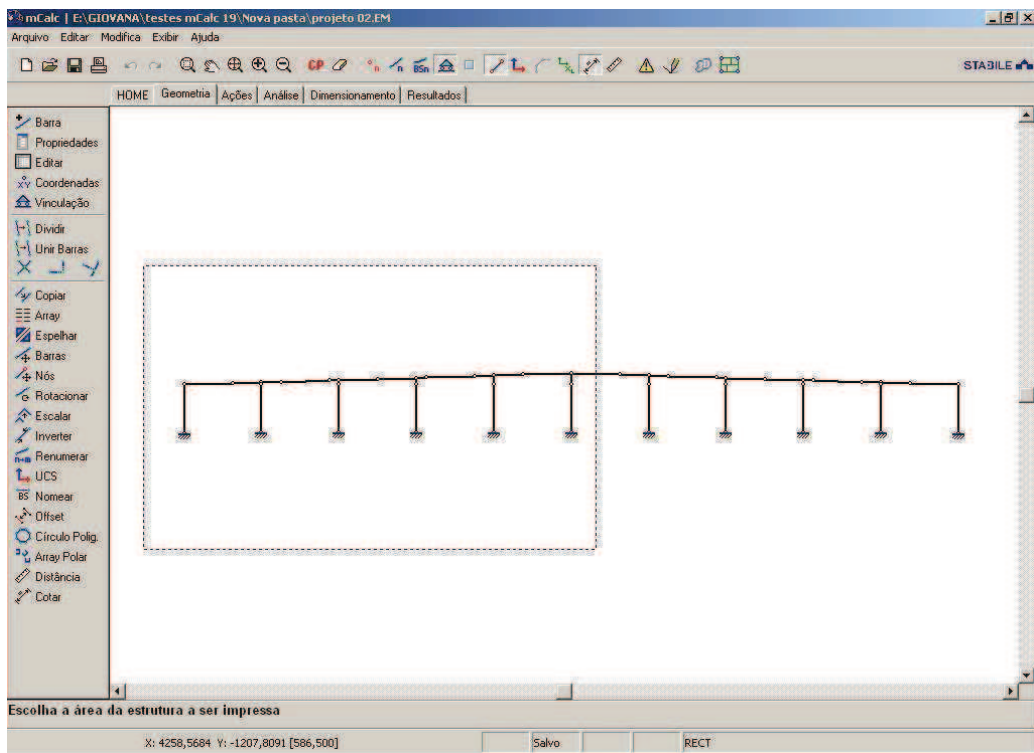
Além dos três primeiros botões à esquerda, que são padrões do *Windows* para inicialização, abertura e gravação de arquivos, já descritos acima, tem-se:



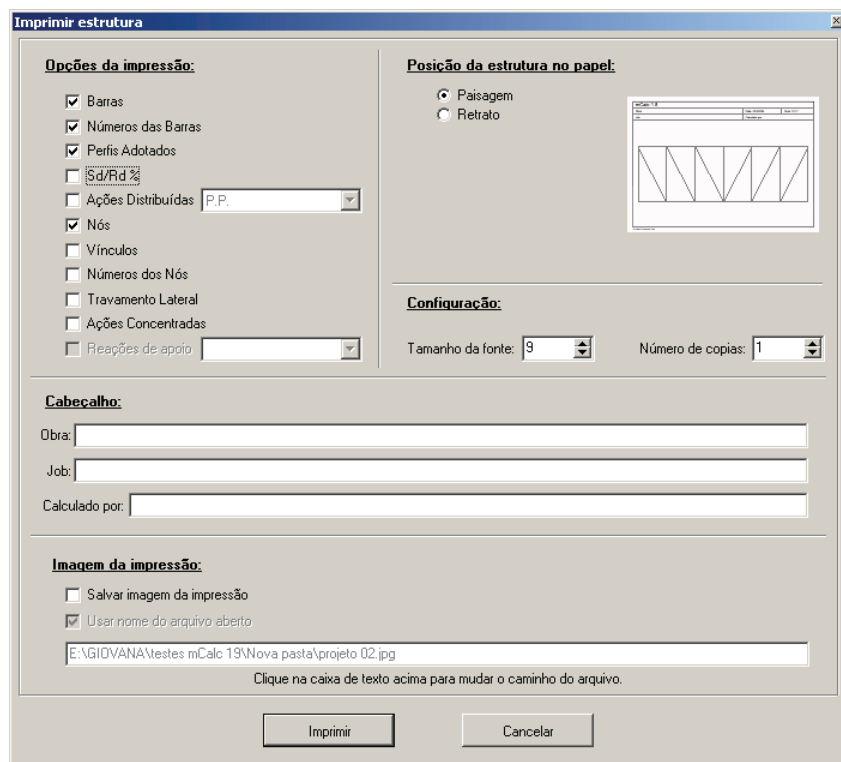
*Comandos **UNDO** e **REDO**:
desfazer e refazer respectivamente
uma ação, conforme comandos
padrões dos programas CAD.*

1.8.4.1 Impressão

Permite imprimir a estrutura com várias opções de impressão. Ao ser ativado o comando Impressão  o **mCalc** solicitará a área da estrutura a ser impressa. Seleciona-se abrindo-se uma janela conforme a seguir:




Ao se confirmar a seleção surgirá um quadro de opções de impressão:




Pode-se escolher qualquer uma das opções ou todas ao mesmo tempo.

1.8.4.2 Zoom por Janela

Aumenta o desenho enquadrando-o à janela aberta pelo usuário .


Esse comando pode ser ativado, também, pelo *prompt* **mCalc** digitando-se **Z** e <ENTER>.

Esse comando, que se assemelha ao *Zoom Window* do AutoCAD, permite que se tenha *Zoom Mais* e *Zoom Menos*  clicando-se com o botão esquerdo ou direito do *mouse* respectivamente


1.8.4.3 Mover Tela

Movimenta o desenho em relação à janela de visualização .

Esse comando pode ser ativado, também, pelo *prompt* **mCalc** digitando-se **P** e <ENTER>.

Esse comando, que se assemelha ao *Pan* do AutoCAD, permite que se tenha *Zoom Mais* e *Zoom Menos*  clicando-se com o botão esquerdo ou direito do *mouse*.

1.8.4.4 Zoom Enquadrar

Enquadra todo o desenho na janela de visualização .

Esse comando assemelha-se ao *Zoom Extended* do AutoCAD.


1.8.4.5 Cópia Propriedades

Cópia as propriedades das barras **CP**.


Esse é um comando muito útil, pois ele terá múltipla função:

- No módulo **Geometria** ele copiará as propriedades de uma barra para um conjunto de barras selecionadas: serão copiados o tipo de barra, a constante elástica e as características geométricas.
- No módulo **Ações** serão copiadas as ações distribuídas de uma barra para o conjunto de barras selecionadas.
- No módulo **Dimensionamento** ele copiará o dimensionamento adotado de uma barra para um conjunto de barras selecionadas. Essa cópia será feita calculando, barra a barra, a *performance* do perfil.


1.8.4.6 Excluir

Apaga (exclui) barras ou ações distribuídas ou concentradas .


1.8.4.7 Numera Nós

A qualquer momento (dentro de qualquer módulo) numera os nós .

1.8.4.8 Numera Barras

A qualquer momento (dentro de qualquer módulo) numera as barras .


1.8.4.9 Nomeia Barras

A qualquer momento (dentro de qualquer módulo) nomeia as barras .


1.8.4.10 Exibe Vinculação

Exibe a vinculação adotada na estrutura .

1.8.4.11 Exibe Travamento

Exibe os nós que estão travados lateralmente  (esse comando só será ativado no módulo **Dimensionamento**).


1.8.4.12 Marca Nós

Exibe os nós por intermédio de um pequeno círculo na posição do nó .

1.8.4.13 Exibe UCS

Exibe a posição dos eixos de coordenadas (ver item 4.22) .


1.8.4.14 Exibe Barras Combinadas

Exibe as barras combinadas  (esse comando só será ativado no módulo **Dimensionamento**).

1.8.4.15 Exibe Eixos Locais

Exibe os eixos locais das barras .

1.8.4.16 Exibe Cotas


Exibe as cotas, em qualquer módulo, criadas no módulo **Geometria** .

1.8.4.17 Distância

Fornece a distância entre pontos quaisquer dentro de todos os módulos .




1.8.4.18 Exibe Alertas

É uma ferramenta de verificação da consistência de dados .

Esse comando avisa e identifica os problemas do modelo estrutural, quer se faltam propriedades, quer se existem barras desconectadas ou, ainda, se existem barras sobrepostas.

Se faltar características geométricas a alguma barra, quando ativado, esse comando colocará um ponto de interrogação junto à barra.


1.8.4.19 Atualiza Tela

Redesenha a estrutura (comando “*Redraw*”) .

1.8.4.20 Editar 3D

Permite editar a geometria em 3D .

1.8.4.21 Módulo **mCalc_PAV**

Para a geração de pavimentos metálicos .

1.8.5 Sistema de Coordenadas do **mCalc**

Foram implementados dois sistemas de coordenadas no **mCalc**: retangulares e polares.

Para cada um desses sistemas tem-se coordenadas absolutas e relativas.

1.8.5.1 Coordenadas Retangulares

O sistema de coordenadas retangulares indexa as coordenadas dos pontos à origem do sistema (coordenadas $0,0$). Assim, as coordenadas de um nó que dista, na horizontal, 500 e na vertical, 400 da origem do sistema serão $(500,400)$ ou $X = 500$ e $Y = 400$.

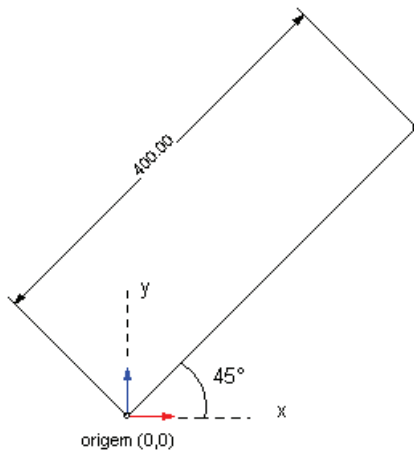
Dentro do programa, quando se quiser referir a esse ponto, vai-se digitar, na linha de comandos: $500,400$

1.8.5.2 Coordenadas Polares

As coordenadas polares de um ponto em relação à origem são identificadas pelo módulo de um vetor e pelo ângulo que faz com a horizontal, medido no sentido anti-horário.

Assim as coordenadas de um ponto que dista 400 da origem e está na extremidade de uma reta que forma 45° com a horizontal (conforme figura) terá coordenadas polares de $400<45$.





Assim, genericamente, as coordenadas polares de um ponto será: $|\text{vetor}| < \hat{\text{angulo}}$.

1.8.5.3 Coordenadas Absolutas

As coordenadas absolutas são referidas à origem $(0,0)$ do sistema global, e elas podem ser retangulares ou polares.

No exemplo anterior o ponto terá coordenadas $400<45$ (coord. polares), ou $282.84, 282.84$ (coord. retangulares).

1.8.5.4 Coordenadas Relativas

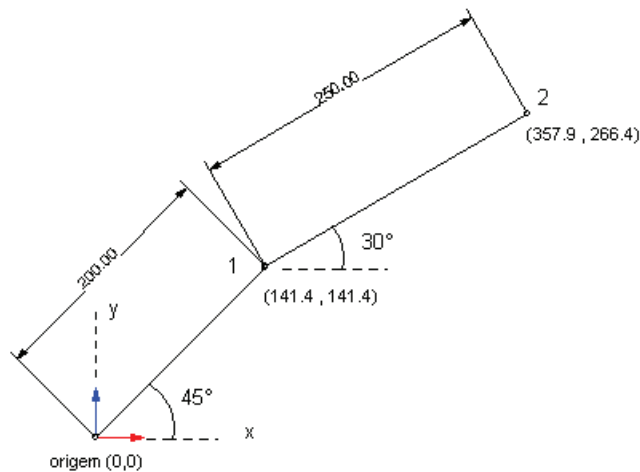
As coordenadas relativas sempre estarão referidas à uma origem temporária que é o último ponto (ou ponto anterior).

Para se usar coordenadas relativas, deve-se, simplesmente, colocar um @ antes das coordenadas do próximo ponto.

O símbolo @ indica para o programa que a origem do próximo ponto é o ponto anterior.

Assim as coordenadas dos pontos 1 e 2 da figura ao lado podem ser expressas por coordenadas absolutas ou relativas:





		Absolutas	Relativas
1	Retang.	141.4 , 141.4	@141.4 , 141.4
	Polar	200<45	@200<45
2	Retang.	357.9 , 266.4	@216.5 , 125
	Polar	446.1<36.64	@250<30

1.8.6 Ajuda do mCalc

O programa **mCalc** possui um sistema de ajuda muito eficiente: ao invés de apresentar um texto que descreve algum comando, a ajuda do programa é uma série de filmes que apresentam cada comando de forma visual.

Para acessar-se a ajuda de cada comando (para visualizar a gravação de cada filme) clica-se sobre o botão do comando e depois pressiona-se a tecla <F1>.

1.8.7 Manual *online* do mCalc

Além do manual impresso do **mCalc**, que acompanha o pacote do programa, disponibiliza-se o manual *online*, que é um grande arquivo em formato *.PDF* com o mesmo conteúdo do manual.

Para consultar esse manual deve-se ter instalado o programa *Acrobat Reader*. Esse programa, de distribuição gratuita, acompanha a instalação do **mCalc**.

Para instalá-lo deve-se copiar o conteúdo do sub-diretório *Manual* que está no CD de instalação do **mCalc**.

Uma vez carregado o *Acrobat Reader*, basta abrir os diversos capítulos do manual para visualizá-lo ou imprimi-lo.



1.9. ELEMENTOS IMPLEMENTADOS NO mCalc

O mCalc possui, na versão 3.0, os seguintes elementos implementados:

- **Treliça Plana:** 2 graus de liberdade por nó (translações nas direções horizontal e vertical).

Os elementos de Treliça podem ser combinados (usados simultaneamente) com elementos de Pórtico e de Terça. Conceitualmente as Treliças só podem ser carregadas com ações nodais, mas o mCalc aceita que se declare ações distribuídas nas barras, que serão, automaticamente, concentradas nos nós.

Emprego: as treliças têm múltiplos usos como:

- “Vigas” de coberturas, tais como tesouras, arcos, vigas treliçadas.
- Pilares treliçados.
- *Pipe-racks*, torres para *Pipe-Racks* e Transportadores de Correia.
- Sistemas de contraventamentos de prédios industriais ou não.

- **Pórtico Plano:** 3 graus de liberdade por nó (translações nas direções horizontal e vertical e giro em torno do eixo Z).

Os elementos de Pórticos podem ser combinados com os elementos de Treliça, Terça e Pilar de Concreto Armado.

Emprego: os pórticos podem ser usados como:

- Pórticos para prédios industriais, comerciais etc.
- Pórticos para estruturar prédios com múltiplos pavimentos.

- **Terça:** é um elemento derivado do elemento de Pórtico e, portanto, com as mesmas características.

Os elementos de Terças podem ser combinados com elementos de Treliça, Pórtico e Pilar de Concreto Armado.

Emprego: os elementos de terças podem ser usados como

- terças para cobertura e para fechamentos laterais
- longarinas para fechamento/tapamento

- **Grelha:** 3 graus de liberdade por nó (uma translação vertical, um giro em torno do seu próprio eixo (torção) e um giro em torno de um eixo perpendicular ao eixo do elemento (flexão)).

Os elementos de Grelha só poderão ser combinados com elementos de Viga Mista.

Emprego: os elementos de grelhas podem ser usados como

- vigas para entrepisos, pavimentos, mezaninos, plataformas
- vigas para painéis

- **Viga Mista:** este elemento possui as mesmas características do elemento de Grelha, porém, só poderá ser dimensionado pelo módulo de viga mista, através da integração com o programa mCalc AC.

- **Pilar de Concreto Armado:** este elemento possui as mesmas características do elemento de Pórtico, porém, suas características só poderão ser editadas no pré-



dimensionamento. No módulo **Dimensionamento** este tipo de elemento estará desabilitado, apenas serão consideradas suas propriedades na análise da estrutura.



CAPÍTULO 2.



ASSISTENTE DE PROJETOS



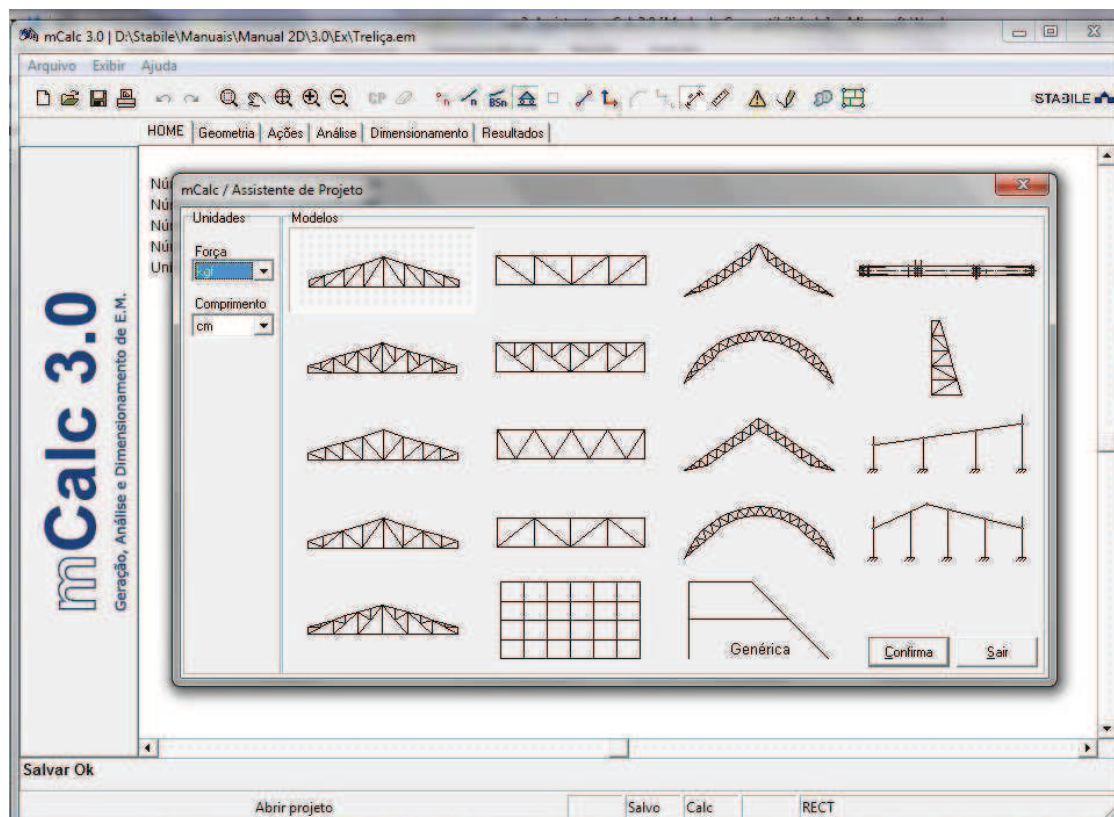
CAPÍTULO 2. – ASSISTENTE DE PROJETOS

Com o objetivo de facilitar o uso do programa **mCalc**, sobretudo em treliças desenvolveu-se um módulo chamado Assistente de Projetos que orienta a Geração Automática de Dados.

Nesse módulo estão incluídas as gerações de geometria (barras, propriedades e vinculação) e de ações que carregam as estruturas mais usadas.

O módulo **Assistente de Projetos** será carregado automaticamente toda a vez que se começar um novo trabalho.

Logo após a informação do nome do arquivo (caso de um novo modelo) surgirá uma tela como a que se reproduz abaixo, que apresenta as possibilidades de tipos de estruturas a serem geradas:



O assistente de projeto também poderá ser chamado a partir do módulo GEOMETRIA no menu *Modifica*, clicando em *Geração Automática*.



2.1 GERANDO TESOURAS

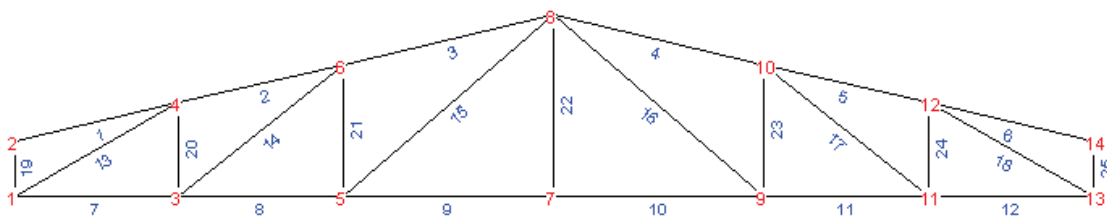
Tem-se alguns pontos comuns na geração automática dessas tesouras:

Os dados geométricos deverão ser informados em **metros** e os dados de ações na unidade de força escolhida na **Configuração**.

A geometria, ações e propriedades geradas terão unidades compatíveis com as escolhidas na configuração.

Os nós serão numerados da esquerda para a direita, ficando os nós pares no Banzo Superior e os ímpares no Banzo Inferior.

As barras serão numeradas da esquerda para a direita, seguindo a seguinte ordem:



1º Banzo Superior

2º Banzo Inferior

3º Diagonais

4º Montantes

O primeiro e último nós do banzo inferior serão considerados nós de apoio. Caso esta situação não se verifique em algum modelo de treliça, posteriormente deverá ser corrigido na **Geometria**.

As ações devidas ao vento serão geradas, conforme a NBR 6123:1987, considerando-se duas direções preferenciais: *Vento Transversal* (perpendicular à cumeeira) e *Vento Longitudinal* (paralelo à cumeeira), respectivamente formando um ângulo de 90° e 0° de acordo com a referida norma.

As ações serão geradas como ações uniformemente distribuídas sobre as barras do Banzo Superior.

Serão gerados 6 ou 7 estados de carga sendo:

- **Estado 1:** *Ação Permanente* (peso próprio + telhas + ...)
- **Estado 2:** *Sobrecarga*
- **Estado 3:** *Vento Transversal Esquerdo*
- **Estado 4:** *Vento Transversal Direito*
- **Estado 5:** *Vento Longitudinal*
- **Estado 6:** *Pressão Interna para Vento Transversal*
- **Estado 7:** *Pressão Interna para Vento Longitudinal*



Uma vez confirmado o tipo de treliça que se quer surgirá uma *janela de diálogo* para informação de dados geométricos:

Gerar Tesoura

H MAX
H MIN
VÃO
INTER-TERÇAS

Vão Teórico: m Inter-Terças: m
Altura Máxima: m Inter-Tesouras: m
Altura Mínima: m Pé Direito: m
Comprimento do prédio: m

Comprimento do prédio

Menu Avançar > Cancela

Dados informados:

Para a geração de geometria:

- Vão Teórico distância entre os eixos dos apoios
- Altura Máxima tamanho do montante central
- Altura Mínima tamanho do montante de apoio
- Inter-terças distância entre terças (medida no B.Sup.)
- Inter-tesouras distância entre 2 tesouras vizinhas
- Pé-direito do prédio (para determinação dos coeficientes aerodinâmicos)
- Comprimento do Prédio..... para determinação dos coeficientes aerodinâmicos

Os dados acima deverão se informados em *metros* e as coordenadas serão geradas na unidade escolhida na **Configuração**.

Uma vez que os dados sejam confirmados avança-se para a *janela de diálogo* de informação de ações:



Geração de Cargas Distribuídas

Ação Permanente: kgf/m² Cpi para VT: CeVT barl 1:

Sobrecarga: kgf/m² Cpi para VL: CeVT sot 2:

Pressão Dinâmica: kgf/m² Coef. Ext. para VL:

Coeficiente de forma externo, no telhado, para vento longitudinal

Ação Permanente peso próprio da estrutura, das telhas, do forro

Sobrecarga de utilização do telhado (*conforme NBR8800* $\geq 25 \text{ kgf/m}^2$)

Pressão Dinâmica pressão dinâmica do vento ao longe

C_{pi} para VT coeficiente de pressão interna para Vento Transversal

C_{pi} para VL coeficiente de pressão interna para Vento Longitudinal

Ce para VL coeficiente de forma externo para Vento Longitudinal

Ce para VT - Barlaventocoeficiente de forma externo para Vento Transversal

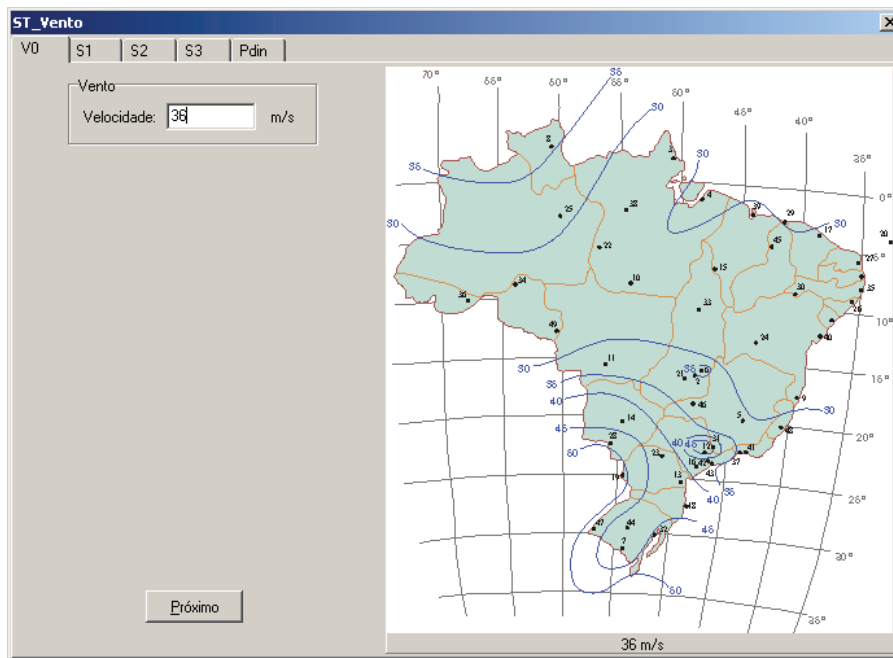
Ce para VT - Sotavento coeficiente de forma externo para Vento Transversal

Os valores dos 3 primeiros itens deverão ser fornecidos em kgf/m^2 . O programa gerará cargas uniformes, linearizadas sobre as barras do Banzo Superior, na unidade escolhida na **Configuração**.

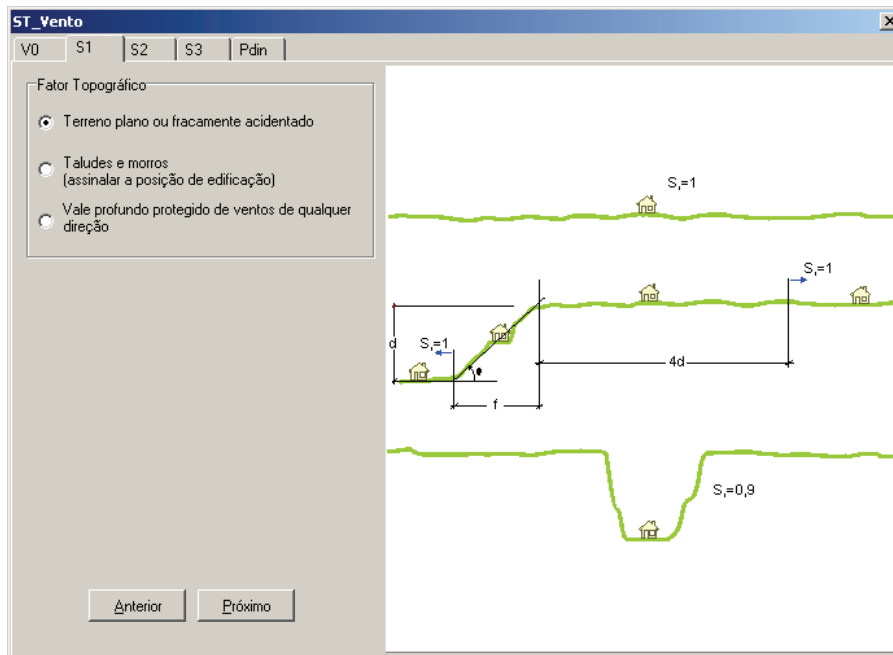
No caso da Pressão Dinâmica é possível determiná-la automaticamente, bastando clicar-se sobre o botão *<Determinar>* e seguir os passos que se apresenta a seguir:

1. No gráfico das isopletras clica-se sobre o local onde será edificada a estrutura





2. Avança-se declarando-se o tipo de topografia do terreno



3. Declaram-se a rugosidade do terreno, as dimensões da edificação e a altura acima do terreno que se quer determinar o valor de S2

ST_Vento

V0 | S1 | S2 | S3 | Pdin

Rugosidade do Terreno

- Rugosidade I**
Superfícies lisas de grandes, com mais de 5 km de extensão, medidas na direção e sentido do vento incidente.
Exemplos: Mar calmo, lagos e rios, pântanos sem vegetação.
- Rugosidade II**
Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas
Exemplos: Zonas costeiras planas, pântanos com vegetação rala, campos de aviação, pradarias, fazendas sem muros.
- Rugosidade III**
Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
Exemplos: Granjas e casas de campo (exceção das partes com matos); fazendas com sebes e/ou muros; subúrbios a considerá
- Rugosidade IV**
Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco esparsos, em zona florestal, industrial ou urbanizada.
Exemplos: Zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; área
- Rugosidade V**
Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados
Exemplos: Centros de grandes cidades; complexos industriais bem desenvolvidos; florestas com árvores altas de copas isoladas.

Dimensões da Edificação

- Classe A** Toda a edificação na qual a maior dimensão (horiz./vert.) for menor que 20 m. Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem
- Classe B** Toda a edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão (horizontal ou vertical) da superfície frontal esteja entre 20 e 50 metros.
- Classe C** Toda a edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão (horizontal ou vertical) da superfície frontal for maior que 50 metros.

Altura sobre o Terreno
Z = 6.8 m

Próximo

Anterior

4. Declara-se o grupo ao qual a edificação pertence, determinando S3.

ST_Vento

V0 | S1 | S2 | S3 | Pdin

Fator Estatístico S3

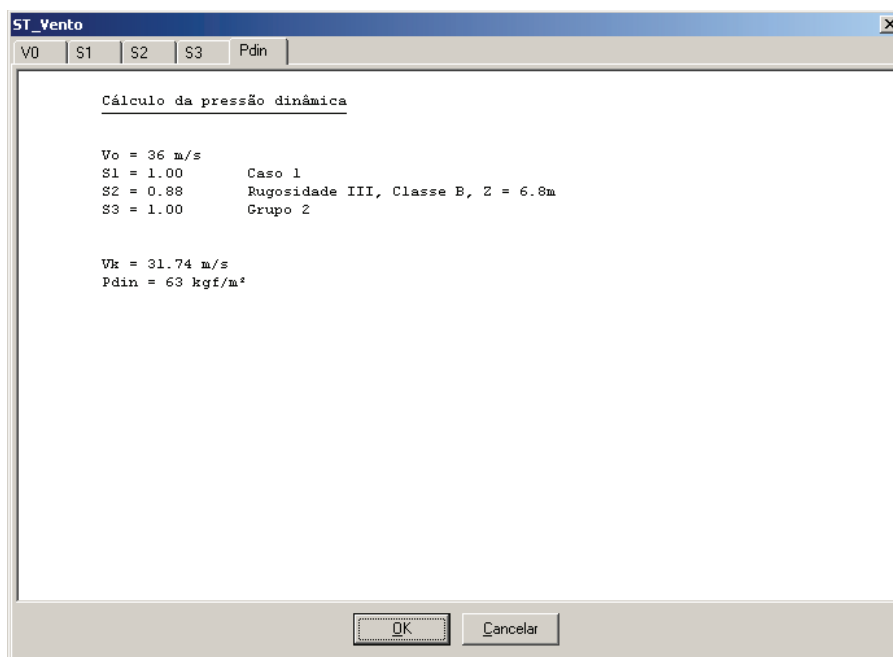
- Grupo 1**
Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou a possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)
- Grupo 2**
Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação
- Grupo 3**
Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais etc.)
- Grupo 4**
Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)
- Grupo 5**
Edificações temporárias. Estruturas dos Grupos 1 a 3 durante a construção

Anterior

Próximo



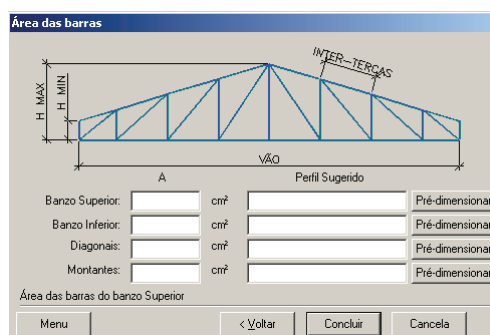
5. Por último, avançando-se, será exibida a Pressão Dinâmica



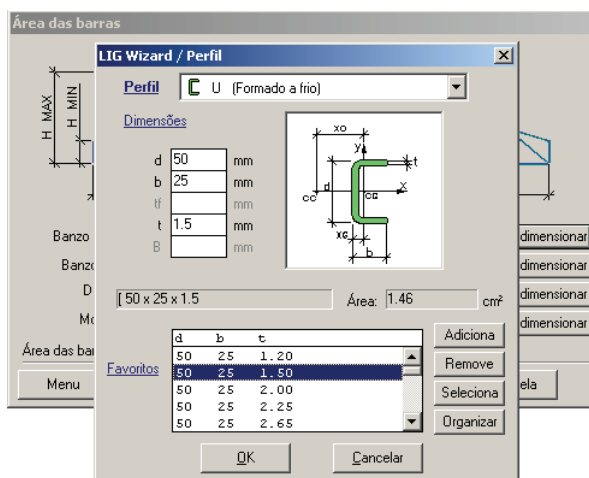
Serão gerados 7 estados de cargas, na seguinte ordem:

- 1º estado: Ação Permanente (Tipo 1)
- 2º estado: Sobrecarga (Tipo 2)
- 3º estado: Vento Transversal Esquerdo (Tipo 3)
- 4º estado: Vento Transversal Direito (Tipo 3)
- 5º estado: Vento Longitudinal (Tipo 3)
- 6º estado: C_{pi} para VT (Tipo 3)
- 7º estado: C_{pi} para VL (Tipo 3)

Uma vez que os dados sejam confirmados avança-se para a *janela de diálogo* de informação das propriedades dos perfis:



Declaram-se as áreas dos grupos de barras, inicializando-se essas variáveis ou pressiona-se o botão < Pré-dimensionar >. Surgirá a *Janela de diálogo* abaixo onde se escolherá o perfil a adotar para o respectivo grupo de barras.



Grupos de barras para inicializar as propriedades:

- Banzo Superior área das barras do B. Superior
- Banzo Inferior área das barras do B. Inferior
- Diagonais área das Diagonais
- Montantes área dos Montantes

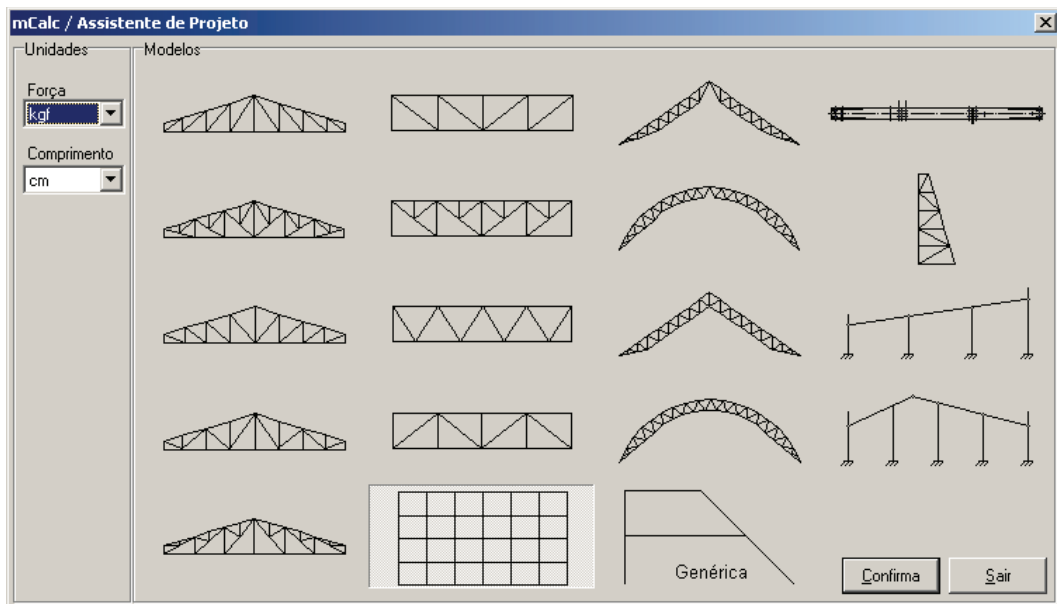
Informar as áreas na unidade escolhida no módulo de **Configuração**.

O programa gerará as propriedades - Áreas e Módulo de Elasticidade das barras na unidade escolhida na **Configuração**.

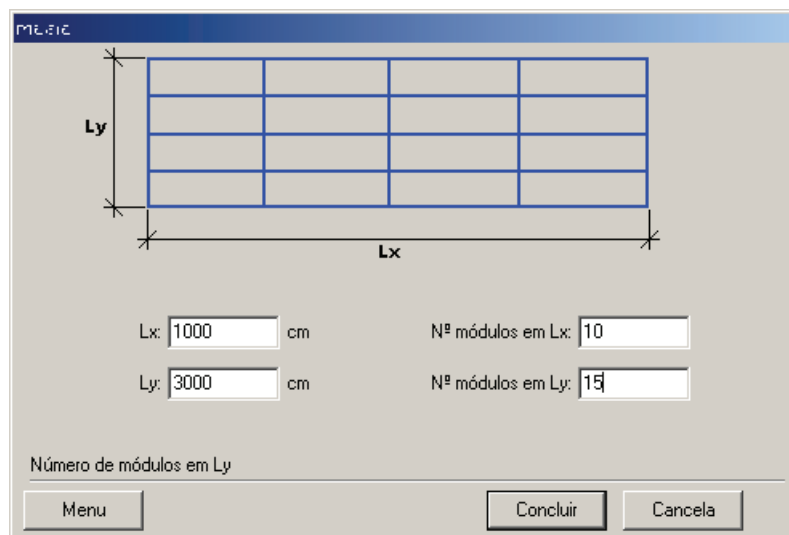
2.2 GERANDO GRELHAS

A geração de estruturas de grelha a partir do Assistente de Projeto se dá através da seleção de uma malha, conforme a figura:





Após selecionar e confirmar, será apresentada uma janela para que sejam preenchidos os dados da geometria desta malha:



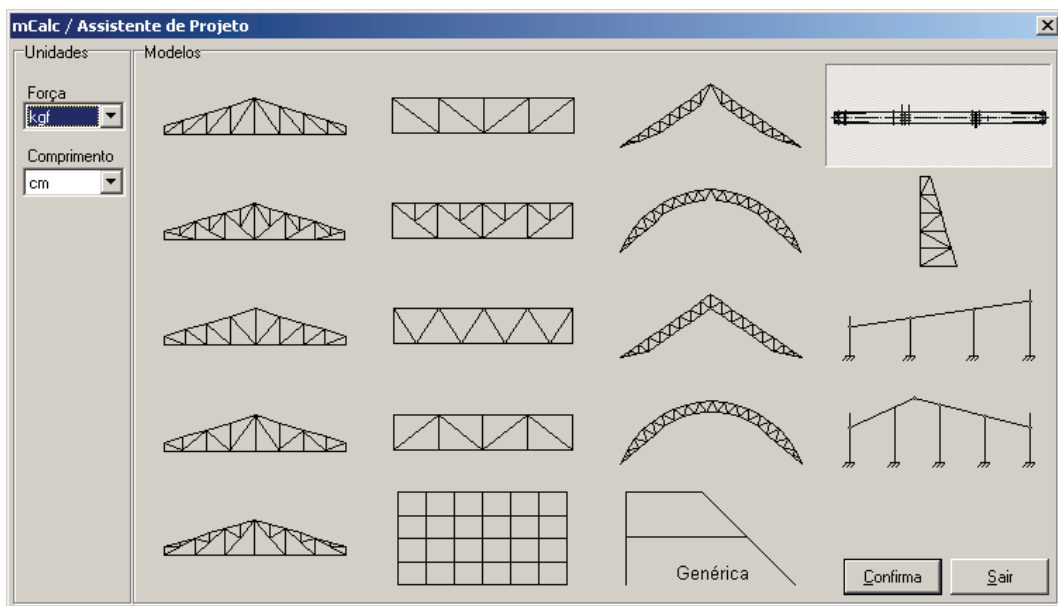
Clicando em CONCLUIR será gerada, já no ambiente HOME do **mCalc**, a malha conforme dados fornecidos.

Também poderão ser geradas malhas através do módulo PAVIMENTO, que será apresentado no item 2.6 deste manual.

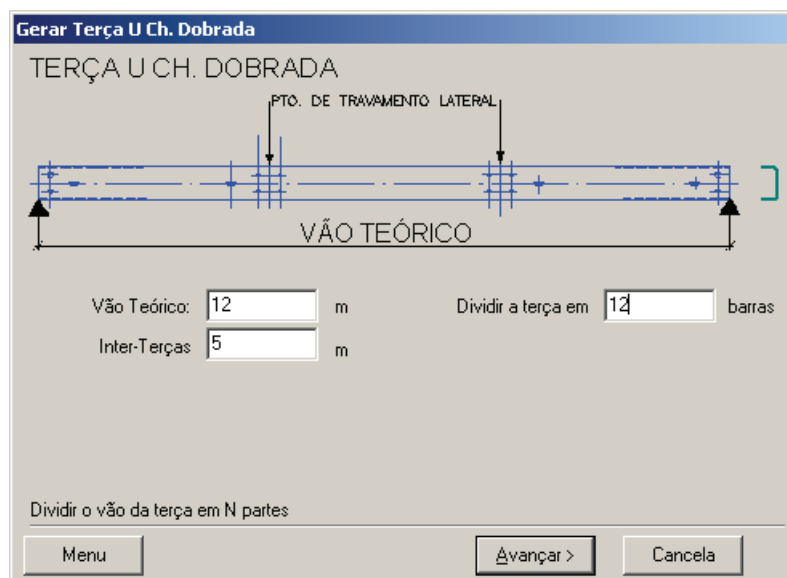


2.3 GERANDO TERÇAS

A geração de terças a partir do Assistente de Projeto se dá através da seleção, conforme a figura:



Confirmando a escolha surgirá a seguinte janela para informar a geometria da terça:



Clicando em AVANÇAR surge a janela de geração de cargas:



Geração de Cargas Distribuídas

TERÇA U CH. DOBRADA

PTO. DE TRAVAMENTO LATERAL

VÃO TEÓRICO

Telha:	<input type="text" value="6"/>	kgf/m ²	Cpi para VT:	<input type="text" value="2"/>
Peso Próprio Terça:	<input type="text" value="8"/>	kgf/m ²	Cpi para VL:	<input type="text" value="4"/>
Sobrecarga:	<input type="text" value="25"/>	kgf/m ²	Coef. Ext. para VT:	<input type="text" value=".3"/>
Pressão Dinâmica:	<input type="text" value="65"/>	kgf/m ²	Coef. Ext. para VL:	<input type="text" value="25"/>

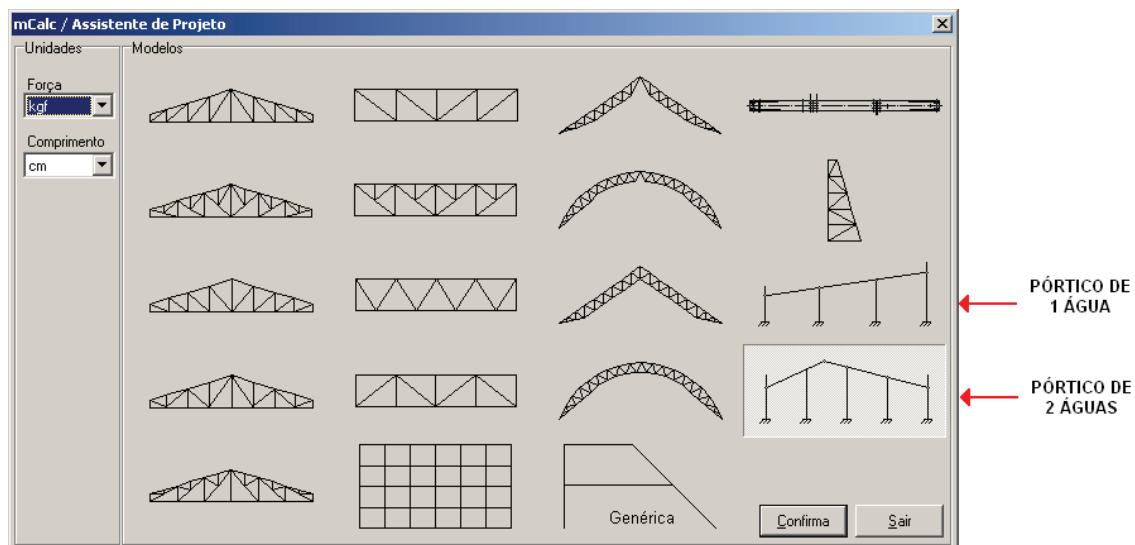
Coeficiente de forma externo, no telhado, para vento longitudinal

A entrada de dados referentes ao carregamento se dá de forma análoga aos informados para a geração de tesouras, porém, os estados referentes à ação permanente deverão ser obtidos pelo peso das telhas e peso próprio da terça.

A pressão dinâmica e os coeficientes de pressão externos e internos são obtidos da mesma forma que foram obtidos na geração de tesouras.

2.4 GERANDO PÓRTICOS

Estão disponíveis pórticos de 1 ou 2 águas no Assistente de Projetos:



Selecionando a opção Pórtico de 2 águas surgirá a seguinte janela para entrada de dados:

The diagram shows a 2-gable frame with a central ridge (Cumeira), four spans (vão 1 to vão 4), and two columns (Pilar esquerdo and Pilar direito). The ridge height is labeled Flecha. The total width is labeled Largura.

Input fields and values:

- Largura: 20 m
- Posição da Cumeira: 10 m
- Altura Pilar Esquerdo: 5 m
- Distância Inter Pórticos: 5 m
- Altura Pilar Direito: 5 m
- Flecha: 1.2 m
- Número de vãos: 4
- Inclinação: 12 %
- Platibanda: 5 m
- Comprimento do Prédio: 60 m

Carregamento:

- Cargas Distribuídas
- Cargas Concentradas

Buttons: Menu, Sair, < Voltar, Avançar >

Deverão ser fornecidos os dados da geometria do pórtico e também deverá ser selecionada a opção do tipo de carga que será declarada mais adiante quando for gerado o carregamento, optar por cargas distribuídas ou concentradas. Clicando em AVANÇAR surgirá a janela:

The diagram shows a frame structure with five columns and a gabled roof.

Pilar	Dist. Próx. (m)	Altura(m)	Ligação	Material	Vínculo
Pilar 1	5	5	Continua	Aço	XYG
Pilar 2	5	5.6	Continua	Aço	XYG
Pilar 3	5	6.2	Continua	Aço	XYG
Pilar 4	5	5.6	Continua	Aço	XYG
Pilar 5	0	5	Continua	Aço	XYG

Additional settings:

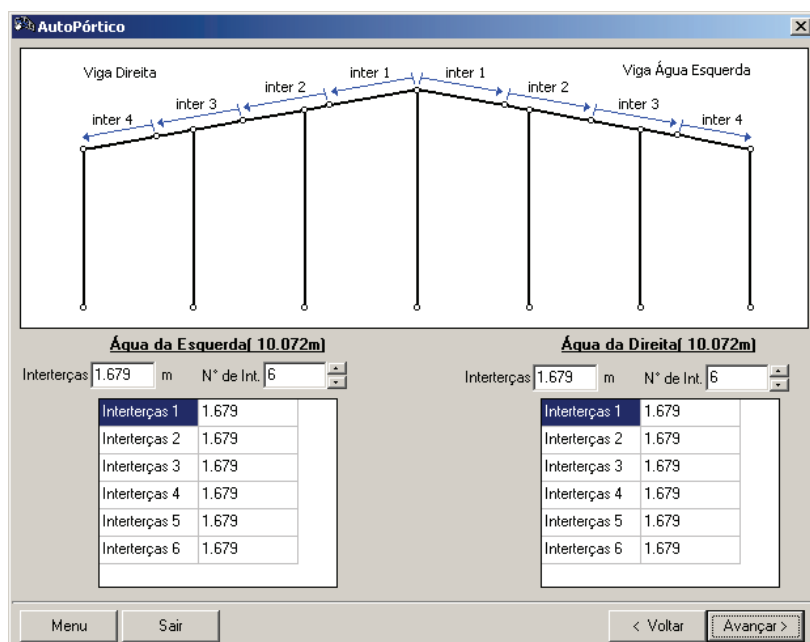
- Lig. Viga-Pilar: Continua
- Material: Aço
- Restrições: X, Y, Giro
- Vín. Elástico: Kx 0 kgf/cm, Ky 0 kgf/cm, Kg 0 kgf*cm/rad

Buttons: Menu, Sair, Auto Deter, Aplicar Todos, < Voltar, Avançar >



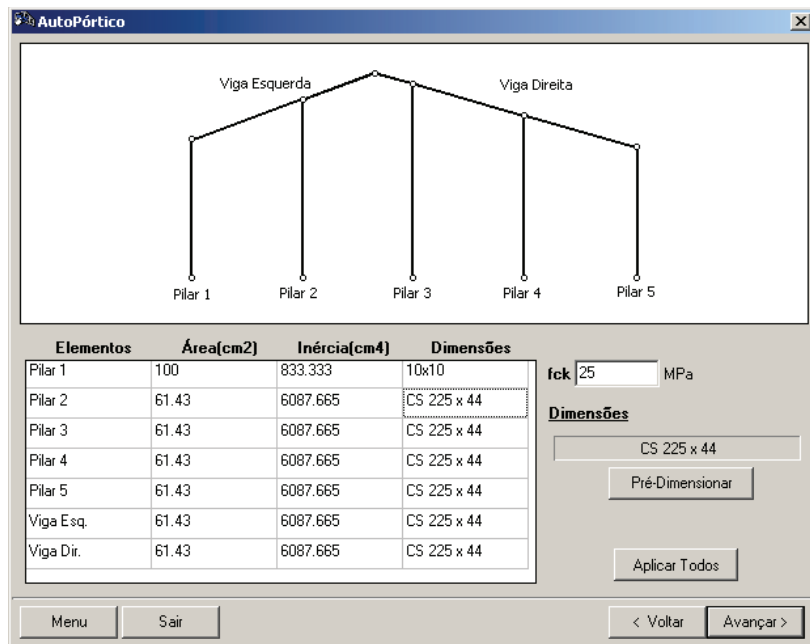
Nesta janela o usuário deverá declarar: o tipo de ligação entre vigas e pilares, contínua ou descontínua; o tipo de material dos pilares, aço ou concreto; a vinculação na base dos pilares e vínculos elásticos (caso existam).

Depois de configurar os pilares do pórtico é necessário que o usuário informe a quantidade de terças em cada água e o gerador Auto Pórtico fornece o comprimento de acordo com o número seleccionado.

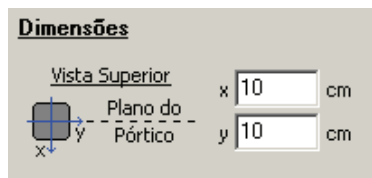


O próximo passo é determinar as propriedades de cada elemento:

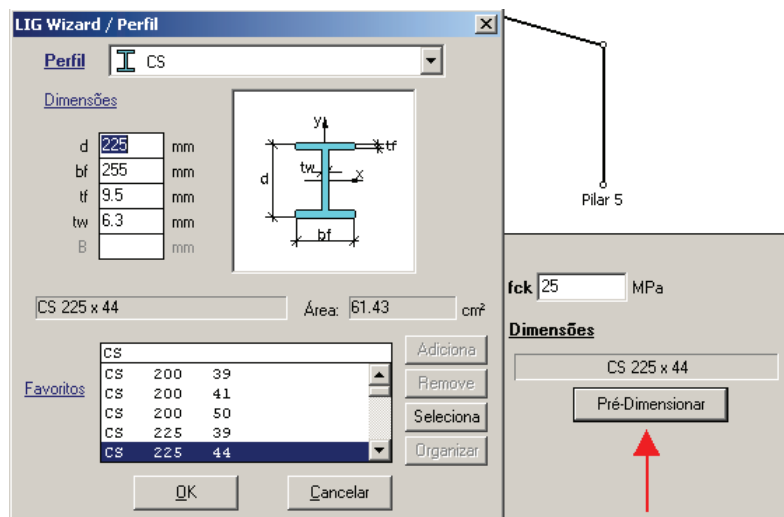




Para os pilares de concreto deverá ser declarada a resistência característica (f_{ck}) e as dimensões da seção, conforme figura a seguir:



Para os pilares de aço as dimensões serão obtidas através do botão Pré-Dimensionar:



Concluindo a entrada de dados é necessário informar os carregamentos. Caso o usuário tenha declarado CARGAS DISTRIBUÍDAS surgirá a seguinte janela:

The screenshot shows the 'AutoPórtico' software interface. At the top, a diagram of a trapezoidal portal frame is displayed with four nodes labeled 1, 2, 3, and 4. Node 1 is at the left peak, node 2 is at the right peak, node 3 is at the left column base, and node 4 is at the right column base. Below the diagram is a data entry table with the following fields:

	Vento Transversal Esquerdo	Vento Transversal Direito
Peso Próprio	CeVT barl 1	CeVT barl 1
Ação Permanente	CeVT sot 2	CeVT sot 2
Sobrecarga	CeVT barl 3	Cpi para VT
Pressão Dinâmica	CeVT sot 4	Cpi para VL
		Coef. Ext. para VL

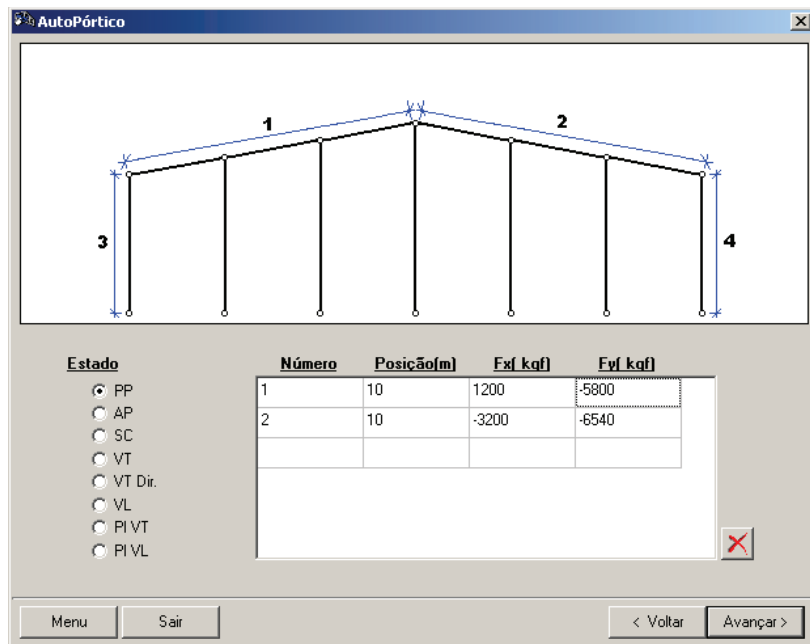
Values entered in the fields: 8, 12, 25, 82, 0.9, 0.4, -0.7, 0.5, 0.4, 0.9, 0.25, 0.3, 0.8. A checkbox for 'Distribuição Trapezoidal (pilares externos)' is checked. Buttons for 'Determinar', 'Menu', 'Sair', '< Voltar', and 'Avançar >' are also visible.

Deverão ser informadas as ações referentes ao peso próprio, ação permanente, sobrecarga e pressão dinâmica (determinada a partir do ST_vento). Os coeficientes de vento transversal serão determinados a partir dos dados geométricos informados. Os coeficientes de pressão interna deverão ser informados pelo usuário de acordo com as recomendações da NBR 6123:1987.

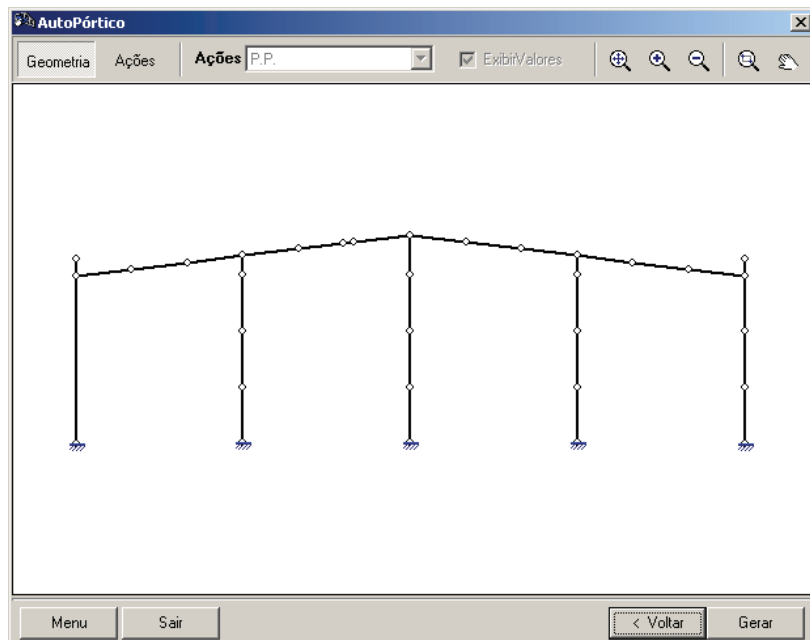
Caso o usuário tenha declarado CARGAS CONCENTRADAS surgirá uma janela para que sejam inseridas cargas concentradas em oito estados de carga: peso próprio (PP), ação permanente (AP), sobrecarga (SC), vento transversal esquerdo (VT), vento transversal direito (VT Dir), vento longitudinal (VL), pressão interna para vento transversal (PI VT) e pressão interna para vento longitudinal (PI VL).

Para cada um destes estados deverão ser fornecidos o valor da carga concentrada e a respectiva posição. A esta distância será criado sob o pórtico um nó para que a carga possa ser concentrada.





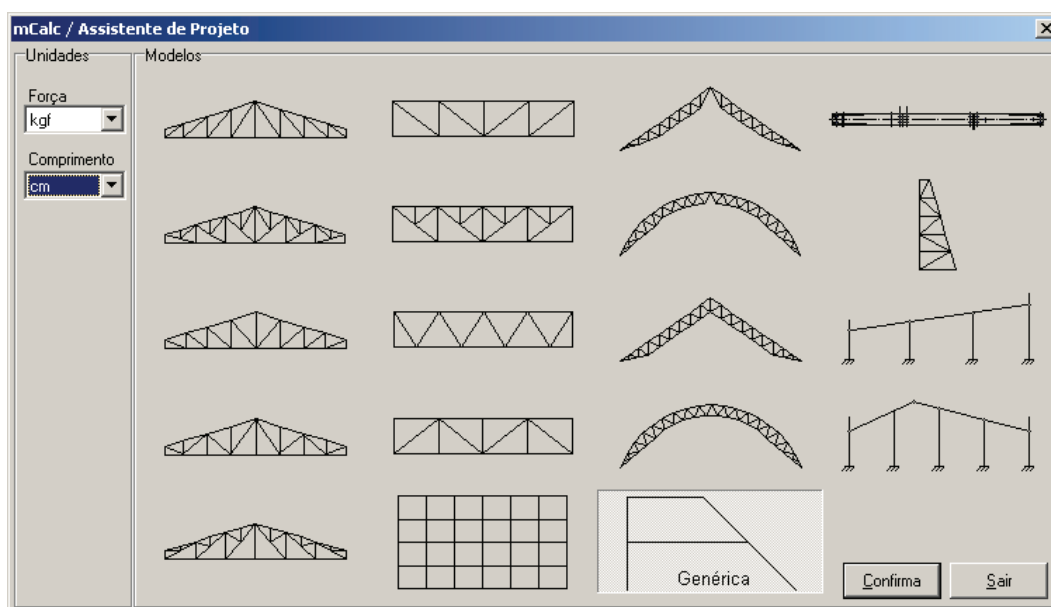
Concluindo a geração do pórtico abrirá a janela para vislumbrar a geometria e as ações:



E para levar o modelo para o ambiente do ambiente HOME do **Calc** deve-se clicar no botão GERAR.


2.5 GERANDO ESTRUTURAS GENÉRICAS

Caso o usuário não queira usar nenhuma das estruturas do assistente de projeto tem-se a possibilidade de selecionar estruturas genéricas. Deverão ser informadas as unidades e a opção GENÉRICA, conforme a figura:



Clicando em CONFIRMA será direcionado ao módulo HOME do **mCalc**.

Já no módulo GEOMETRIA o usuário poderá criar a estrutura que deseja trabalhar através de ferramentas como criar barras e outras de uso similar aos de programa CAD. Também poderá importar arquivos DXF. É importante salientar que a estrutura salva em DXF deverá estar na mesma unidade de comprimento que o usuário selecionou quando optou por estrutura GENÉRICA no Assistente de Projeto.

Para trabalhar com o módulo de pavimentos do **mCalc** também deverá ser selecionada estrutura GENÉRICA no Assistente de Projeto e depois no módulo GEOMETRIA seleciona-se o ícone Chamar Pavimento .

2.6 GERANDO PAVIMENTOS

O módulo de pavimentos do **mCalc** tem função de pré processador para Pavimento Metálicos.

Com ele se poderá criar um modelo de pavimento, a partir da planta baixa do projeto arquitetônico, ou a partir da geração de uma malha de eixos.

O funcionamento desse módulo é simples, e pode ser resumido da seguinte forma:



Operação

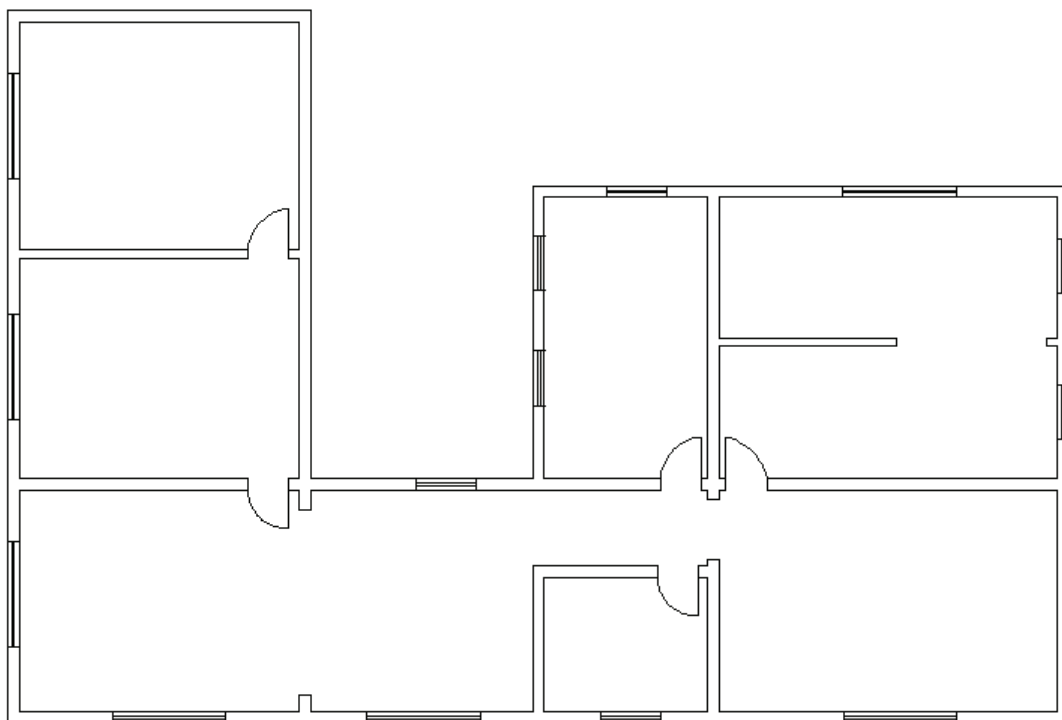
1. Geram-se eixos de referência sob as paredes de um projeto arquitetônico, ou geram-se uma malha de eixos.
2. Criam-se vigas nos eixos de referência
3. Criam-se “lajes” nas regiões formadas entre as vigas.
4. Declaram-se as ações distribuídas nas “lajes”
5. Criam-se paredes associadas às vigas.
6. Declaram-se as ações das paredes.
7. Declaram-se pilares (apoios) das vigas

Objetivo

O módulo de pavimento gerará uma grelha com geometria, propriedades, vinculação e carregamento, deixando-a pronta para ser analisada e dimensionada pelo **mCalc**.

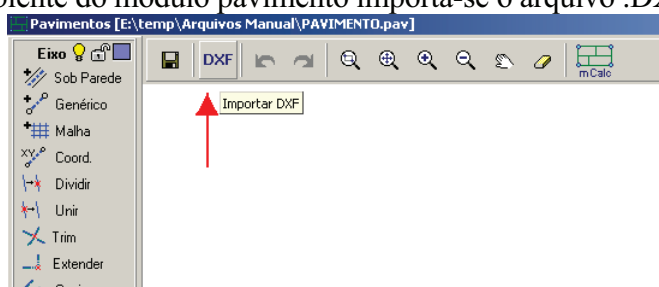
2.6.1 A PARTIR DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Seja a planta baixa de um pavimento como a que se apresenta abaixo:



Cria-se o arquivo **.DXF** dentro do programa *CAD*, tomando-se cuidado, ao se criar o desenho, de tê-lo gerado na mesma unidade de comprimento que se vai usar no **mCalc**. Carrega-se o **mCalc** declarando-se o nome do arquivo e as unidades que serão adotadas no cálculo.

Ao aparecer o ambiente do módulo pavimento importa-se o arquivo **.DXF** criado.

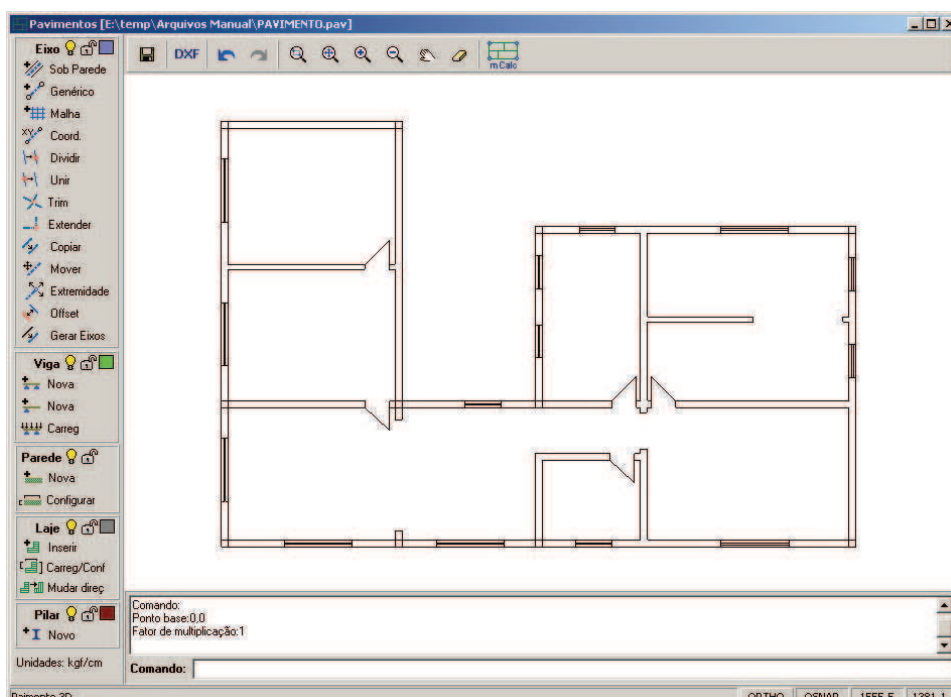


Na barra de comandos o programa pedirá o ponto base para inserção do desenho:

Ponto base:

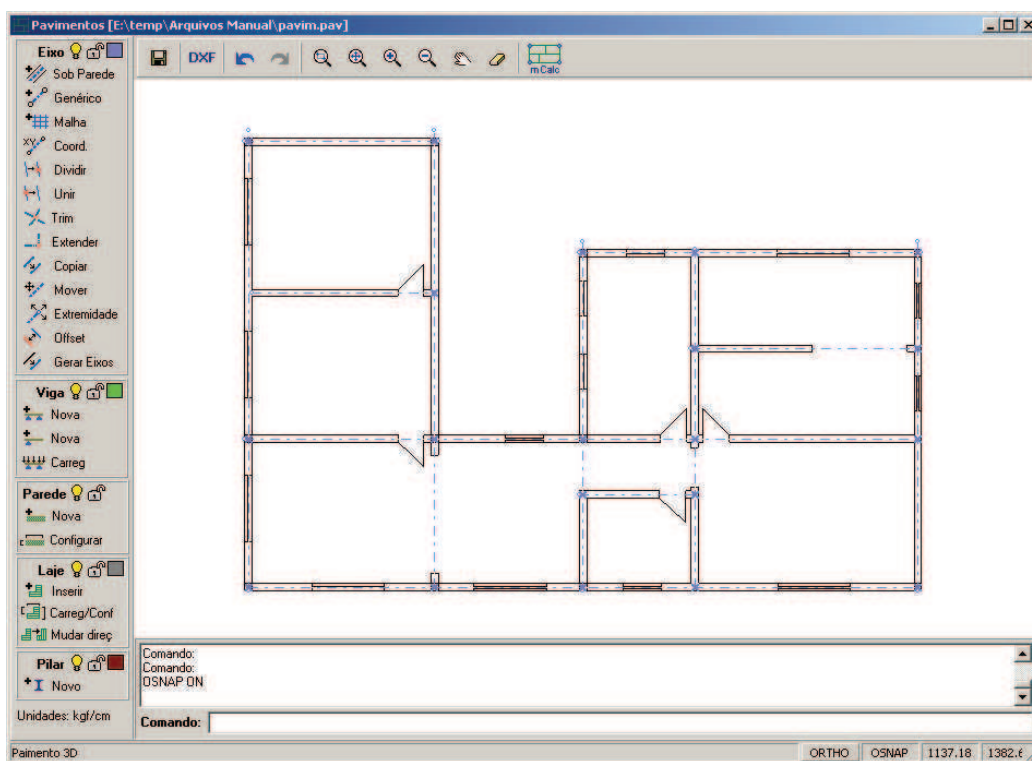
Também será necessário informar o fator de multiplicação, ou seja, caso a estrutura tenha sido gerada em unidade de comprimento diferente da unidade informada no ambiente do **mCalc** então ela poderá ser usada com a finalidade de compatibilizar esta grandeza. Caso contrário, se as unidades já forem compatíveis, declara-se fator igual a um:

Fator de multiplicação:



2.6.1.1 Criando-se eixos

Clica-se sobre as linhas que representam as paredes para criarem-se os eixos.



Tem-se duas possibilidades de se criar eixos:

- **No eixo da parede**

Clica-se numa “face” da parede e na outra “face”. O eixo interpretará que o eixo de referência será no eixo da parede.

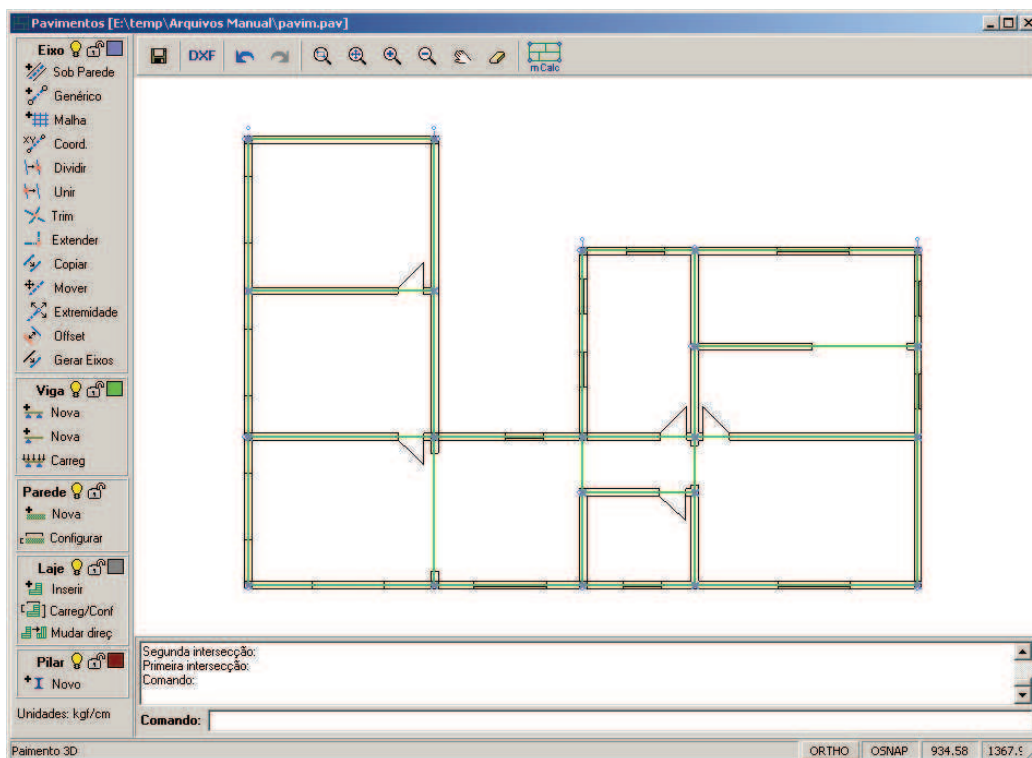
- **Na face da parede**

Clica-se duas vezes numa mesma “face” da parede, em pontos afastados entre si.


2.6.1.2 Criando-se Vigas

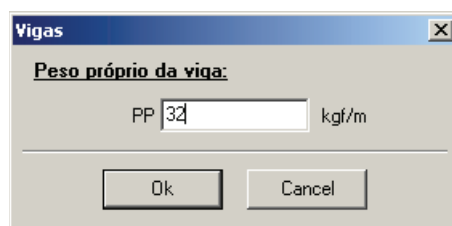
Para se criar vigas basta clicar próximo de duas intersecções de eixos colineares. Ao se clicar próximo da primeira intersecção ela trocará de cor, ficando vermelha.







Após criadas as vigas tem a opção de carregá-las com o peso próprio.

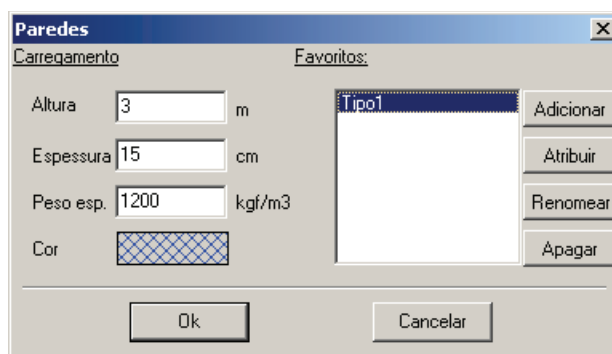
Clicando sob o botão  Carreg e selecionando as vigas a serem carregadas surgirá a janela com o campo a ser preenchido:



2.6.1.3 Criando-se Paredes

Para declarar paredes basta clicar em  Nova e selecionar as vigas que terão paredes. Após criar as paredes, estas deverão ser configuradas clicando em  Configurar e selecionam-se as paredes, então surgirá a janela para que sejam declaradas a altura, espessura e peso específico da parede:






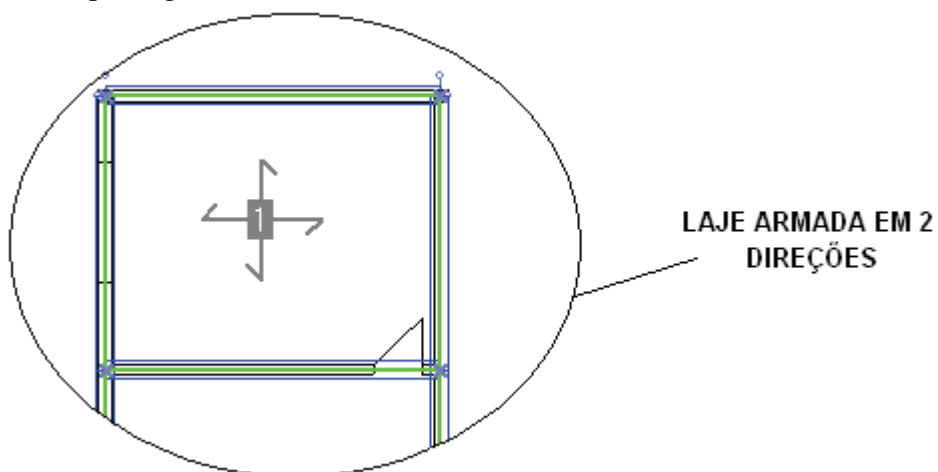
2.6.1.4 Criando-se Lajes


Toma-se o termo “lajes” como genérico, já que representa a estrutura de piso que se vai aplicar no pavimento.

Esse piso poderá ser:

- Laje de concreto armado maciça, armada em uma ou duas direções
- Laje de concreto pré-moldado, armada em uma direção
- Laje de concreto armado com formas metálicas incorporadas
- Piso metálico: chapa xadrez, chapa expandida ou piso grelhado (que será armado numa direção).
- Painel Wall ou assoalho de madeira (armado numa direção).

Para se declarar lajes basta acionar o botão *Inserir*  Inserir e clicar-se sobre as regiões encerradas por vigas.



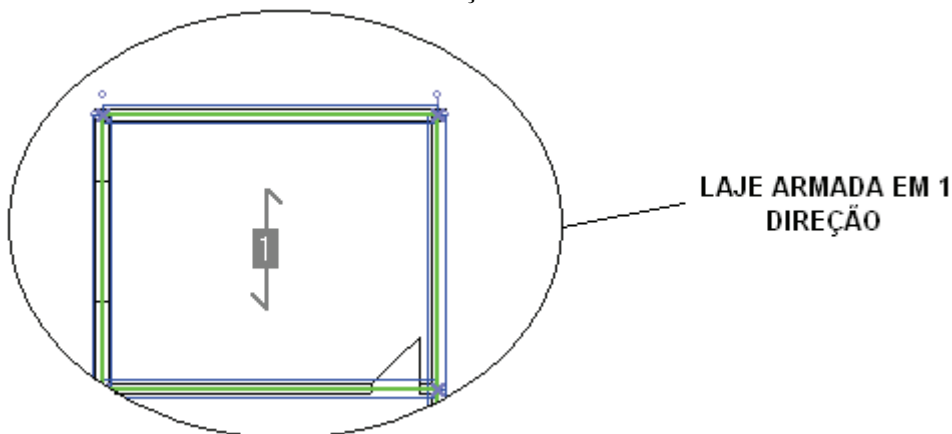
Depois de criar as lajes, deve-se declarar seu carregamento, acionando-se o botão *Carreg/Conf*  Carreg/Conf .

Laje/Carregamento

Dados gerais:		Armar em:	
Espessura	15 cm	<input type="radio"/> 1 Direção	<input checked="" type="radio"/> 2 Direções
Ações:		Peso Específico:	
PP Laje	300 kgf/m ²	<input type="radio"/> Moldada "In Loco"	4300 kgf/m ²
Revest sup	80 kgf/m ²	<input type="radio"/> Steel Deck	2000 kgf/m ²
Revest inf	40 kgf/m ²	<input type="radio"/> Pré Moldada	0 kgf/m ²
Sobrecarga	250 kgf/m ²	<input checked="" type="radio"/> Piso Genérico	2000 kgf/m ²
Extra	15 kgf/m ²		


OK Cancel

Caso opte-se por armar a laje em uma só direção o usuário poderá selecionar a orientação da armadura clicando em *Mudar direç*  Mudar direç.




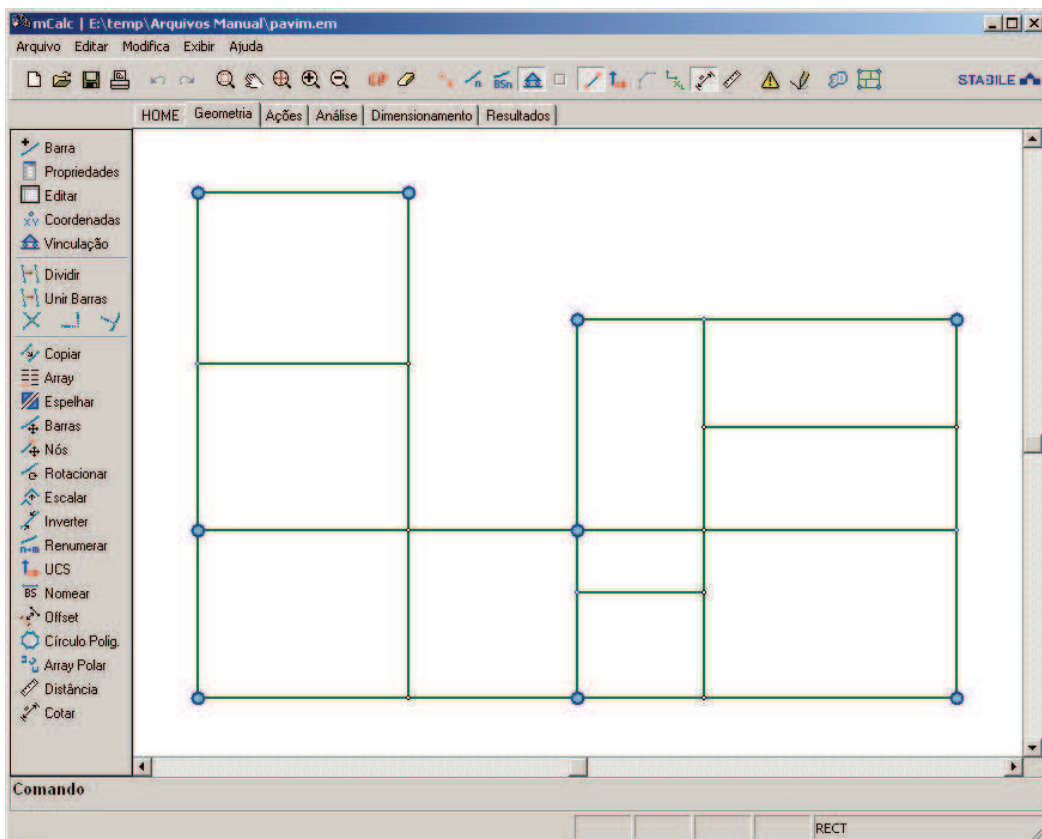
Na barra de comandos o programa solicitará que seja selecionada a laje cuja direção será alterada. Depois deverá ser informada uma viga de referência para a direção a ser armada a laje.

2.6.1.5 Declarando Pilares

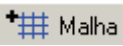
Para declarar os pilares deve-se clicar no ícone  Novo e selecionar os pontos onde terão a vinculação.

2.6.1.6 Gerando-se o Modelo

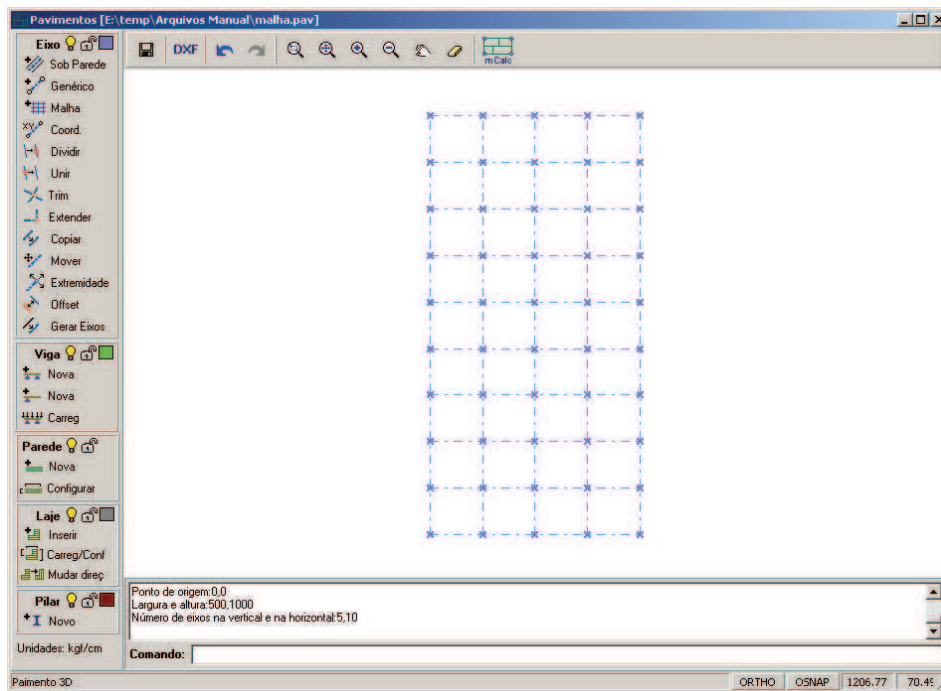
O último passo será gerar o modelo para o **mCalc**. Para isso, basta clicar no botão . Então, a partir deste momento, trabalhar-se-á no ambiente do **mCalc**.



2.6.2 CRIANDO UMA MALHA DE EIXOS

Acionando-se o botão  Malha será solicitado que se informe o ponto de origem na barra de comandos. Posteriormente, deverão ser informadas a largura e altura da malha, o número de eixos na direção vertical e horizontal.





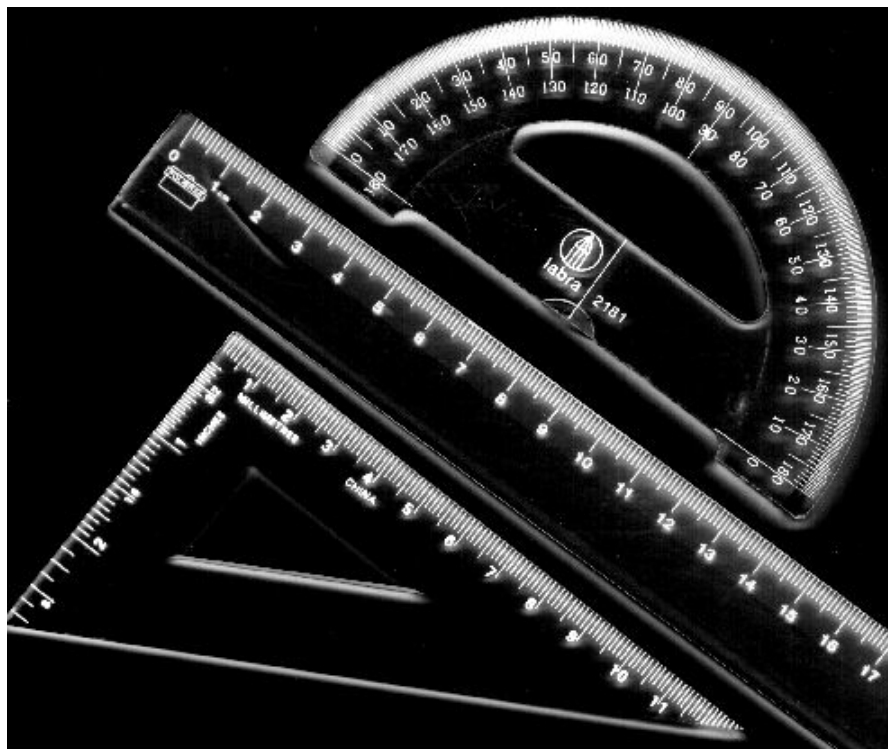
Para gerar-se um modelo de Pavimento bastará, a partir de agora, repetirem-se os passos dos itens 2.6.1.2 até 2.6.1.6 apresentados acima.

Os mesmos podem ser aplicados caso se queira criar eixos de referência *Genéricos*. Nesse caso clica-se sobre o botão *Eixo Genérico* e desenha-se normalmente com o auxílio do *mouse* usando-se as ferramentas de desenho e coordenadas do **Calc** já descritas no **Capítulo 1**.

CAPÍTULO 3.



MÓDULO DA GEOMETRIA



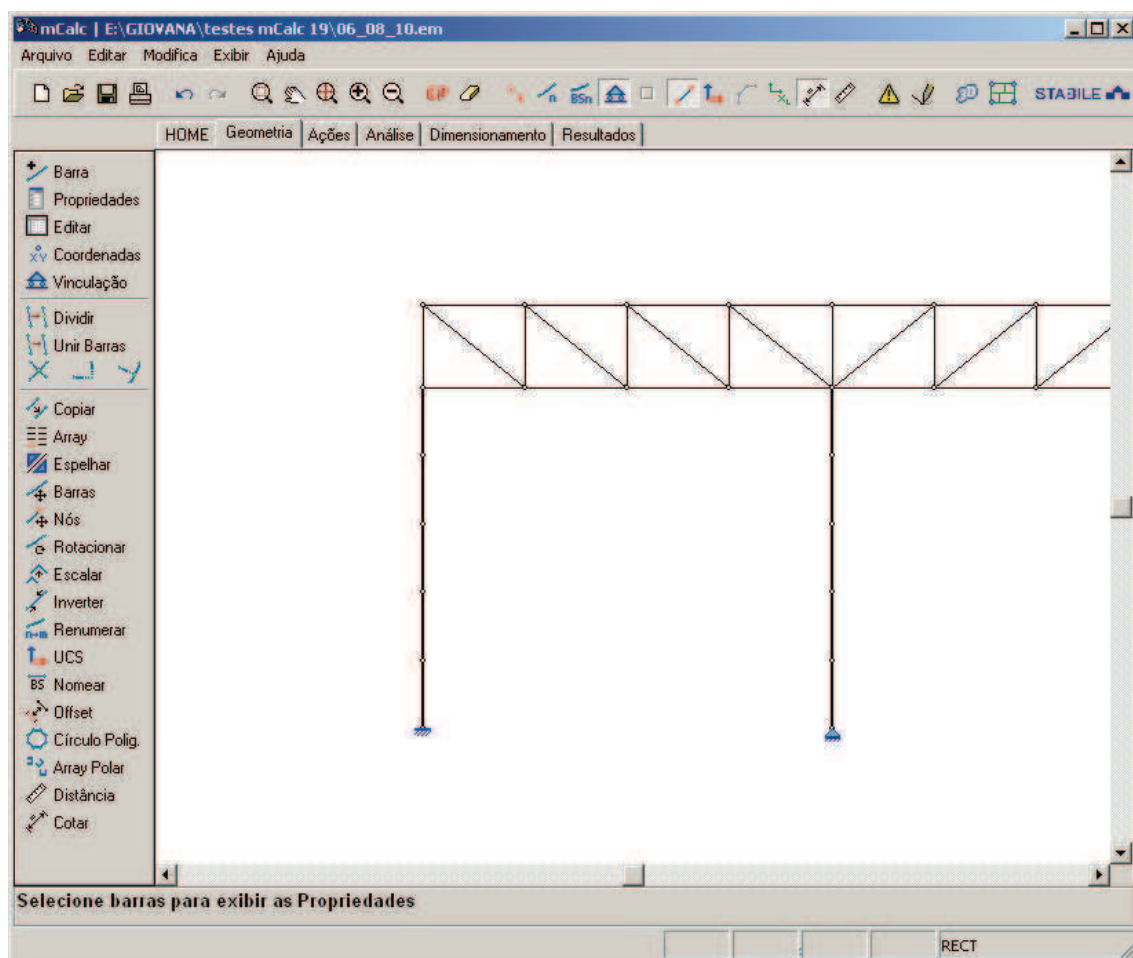
CAPÍTULO 3. MÓDULO DA GEOMETRIA

3.1. Introdução

O módulo **Geometria** é utilizado para desenhar a estrutura, ou editar algum dado, ou manipular com a estrutura.

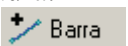
Para acessar-se esse módulo clicar-se sobre o *label* **Geometria** com o botão esquerdo do *mouse*, sendo exibidos os recursos/comandos desse módulo.

Explora-se, a seguir, cada um desses comandos:



3.2. Comando BARRA

Para introduzir barras na estrutura.

Após clicar-se sobre o botão  Barra seleciona-se o ponto inicial e o ponto final da barra.

A informação pode ser via clique do *mouse* ou por coordenadas cartesianas globais ou relativas ao último ponto, ou por coordenadas polares, globais ou relativas ao último ponto.

3.3. Comando PROPRIEDADES

Será utilizado para fornecer as propriedades uma barra ou um conjunto de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão .

No *prompt* do programa será exibida uma solicitação:

“Selecione barras para exibir as Propriedades”

Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem editadas as propriedades com o botão esquerdo do *mouse*.

Todas as barras selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá a janela com as propriedades da barra que podem ser inseridas ou alteradas, conforme a figura:

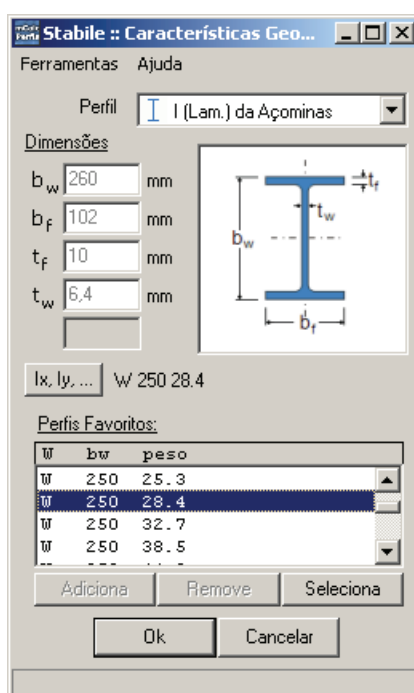


Esse comando ficará ativo até seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.



Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo fornecer as propriedades. Tem-se duas opções para a declaração de propriedades:

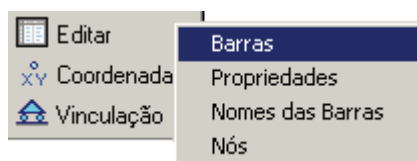
- digitando-se o valor no *edit-box* correspondente ou
- pré-dimensionar a barra. Nesse caso abre-se a janela de escolha de perfil abaixo.



3.4. Comando EDITAR

O sistema **mCalc** publica, em forma de planilha, permitindo edição de:

- *Barras*: as conectividades das barras e o tipo de cada barra (pórtico, treliça, terça, pilar de concreto armado, grelha ou viga mista). Podem-se alterar as conectividades das barras editando os novos dados.
- *Propriedades*: as propriedades das barras.
- *Nome das Barras*: o nome para identificação das barras, além do seu número.
- *Nós*: as coordenadas nodais.



Barra	Pi	Pf	Tipo
1	2	4	Pórtico
2	4	6	Treliça
3	1	3	Treliça
4	3	5	Treliça
5	2	3	Treliça
6	4	5	Treliça
7	1	2	Treliça
8	3	4	Treliça
9	5	6	Treliça

Aplicar Cancelar

Dentro da planilha o **mCalc** oferece, também, alguns recursos de visualização que são dados por:

<F4> Localizar <F5> Salientar <F7> Selecionar

onde:


<F4> **Localizar** : clicando-se com o *mouse* numa célula de uma determinada barra, pressionando-se <F4> a barra será salientada com uma linha colorida espessa e colocada em evidência.

<F5> **Salientar** : clicando-se com o *mouse* numa célula de uma determinada barra, pressionando-se <F6> a barra será salientada com uma linha colorida espessa.

<F7> **Selecionar** : clicando-se com o *mouse* numa célula de uma determinada barra, pressionando-se <F7> a barra será salientada com uma linha colorida espessa ou, simplesmente, selecionada (ficando vermelha pontilhada).

3.5. Comando COORDENADAS

Será utilizado para informação ou edição da(s) coordenada(s) de algum nó já existente.

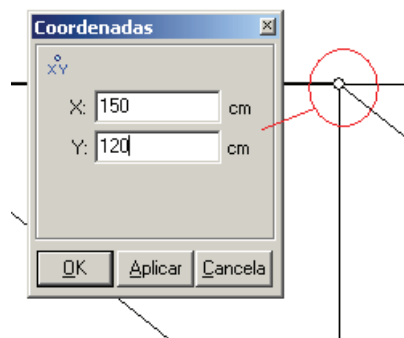
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Coordenadas  com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma solicitação: “**Selecione nós para Editar**”

Seleciona(m)-se o(s) nó(s) a serem alterados ou verificados com o botão esquerdo do *mouse*. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados com um círculo maior. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá a janela com as coordenadas dos nós que podem ser inseridas ou alteradas, conforme a figura a seguir:






Esse comando ficará ativo até que o botão direito do mouse seja pressionado ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo fornecer as coordenadas dos nós.

3.6. Comando VINCULAÇÃO

As direções restringidas dos nós vinculados – vinculação – serão declaradas no sistema global de coordenadas da estrutura.

Será utilizado para a colocação do(s) vínculo(s) da estrutura já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Vinculação  com o botão esquerdo do mouse.

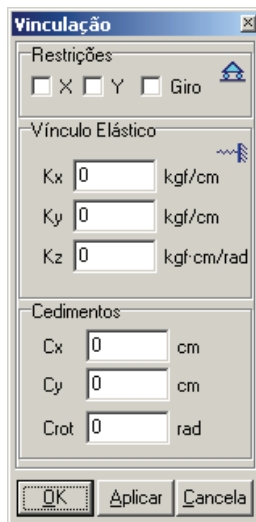
No *prompt* do programa será exibida uma mensagem: “**Selecione nós para Editar Vínculos**”

Seleciona-se o(s) nó(s) a serem editados a vinculação com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados com um círculo maior.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

A seguir surgirá a janela onde será declarada a opção de restrição desejada, e após aplica-se com o botão <Aplicar> e/ou <OK>, conforme a seguir:





Esse comando ficará ativo até que se pressione-se o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará vinculando a estrutura no ponto que se indicar.

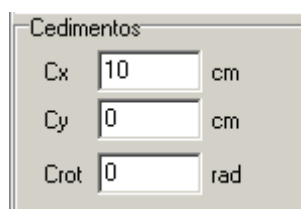
Exemplo de nós vinculados:



Apoio Elástico:



Cedimentos:



3.7. Comando DIVIDIR

Será utilizado para dividir uma barra ou um conjunto de barras já existentes em N tamanhos iguais.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Dividir com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **“Selecione barras para dividir”**

Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem divididas com o botão esquerdo do *mouse*. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **“Dividir em N partes”**


Será necessário digitar o número de quantas partes se deseja dividir a barra. Para confirmar pressionar na tecla <ENTER>.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionada a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará dividindo as barras selecionadas.

3.8. Comando UNIR BARRAS

Será utilizado quando se deseja unir barras já existentes, mas que sejam colineares.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Unir Barras com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **“Selecione barras para Unir”**



Selecione(m)-se a(s) barra(s) a serem unidas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.


Esse comando ficará ativo até que seja pressionada a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará unindo as barras selecionadas.

O **mCalc** só unirá barras que sejam colineares, por isso no caso de que não haja resposta do comando, verifique se as barras a serem unidas são, efetivamente, colineares.

3.9. Comando CRIAR NÓ NA INTERSEÇÃO

Será utilizado para criar um nó na interseção de duas barra que se interceptam ou que sejam concorrentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

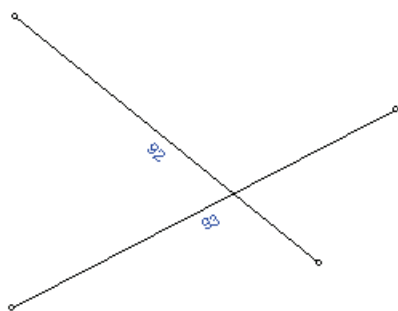
No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione 2 barras para criar interseção**”

Selecione(m)-se a(s) barra(s) a serem criada a intercepção com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

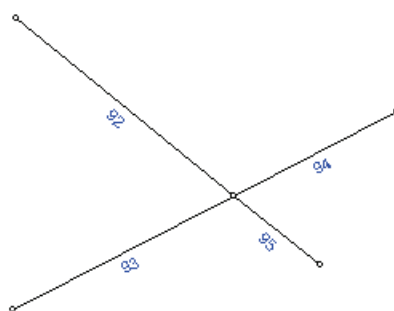
Confirma-se a operação com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Esse comando ficará ativo até que se pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará criando a interseção das barras selecionadas.




ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

3.10. Comando PROLONGAMENTO

Será utilizado para prolongar uma ou duas barra até sua interseção, recortando as partes que *excedem* o nó criado.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione 2 barras para prolongar**”

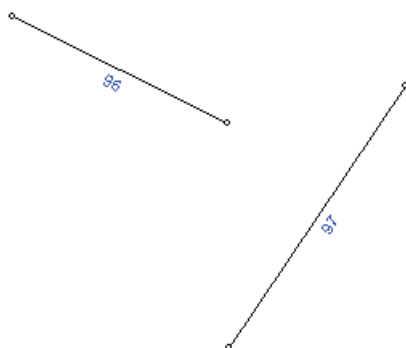


até a interseção”

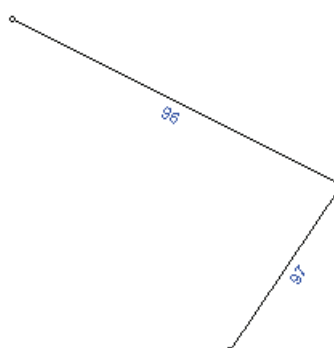
Selecione-se a(s) barra(s) a serem prolongadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando a tecla <ENTER>.

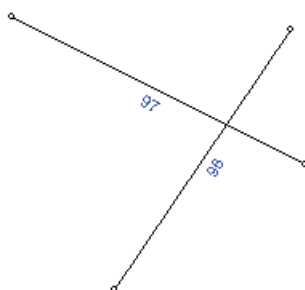
Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.



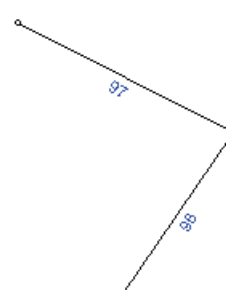
ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO




ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

3.11. Comando *EXTEND*

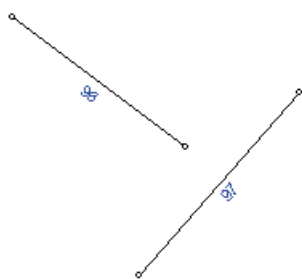
Será utilizado para criar nó entre duas barras próximas que não se interceptam, unindo-as e criando-se um nó na interseção.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

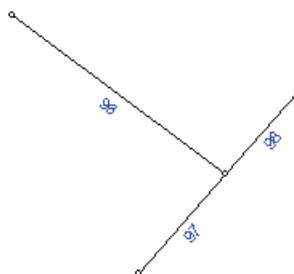
No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione 2 barras para criar nó na interseção**



Seleciona-se a(s) barra(s) a serem criadas o nó na interseção com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>. Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>. Enquanto o comando estiver ativo ele continuará criando o nó na interseção das barras selecionadas.




ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

3.12. Comando COPIAR

Será utilizado para copiar uma barra ou um conjunto de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Copiar com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para copiar**”

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem copiadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: “**Ponto Base**”

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: “**Ponto Final**”

A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0 ou por coordenadas polares @200<45.

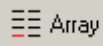
Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará copiando as barras selecionadas para o ponto que se indicar.



3.13. Comando *ARRAY*

Será utilizado o comando *ARRAY* para copiar uma ou um conjunto de barras em lote.

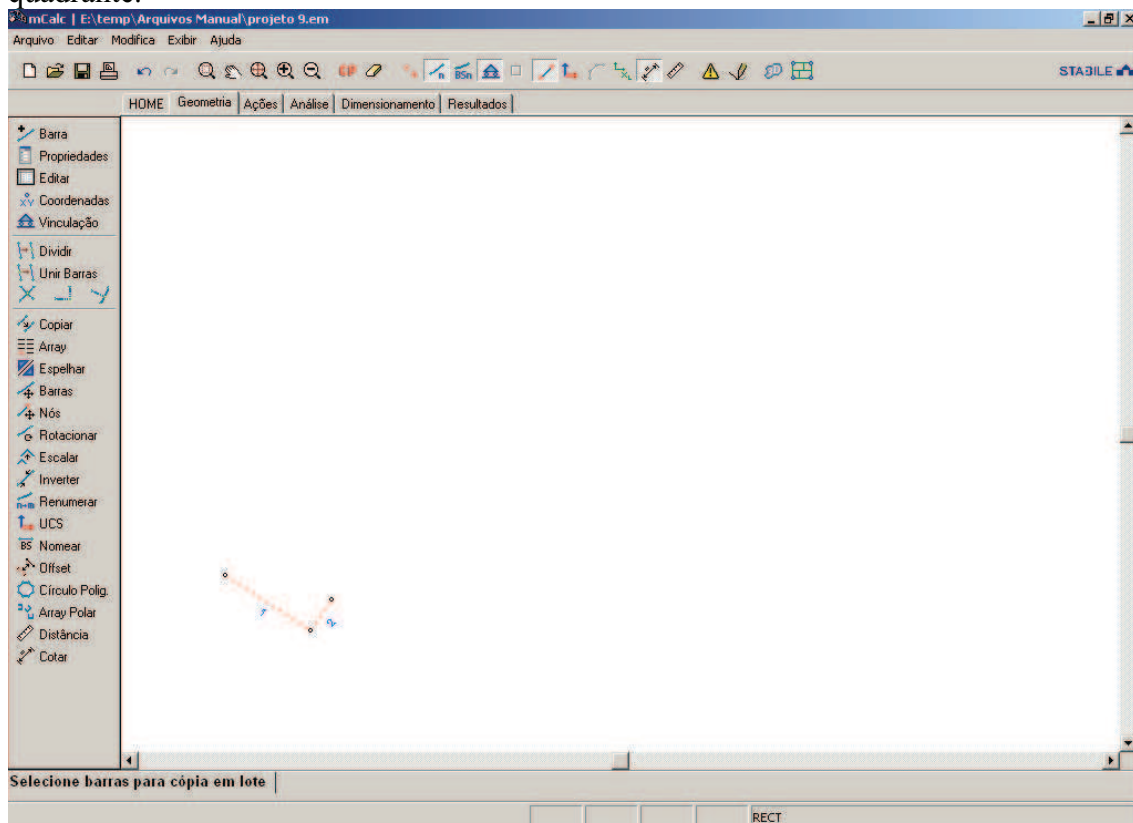
Ativa-se o comando clicando sobre o botão  Array.

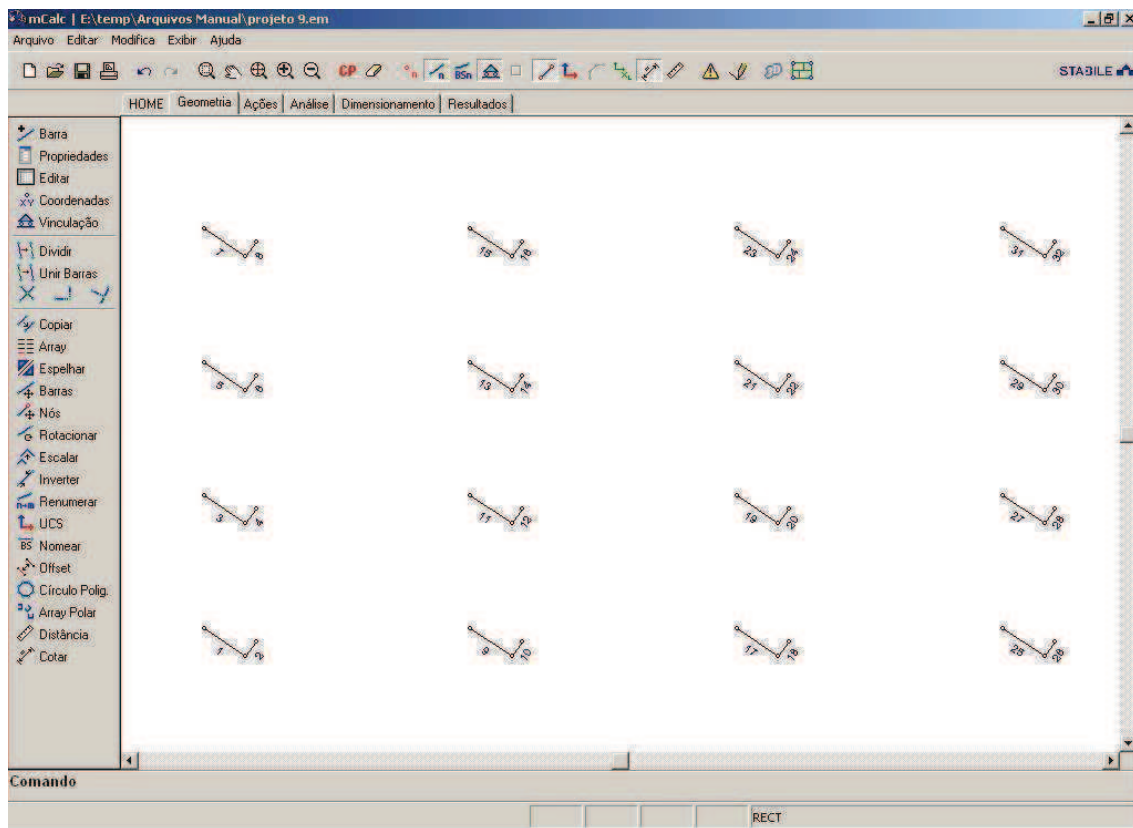
No *prompt* do programa surge a instrução: “**Selecione barras para cópia em lote**”

Declaram-se: “**Número de Linhas e Número de colunas**”

Declaram-se: “**Distância entre as Linhas e Distância entre as Colunas**”

Caso as distâncias declaradas forem positivas as cópias serão feitas no primeiro quadrante.

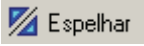




3.14. Comando ESPELHAR

Será utilizado para espelhar uma estrutura simétrica, sendo assim é necessário se fazer apenas a metade do desenho da estrutura e espelhá-la.

Para que o espelhamento seja feito com duplicação do desenho, é necessário que a tecla **Insert** do teclado seja ativada.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  **Espelhar** com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **“Selecione barras para espelhar”**
 Seleciona-se a(s) barra(s) a serem espelhadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **“Ponto Base”**

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **“Ponto Final”**



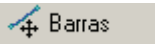
A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará espelhando as barras selecionadas para o ponto que se indicar.

3.15. Comando MOVER BARRAS

Será utilizado para mover uma barra ou um conjunto de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Barras com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para mover**”

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem movidas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: “**Ponto Base**”

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: “**Ponto Final**”

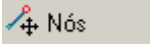
A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará movendo as barras selecionadas para o ponto que se indicar.

3.16. Comando MOVER NÓS

Será utilizado para esticar um nó barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Nós com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione nós para mover**”

Seleciona-se o(s) nó(s) a serem movidos com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados com um círculo maior.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: “**Ponto Base**”

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: “**Ponto Final**”



A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas relativas ao ponto anterior, por exemplo, @200,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará movendo os nós selecionados para o ponto que se indicar.

3.17. Comando ROTACIONAR

Será utilizado para rotacionar uma barra ou um conjunto de barras já existentes com determinado ângulo de inclinação.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para rotacionar**”
Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem rotacionadas com o botão esquerdo do mouse.
Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: “**Ponto Base**”

Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: “**Ponto Final**”

A indicação do Ponto Final pode ser feita clicando-se o ponto desejado.

Caso se queira rotar com um ângulo determinado deve-se, ao invés de clicar sobre um ponto final, digitar-se @I<Ângulo.

Onde *Ângulo* é o ângulo formado com a horizontal.

Se *Ângulo* for declarado > 0 a rotação será no sentido anti-horário.

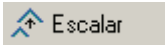
Se *Ângulo* for declarado < 0 a rotação será no sentido horário.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará rotacionando as barras selecionadas para o ponto que se indicar.

3.18. Comando ESCALAR

Será utilizado para escalar uma barra ou um conjunto de barras já existentes, tanto na vertical quanto na horizontal. Tanto pode ser para aumentar ou diminuir o desenho da estrutura.


Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.



No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para escalar**”
Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem escaladas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.
Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.
No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: “**Ponto Base**”
Com o botão esquerdo do mouse clica-se no ponto que se quer que seja base.
No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Fator x,y**
Digitam-se os valores *EscX,EscY* onde *EscX* é o fator de multiplicação para as coordenadas *X* e *EscY* é o fator de multiplicação para as coordenadas *Y*.

3.19. Comando INVERTER

Será utilizado para inverter o sentido dos eixos de coordenadas locais de uma barra ou um conjunto de barras.

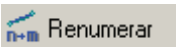
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para inverter**”
Seleciona-se a(s) barra(s) a serem invertidas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.
Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.
Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará invertendo as barras selecionadas.

3.20. Comando RENUMERAR

Será utilizado para renumerar barras. Algumas vezes é interessante ao projetista ter um grupo de barras com números (nomes) ordenados. Para isso se criou essa ferramenta.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para renumerar**”
Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem renumeradas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.
Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER> ou tecla direita do mouse.

Deve-se declarar o *Início* – o novo número da primeira barra selecionada – e o *Passo* a diferença entre números de duas barras consecutivas.

Deve-se declarar, também, se a renumeração deverá ser processada *à direita* da

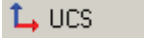


esquerda para a direita, ou *à esquerda* da direita para a esquerda, ou *acima* de baixo para cima ou *abaixo* de cima para baixo.

É possível, no uso do comando **Renumerar**, a utilização de passo negativo (decrementos).

3.21. Comando UCS – nova posição do Sistema de Coordenadas do Usuário


Será utilizado para definir uma nova posição do eixo de coordenadas do usuário.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

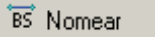
No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Definir UCS**”

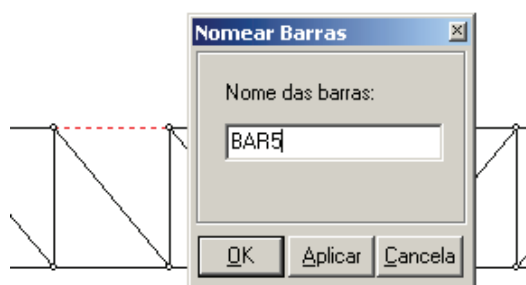
Seleciona-se o nó que irá ficar o eixo das coordenadas com o botão esquerdo do mouse e depois o segundo ponto para que se saiba aonde ficará a coordenada x.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Para retornar-se à origem geral do sistema (ponto com coordenadas 0,0) que coincidirá com o Sistema Global de Coordenadas, basta acessar o menu do  **Calc**, clicando-se em *Global UCS*.

3.22. Comando NOMEAR

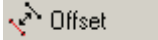
Será utilizado para identificar barras por um nome, além do seu número .



É possível definir nomes com até cinco (5) caracteres alfanuméricos.

3.23 Comando OFF SET

Será utilizado para copiar uma barra paralela a si própria, com uma distância definida. Para usar-se esse comando procede-se:

- Ativa-se o comando clicando sobre o botão  Offset
- Seleciona-se a barra que se quer copiar




- Declara-se a distância que se quer da barra original
- Escolhe-se o lado que se quer copiar

3.24 Comando CÍRCULO POLIGONAL


Será utilizado para criar círculos a partir de N linhas.

Para usar-se esse comando procede-se:

- Clica-se sobre o botão  Círculo Polig.
- No *prompt* (linha de comando) deverá ser informado: “**Centro do círculo**”
- Depois será solicitado: “**Raio do círculo**”
- E finalmente, informa-se: “**Número de divisões**”

3.25 Comando ARRAY POLAR

Será utilizado o comando *ARRAY POLAR* para copiar uma ou um conjunto de barras em lote em torno de um ponto.

Ativa-se o comando clicando sobre o botão  Array Polar .

No *prompt* do programa surge a instrução: “**Selecione barras para cópia em lote**”


Declaram-se: “**Ponto central**”

Declaram-se: “**Número de itens**”

Declaram-se: “**Ângulo para preencher**”

3.26 Comando DISTÂNCIA

Será utilizado para medir a distância entre dois pontos quaisquer.

Ativa-se o comando clicando sobre o botão  Distância .

Ou procede-se:

- No *prompt* (linha de comando) do programa digita-se DIST
- Seleccionam-se os dois pontos
- O **mCalc** informará a distância solicitada.


Salienta-se que:

- Esse comando é geral em todo o **mCalc**, i.e. ele pode ser usado em todos os módulos do programa.
- Os dois pontos seleccionados podem ser quaisquer: podem ser nós da estrutura ou não.



3.27 Comando COTAR

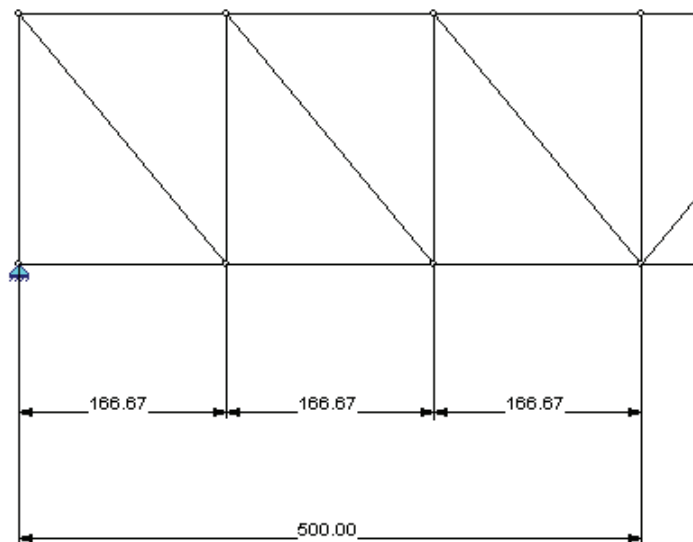
Será utilizado para cotar dois pontos quaisquer.

Ativa-se o comando clicando sobre o botão  Cotar.

No *prompt* do programa surge a instrução: “**Ponto inicial da cota**”

Depois deverá ser informado: “**Ponto final da cota**”

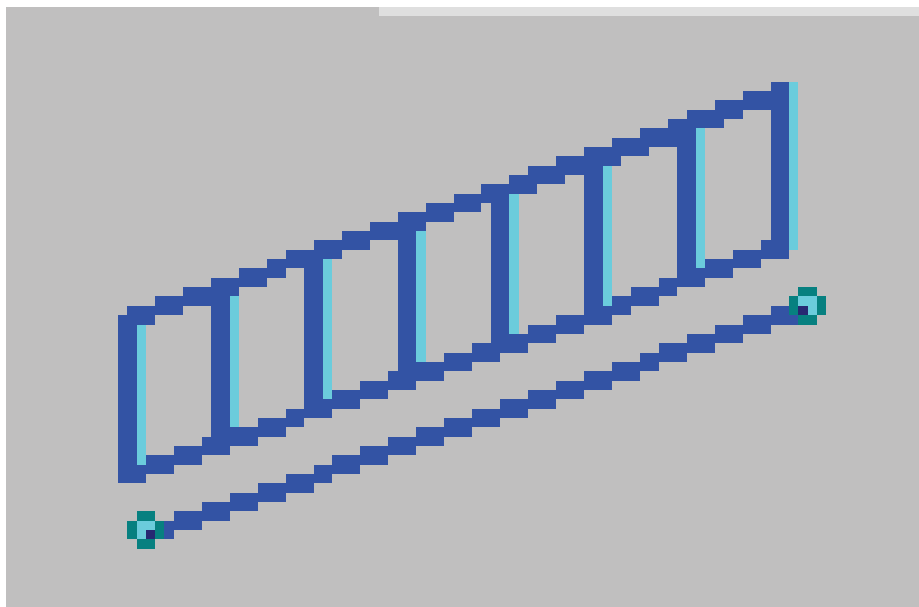
E, finalmente, pede-se: “**Localização do texto**”



CAPÍTULO 4.



MÓDULO AÇÕES



CAPÍTULO 4. MÓDULO AÇÕES

4.1. Introdução

As ações são as forças ou momentos externos aplicados à estrutura podendo ser, também, deformações impostas à mesma.

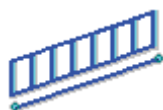
Com o **mCalc** pode-se definir até trinta e cinco (35) estados de ações distintas, que poderão ser combinados, livremente, no módulo **Análise**.

Em cada estado de ações, a estrutura poderá ser carregada com:

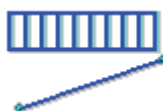
Ações Concentradas : concentradas no nós. Devem ser declaradas no sistema de eixos global da estrutura.

Ações Distribuídas : o programa aceita até 5 ações distribuídas por barra. As ações devem ser declaradas no sistema local de coordenadas.

O sistema **mCalc** oferece 6 tipos de ações distribuídas disponíveis:



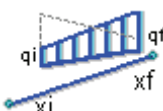
Tipo 1 : ação vertical distribuída ao longo de toda a barra e uniforme.



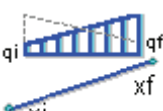
Tipo 2 : ação vertical distribuída em projeção vertical em toda a barra uniforme.



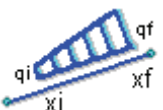
Tipo 3 : ação uniforme distribuída perpendicular à barra, estendendo por toda a barra.



Tipo 4 : ação vertical distribuída, parcialmente ou não, ao longo da barra com variação linear.



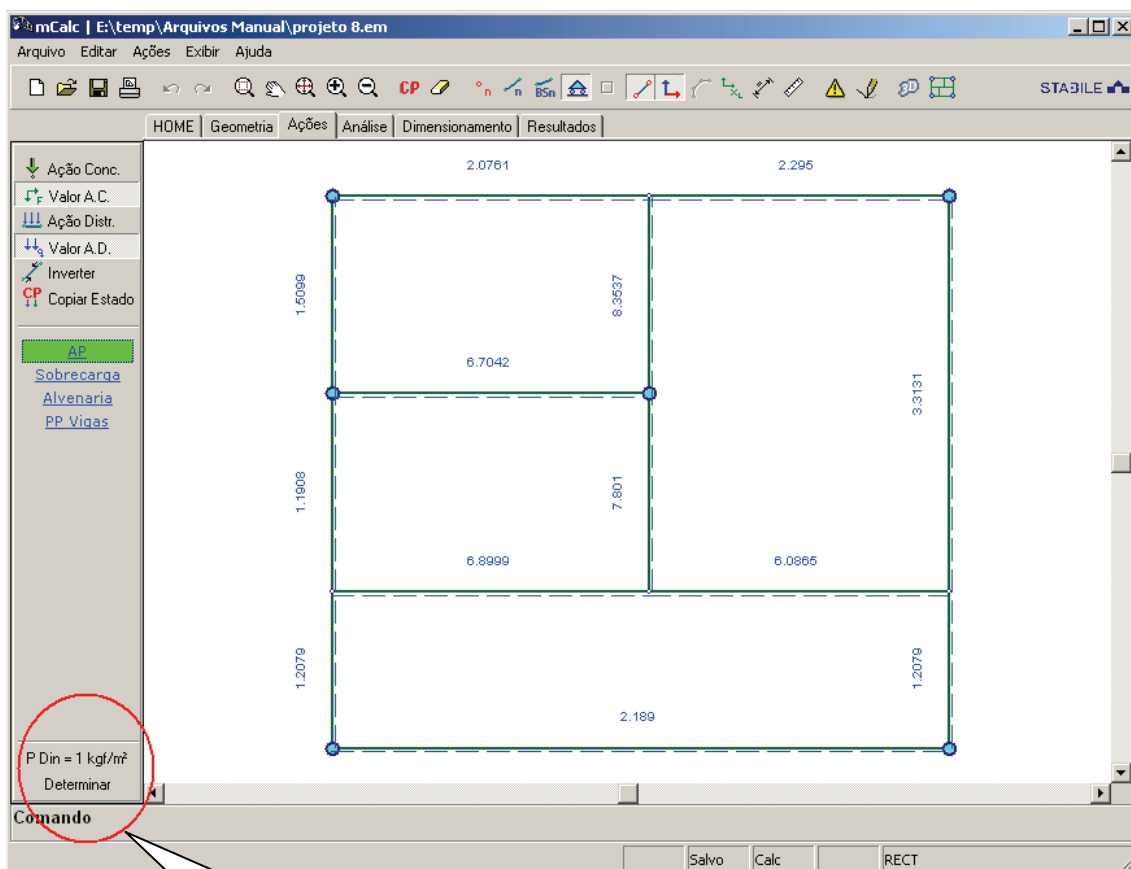
Tipo 5 : ação vertical distribuída, parcialmente ou não, em projeção vertical com variação linear.



Tipo 6 : ação perpendicular à barra distribuída, parcialmente ou não, com variação linear.




Para tal, é necessário clicar na opção **Ações** com o botão esquerdo do mouse, aparecendo na tela as diversas opções oferecidas por esse módulo.



Pode-se determinar a pressão dinâmica a qualquer momento

4.2. Comando **AÇÃO CONCENTRADA**

Será utilizado para adicionar as ações concentradas no(s) nó(s) correspondentes já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Ação Concentrada  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Ação concentrada**

Seleciona-se o(s) nó(s) a serem colocadas as ações concentradas com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados com um círculo



maior.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá uma *janela de diálogo* onde se deve informar o valor e sentido das forças F_x , F_y e do momento em torno do eixo z.



Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

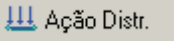
Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo que se coloque as ações concentradas no(s) nó(s) selecionados.

4.3. Comando VALOR A.C. (valor da Ação Concentrada)

Clicando-se sobre o botão  Valor A.C. o programa exibirá o valor (em módulo) das ações concentradas.

4.4. Comando AÇÃO DISTRIBUÍDA

Será utilizado para adicionar as ações distribuídas na(s) barras(s) correspondentes já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Ação Distribuída  Ação Distr. com o botão esquerdo do mouse.

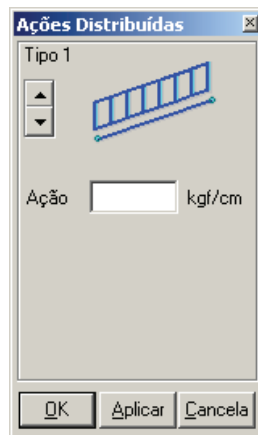
No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Ação distribuída**

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem colocadas as ações distribuídas com o botão esquerdo do mouse. Todos as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando a tecla <ENTER>.

Será exibida uma *janela de diálogo* onde se deverá informar o tipo da ação distribuída: Tipo 1, 2, 3, 4, 5 ou 6, e o valor da respectiva ação.



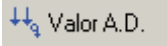


Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele permitirá que se carreguem barras com as ações distribuídas na(s) barra(s) selecionadas.

Um dos grandes recursos do **mCalc** é, para elementos de treliças, permitir que se carregue as barras: se deixará por conta do sistema concentrar as ações nos nós.

4.5. Comando VALOR A.D. (valor da Ação Distribuída)

Clicando-se sobre o botão  o programa exibirá o valor (em módulo) das ações distribuídas.

4.6. Comando INVERTER

Será utilizado para inverter o sentido do eixo das coordenadas locais uma barra ou um conjunto de barras já existentes, muito útil quando se quer trocar o sentido de atuação de uma ação distribuída na barra.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão .

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione barras para inverter**”

Seleciona-se a(s) barra(s) a serem invertidas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando a tecla <ENTER>.

Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará invertendo as barras selecionadas.

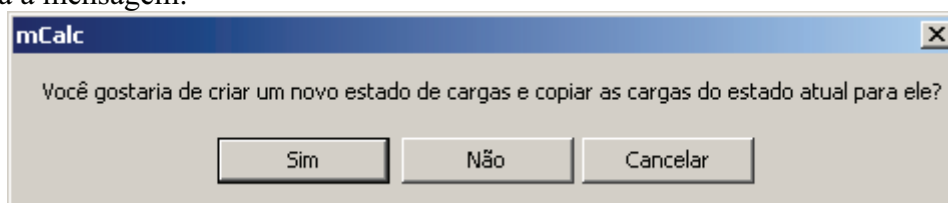


4.7. Comando COPIAR ESTADO

Pode-se copiar um estado de ações (inteiro) para se criar outro estado ou se sobrepor um estado de ações sobre um estado já criado.

Para se copiar um estado de ações deve-se estar nesse estado e ativar o comando **Copiar Estado**.

Surgirá a mensagem:



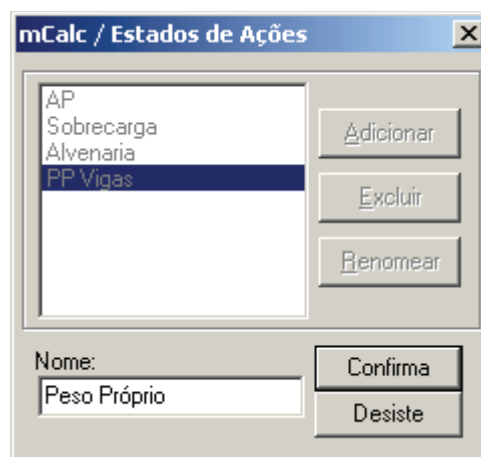
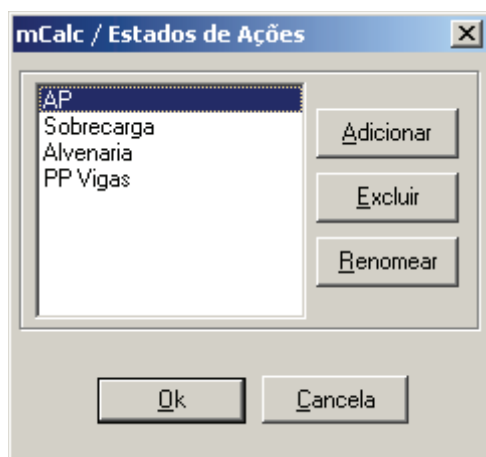
Se quiser criar um estado novo ou não, devendo, nesse caso, apontar qual estado se quer sobrepor o estado de ações a ser copiado.

4.8. Comando DEFINIÇÃO DO ESTADO DE AÇÕES

Será utilizado para se editar os vários tipos diferentes de estados.

Quando se tem mais de um estado, para se editar os outros é necessário que se clique com o botão esquerdo do mouse em <Ações> e <Editar>; aparecerá uma janela, conforme se tem abaixo, aonde será necessário ser clicado em <Adicionar>, <Confirmar> e <OK>; ou também pode ser feito clicando-se sobre o próprio botão <Estado> duas vezes aonde aparecerá a mesma janela, conforme se tem abaixo.

Ativa-se esse comando clicando-se sobre o botão Estado com o botão esquerdo do *mouse* e clicando-se no tipo de ação (Concentrada ou Distribuída).



4.8.1 Definindo o nome do Estado de Ações

Ao se iniciar o trabalho com um modelo o **mCalc** denomina os estados de ações como: Estado1, Estado 2,

Entretanto, pode-se declarar nome qualquer para um estado de ações, bastando acessar-se o campo de edição de nomes e digitar o novo nome.

É possível declarar-se um nome com tamanho qualquer, sugere-se, entretanto, que o nome escolhido tenha por volta de 15 caracteres.

4.9 Comando COPIAR AÇÃO

Uma ferramenta muito útil desse módulo é a ferramenta .

A exemplo dos módulos *Geometria* e *Dimensionamento*, no módulo AÇÕES com essa ferramenta copiam-se propriedades de uma barra para outra(s). Nesse módulo, como a propriedade de uma barra é uma ação, será possível copiar essa ação para outra barra qualquer.

Para copiar uma ação distribuída de uma barra para outra basta:

- ativar o comando, clicando-se sobre o botão <CP>
- selecionar a barra que se quer copiar a ação
- selecionar a(s) barra(s) que se quer aplicar (colar) a ação.

4.10 AÇÕES EM GRELHAS

As grelhas são elementos que estão assentados no plano XY e seu carregamento, por definição, é transversal a esse plano, portanto na direção Z .

Como os outros elementos – Treliças, Pórticos e Terças – tem o carregamento no plano XY sua representação é fácil de ser feita: basta “desenha” vetores que estão assentados no plano da estrutura.

A representação das ações será alterada e só se terá um tipo de ação distribuída, já que essas serão, sempre, perpendiculares ao plano da estrutura (às barras).

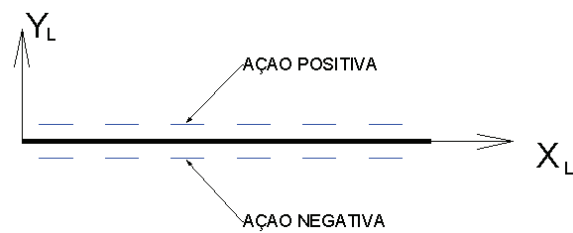
4.10.1 Ações Distribuídas em Grelhas

As ações distribuídas nas barras serão representadas por uma linha tracejada, com a seguinte convenção:

- As ações positivas serão representadas com a linha tracejada no lado positivo do eixo Y local.



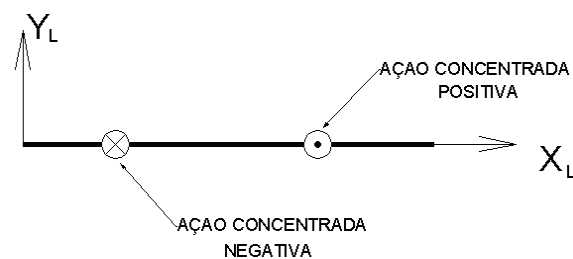
- Em oposição, uma ação negativa será representada com a linha tracejada no lado negativo do eixo Y_{local} .



4.10.2 Ações Concentradas em Grelhas

As ações concentradas – nodais – serão representadas por círculos com a seguinte convenção:

- As ações positivas: círculo com um círculo concêntrico
- As ações negativas: círculo com um X



CAPÍTULO 5.



MÓDULO ANÁLISE

$$P = K u$$

mCalc / Análise

Combinções de Ações

- Combinção 1
- Combinção 2
- Combinção 3
- Combinção 4

Adicionar Excluir Atualizar

Envoltória Cancelar

Estados

<input checked="" type="checkbox"/> A.P.	γ 1.40	ψ 1.00	ψ_1 1.00
<input checked="" type="checkbox"/> Sobrecarga	γ 1.40	ψ 1.00	ψ_1 1.00
<input type="checkbox"/> VTEsq	γ 0.00	ψ 1.00	ψ_1 1.00
<input type="checkbox"/> V. Long.	γ 0.00	ψ 1.00	ψ_1 1.00
<input type="checkbox"/> VTDir	γ 0.00	ψ 1.00	ψ_1 1.00
<input type="checkbox"/> Estado6	γ []	ψ []	ψ_1 []
<input type="checkbox"/> Estado7	γ []	ψ []	ψ_1 []

CAPÍTULO 5. MÓDULO ANÁLISE

5.1. INTRODUÇÃO

A análise do sistema **mCalc** - análise elástica-linear - é feita pelo *Método da Rigidez Direta*, que é uma sistematização do *Método dos Deslocamentos*.

Ao se estudar uma estrutura pelo Método da Rigidez, assim como em qualquer outro problema da Elasticidade Linear, três conjuntos de equações devem ser satisfeitos:

1. Equações de Equilíbrio
2. Equações de Compatibilidade
3. Equações Constitutivas

As *Equações de Compatibilidade* relacionam as deformações com os deslocamentos nodais. Introduzindo estas relações nas *Equações Constitutivas* relacionam-se as forças nos extremos das barras com os deslocamentos nodais. Introduzindo-se estas últimas nas *Equações de Equilíbrio*, obtém-se um conjunto de equações que relacionam forças com deslocamentos nodais.

Esse conjunto de equações pode ser considerado como o sistema de equações de equilíbrio da estrutura expressas em função dos deslocamentos. A solução desse sistema - objetivo de um programa de análise - fornece os valores das incógnitas do problema: deslocamentos nodais. De posse dos deslocamentos, pode-se obter as solicitações no extremo das barras, bem como as reações nodais.

Na análise de uma estrutura pelo *Método da Rigidez* tem-se, basicamente, seis etapas:

1ª Etapa: *Identificação Estrutural*:

- Coordenadas nodais
- Conetividades dos elementos
- Propriedades Geométricas das seções
- Constantes elásticas do material
- Especificação dos vínculos
- Descrição das ações

A etapa de Identificação Estrutural, denominada nesse sistema módulo **Geometria**, foi descrita no **Capítulo 2**.

2ª Etapa: *Cálculo da matriz de rigidez do elemento e do vetor das ações nodais equivalentes*.

3ª Etapa: *Montagem da matriz de rigidez da estrutura e do vetor de ações da estrutura* (matriz global e vetor de ações global).

4ª Etapa: *Introdução das condições de contorno* (vinculação).

5ª Etapa: *Solução do sistema de equações*.

6ª Etapa: *Cálculo das solicitações nos extremos das barras e das reações nodais*.



As etapas 2 até 6 são procedidas pelo módulo **Análise** do sistema **mCalc**.

Ao se selecionar esse módulo o sistema, automaticamente, inicia o processo de análise que não interage com o usuário.

5.2. COMBINAÇÕES DE AÇÕES

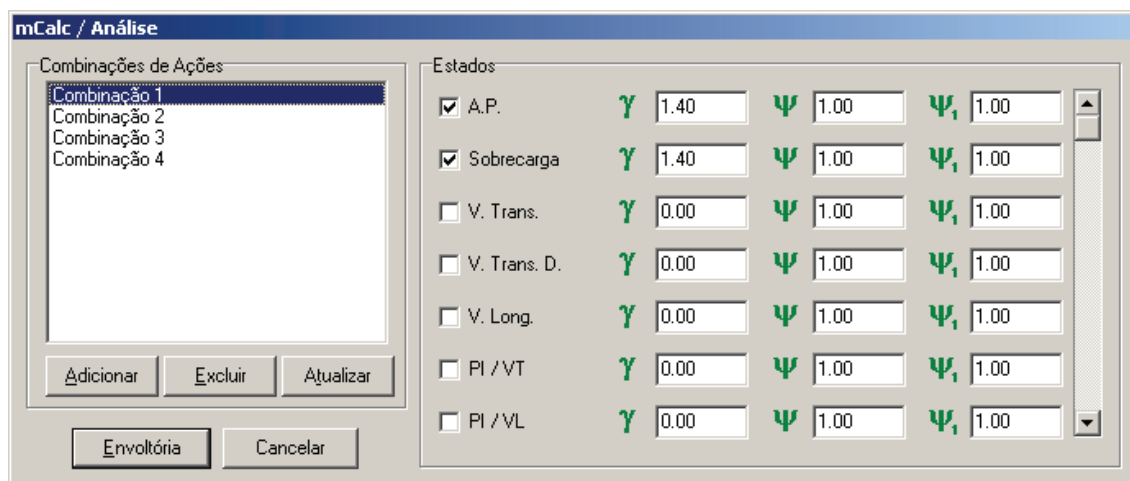
Após passar pelas 5 etapas, o sistema aguardará que se indique as combinações de ações que o cálculo dessa estrutura requer, i.e., no módulo de **Ações** declararam-se os estados de ações que atuam na estrutura.

Nessa fase, existe a possibilidade de combinar (ponderar e somar) um estado com outro, com o intuito de reproduzir um carregamento real na estrutura. Por exemplo: imagina-se uma estrutura submetida a 2 estados de ações: Peso Próprio (PP) e Vento. Não interessa, para o dimensionamento dessa estrutura, conhecer-se só os resultados da ação PP ou da ação Vento.

O estado de ação Vento **nunca** ocorrerá sozinho, pois ele sempre atuará, na estrutura, junto com o estado PP. E para se ter resultados compatíveis com o que ocorrerá na realidade, deve-se somar os resultados da ação do Vento com os da ação do PP.

Essa é a filosofia da etapa Combinação de Ações: permitir que se combine qualquer ação com outra somando, no máximo, até o número de estados de ações em cada combinação. Não existem limitações quanto ao número de combinações a serem criadas.

As combinações de ações deverão ser declaradas na *janela de diálogo* que segue:



Para compor-se uma combinação de ações selecionam-se os estados de ações, e, depois, declaram-se os valores dos respectivos Coeficientes de Ponderação e Fatores de Combinação. Após ter-se apontado os estados de ações pressiona-se no botão *Adicionar* para colocar a combinação na lista de combinações dessa estrutura.

Caso deseje se verificar/editar as combinações, clica-se sobre as diversas combinações



existentes.

Se houver algum erro para alterar, coloque o valor correto que será alterado e clica-se com o botão esquerdo do mouse encima de <Atualizar>.

Os Coeficientes de Ponderação e Fator de Combinação informados permitem que se atenda, ao analisar a estrutura, a **NBR 8681/84 – Norma de Ações e Segurança**, possibilitando que cada estado, numa combinação, tenha as forças com a ponderação necessária.

A ponderação não atua sobre as reações.

O **mCalc** permite que se crie quantas combinações se queira.

5.3. ENVOLTÓRIA DOS MÁXIMOS E MÍNIMOS

Ao se concluir a informação das Combinações de Ações clica-se sobre o botão **Envoltória** para criar, automaticamente, a **Envoltória de Máximos e Mínimos** que vem a ser a compilação, numa tabela, dos resultados máximos e mínimos de cada combinação de ações nó por nó e barra por barra.



CAPÍTULO 6.



MÓDULO DIMENSIONAMENTO

Stabile :: mCalc_Perfis

Arquivo Ferramentas Ajuda

Perfil U (Formado a frio)

Dimensões

b_f 100 mm

b_w 75 mm

t 4.75 mm

I_x, I_y, \dots [100 x 75 x 4.75

Solicitações de Cálculo (kgf e cm)

$N_{c,sd}$ -7371.83 $V_{x,sd}$ 0 $M_{x,sd}$ 0 C_b 1

$N_{t,sd}$ 5042.71 $V_{y,sd}$ 0 $M_{y,sd}$ 0 C_{mx} 1

C_{my} 1

Comprimentos da Barra (cm)

$K_x L_x$ 250 $K_t L_t$ 125 λ_x 61.58 Travej. L/ 3

$K_y L_y$ 125 L_b 250 λ_y 51.64

Apo ASTM A36 Selecionar

f_y 250 MPa f_u 400 MPa

Resistências de Cálculo

$N_{c,Rd}$ 13583.54 $Sd/Rd = 0,543$ $V_{x,Rd}$ 5246.59 $Sd/Rd = 0$

$N_{t,Rd}$ 24937.5 $Sd/Rd = 0,202$ $V_{y,Rd}$ 4242.61 $Sd/Rd = 0$

$M_{x,Rd}$ 78146.88 $Sd/Rd = 0$ $M_{y,Rd}$ 29332.57 $Sd/Rd = 0$

$$\frac{N_{c,sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{C_{mx} \cdot M_{x,sd}}{M_{x,Rd} \cdot \left(1 - \frac{N_{c,sd}}{N_{ex}}\right)} + \frac{C_{my} \cdot M_{y,sd}}{M_{y,Rd} \cdot \left(1 - \frac{N_{c,sd}}{N_{ey}}\right)} = 0,543$$

$$\frac{N_{c,sd}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} = 0,296$$

$$\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} + \frac{N_{t,sd}}{N_{t,Rd}} = 0,202$$

$$\frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} - \frac{N_{c,sd}}{N_{c,Rd}} = -x-$$

Perfis Favoritos:

b_f	b_w	t
50	25	1.2
50	25	1.5
50	25	2
50	25	2.25
50	25	2.65

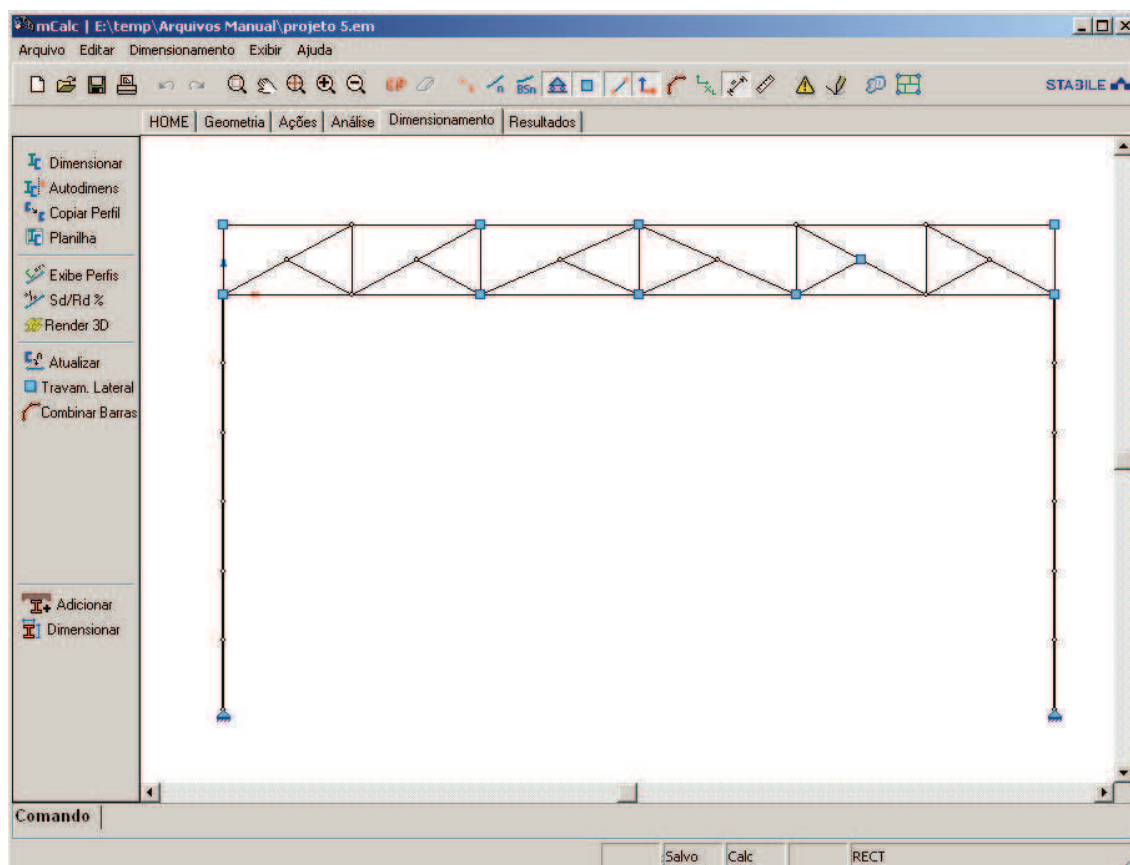
Adiciona Remove Seleciona

Calcular Relatório **Configuração** Aplicar Aplicar a Todos Sair

CAPÍTULO 6. MÓDULO DIMENSIONAMENTO

6.1. INTRODUÇÃO

Somente após se ser analisado a estrutura pode-se acessar o módulo **Dimensionamento**. Ao se entrar nesse módulo, será exibido o ambiente apresentado abaixo.



É importante ressaltar que: antes de se começar o dimensionamento em si, deve-se declarar os travamentos laterais da estrutura, conforme será descrito abaixo.

O módulo **Dimensionamento** possui alguns comandos exclusivos, que podem ser visualizados/acessados no menu vertical, à esquerda do ambiente de dimensionamento




Existem duas maneiras de se dimensionar uma estrutura:

- Por meio do comando **Dimensionar**
- Por meio da **Planilha** de dimensionamento

6.2. Comando DIMENSIONAR

O comando, em realidade, procede uma verificação de barras (uma ou um conjunto), i.e. declaram-se o tipo de perfil a adotar e suas dimensões e o módulo **Dimensionamento** calculará as resistências de cálculo desse perfil e comparará esses resultados com as solicitações de cálculo, vindas da **Análise**.

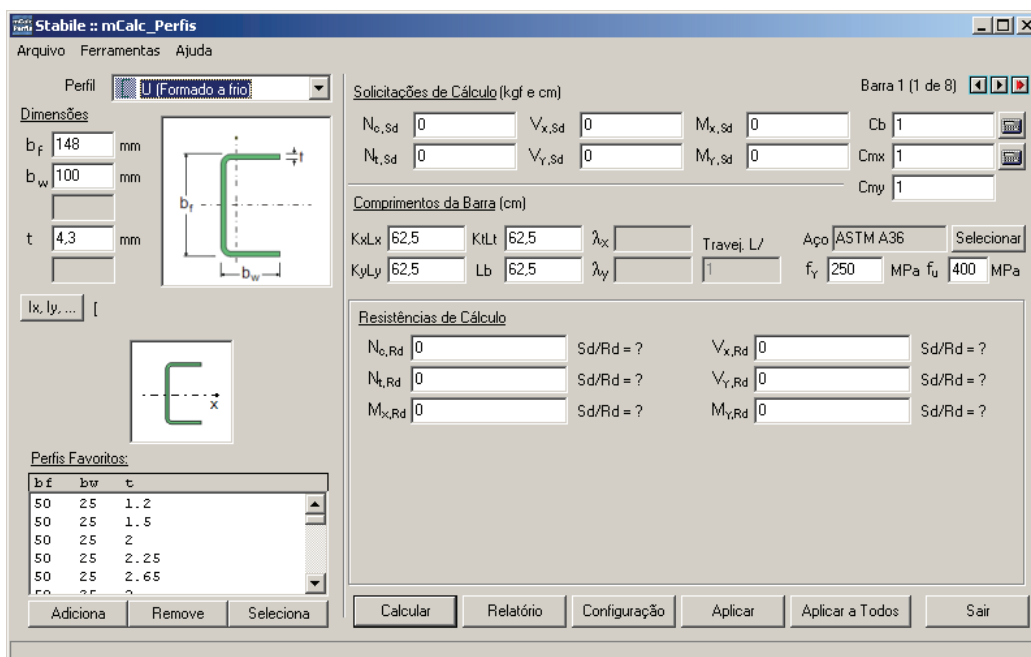
Esse procedimento, embora seja o de verificação, é, por muitos conhecido como dimensionamento paramétrico, ou simplesmente **dimensionamento** de uma barra ou um conjunto de barras.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Dimensionar com o botão esquerdo do mouse.


No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Dimensionar barras**

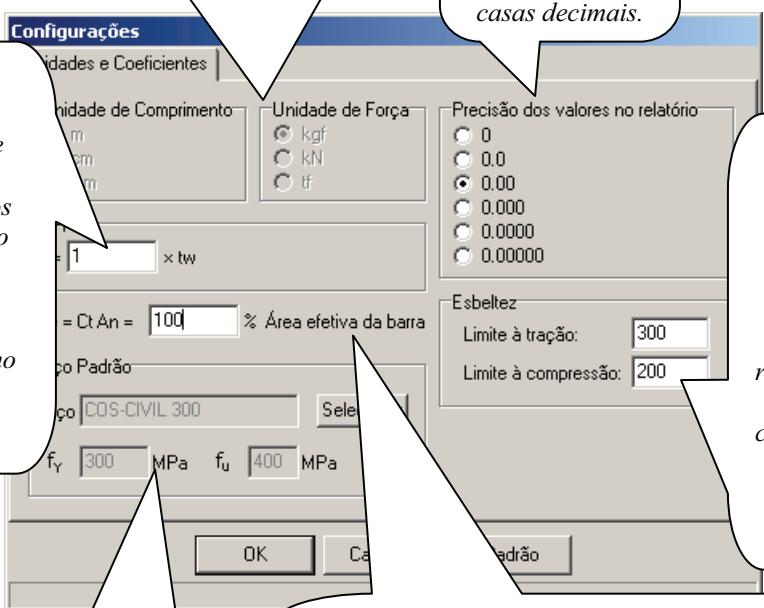
Seleciona(m)-se a(s) barra(s) a serem dimensionadas (as barras selecionadas ficarão desenhadas em vermelho). Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando a tecla <ENTER>.

Na tela surgirá a janela de diálogo do **CalcPerfis**.



Ressalta-se que antes de efetuar os cálculos é importante que sejam editadas as configurações para informar ao programa os critérios que deverão ser usados, além do modo de exibição dos dados de saída fornecidos pelo relatório.

Para ajustar as configurações deve-se clicar no botão . Clicando neste botão abrirá uma janela com o índice *Unidades e Coeficientes*.



A opção de configurar as unidades estará desabilitada, pois serão usadas as unidades declaradas pelo mCalc na criação do arquivo trabalhado.

A precisão para exibição dos resultados no relatório poderá ser de até 5 casas decimais.

Deverá ser selecionado o raio interno de dobra para os perfis formados a frio, expresso em função da espessura do perfil. É declarado como default sendo iguais

Limites de esbelteza para tração e compressão. Definidos como padrão 300 e 200, respectivamente e. De acordo com as normas de projeto. Podendo ser alterados.

Seleção de tipo de aço padrão.

Fator de redução da área bruta da seção. A área efetiva da barra será considerada no cálculo da resistência à tração do perfil. O % inserido neste campo será o quão irá reduzir a área bruta calculada após a seleção do perfil.

Sempre que os dados default do programa forem alterados e o usuário queira recuperá-los, deverá ser acionado o botão PADRÃO.

Após ajustadas as configurações deverá ser selecionado o tipo de perfil, suas dimensões, a orientação, o tipo de aço e coeficientes de distribuição de momentos não-uniformes.

Na janela de diálogo tem-se:

- o banco de dados de perfis – denominado de *Perfis Favoritos* –
- o quadro com as *Solicitações de cálculo*,



- um quadro com as *Resistências de cálculo*,
- quadro com os comprimentos de flambagem
- e as relações entre a *Solicitação/Resistência*.

Para se escolher o perfil a ser adotado, clica-se sobre o *slide* dos perfis, depois digitam-se as dimensões do perfil escolhido ou selecionando-se as dimensões do perfil a partir da lista de Favoritos.

The screenshot shows the 'mCalc_Perfis' application window. At the top, there are menu options: 'Arquivo', 'Ferramentas', and 'Ajuda'. Below the menu is a dropdown menu for 'Perfil' currently set to 'U (Formado a frio)'. Under the 'Dimensões' section, there are input fields for b_f (75 mm), b_w (40 mm), and t (3 mm). To the right of these fields is a diagram of a U-profile with dimensions b_f , b_w , and t labeled. Below the dimensions is a button labeled 'lx, ly, ...' with the text '[75 x 40 x 3' next to it. Underneath is a smaller diagram of the U-profile with a coordinate system (x, y) shown. At the bottom, there is a 'Perfis Favoritos:' section containing a table with columns b_f , b_w , and t . Below the table are three buttons: 'Adiciona', 'Remove', and 'Seleciona'.

Dimensões do perfil selecionado. Poderão ser editados estes campos para perfis formados a frio ou perfil soldado tipo PS.

O perfil poderá ser selecionado clicando sobre o slide com o botão esquerdo do mouse ou através da seleção pela listagem.

Ícone de acesso às propriedades geométricas da seção

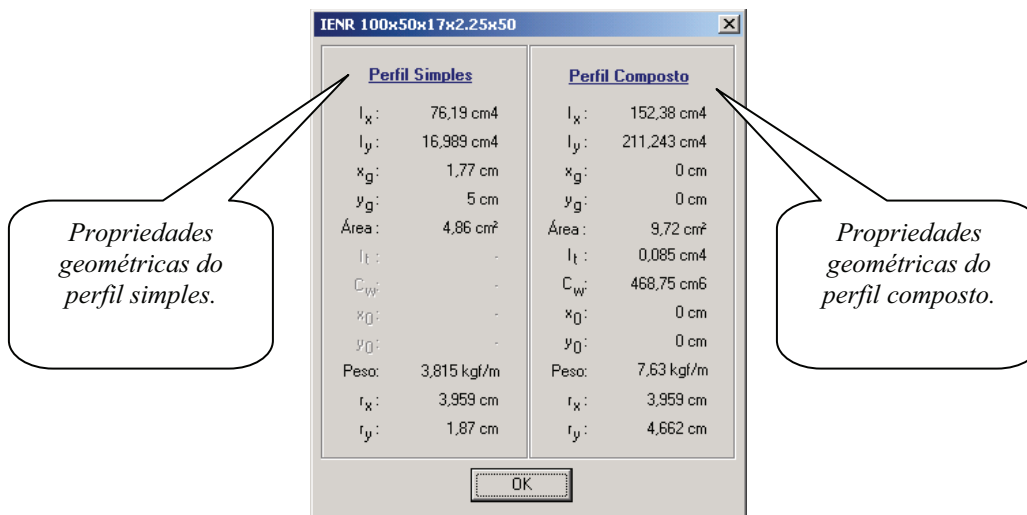
Para modificar a orientação do perfil, clica-se sobre o slide com o botão esquerdo do mouse.

Estarão listados os perfis disponíveis. Sendo que os perfis editáveis (formados a frio e PS) poderão ser adicionados ou removidos da lista.

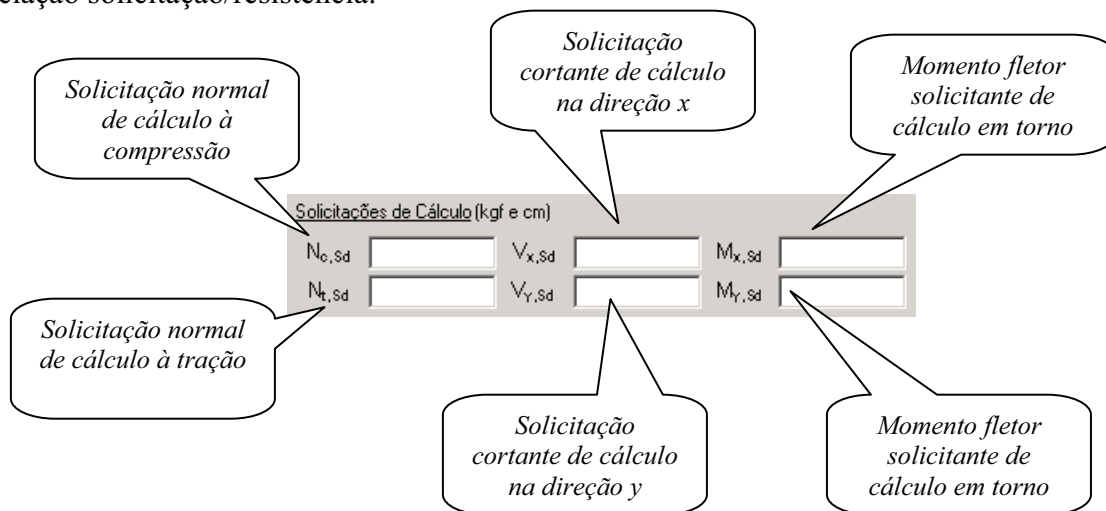
b_f	b_w	t
75	40	1.5
75	40	2
75	40	2.25
75	40	2.6
75	40	3
75	40	3.25

Clicando no botão **lx, ly, ...**, serão apresentadas as características geométricas do perfil selecionado:



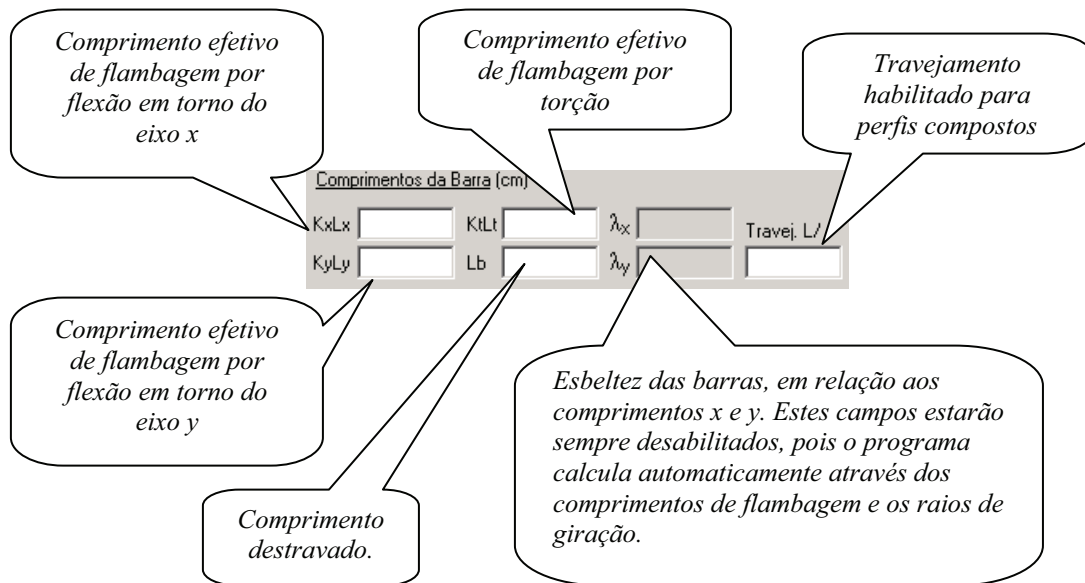


Os campos de solicitações de cálculo serão preenchidos pelo **mCalc**. Estes dados são obtidos após a análise da estrutura. Elas somente serão necessárias para que seja feita a relação solicitação/resistência.

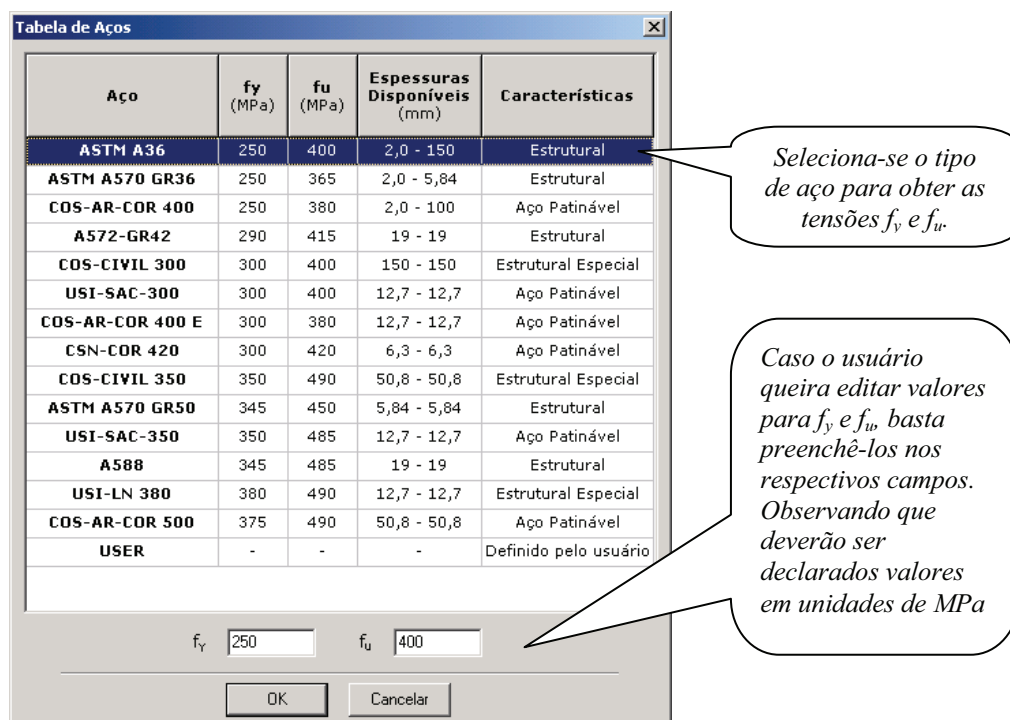


Da mesma forma que as solicitações de cálculo, os comprimentos de flambagem serão obtidos pelo **mCalc** através da avaliação do tipo de estrutura e levando em conta os travamentos laterais inseridos pelo usuário.





SELEÇÃO DO TIPO DE AÇO: quando acionado o botão **Selecionar** abrirá uma janela com uma lista de aços a serem escolhidos:



Na janela do programa ficarão exibidos o aço que foi selecionado e as tensões de escoamento e ruptura do aço.

Aço Selecionar
 f_y MPa f_u MPa

FATORES DE MODIFICAÇÃO DO MOMENTO: para determinar o momento fletor resistente de cálculo para o estado limite de flambagem lateral com torção (FLT) deverão ser declarados os fatores de modificação do momento, usualmente, estes fatores são tomados com o valor 1,00 sendo que o usuário poderá editá-los.

C_b
 C_{mx}
 C_{my}

Quando forem selecionados perfis laminados ou soldados, deverá ser determinado apenas o coeficiente C_b , editando o valor neste campo ou clicando neste botão aparecerá uma janela para que sejam declarados os momentos solicitantes necessários para o cálculo do fator C_b :

The diagram shows a beam of length L_b with a parabolic moment distribution. The beam is divided into four segments of length $L_b/4$ each, with moments M_A , M_B , and M_C at the quarter points, and M_{MAX} at the center. A label 'Contenção Lateral' is placed below the beam. Below the diagram is a dialog box with input fields for M_{max} , M_a , M_b , and M_c , and buttons for 'OK' and 'Cancelar'.

Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, no comprimento L_b

Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, na seção central do comprimento destravado

Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a um quarto do comprimento destravado.

Momento máximo solicitante de cálculo, em módulo, na seção situada a três quartos do comprimento destravado.

Para elementos de viga-coluna e perfis formados a frio, será necessário determinar, adicionalmente, os coeficientes C_{mx} e C_{my} , que são os coeficientes de equivalência de momento da flexão composta, em relação aos eixos x e y.

Cmx 1
Cmy 1

Clicando neste botão abrirá uma janela para que sejam determinados estes coeficientes:

Quando for selecionado este tipo de barra, os momentos M_1 e M_2 deverão ser informados.

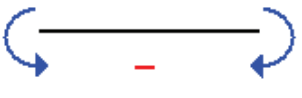
Os momentos com o índice 1 subscrito referem-se ao menor momento em módulo e o índice 2 indica o maior momento.

Valores dos coeficientes calculados

A relação (M_1/M_2) será positiva quando os momentos provocarem curvatura reversa.



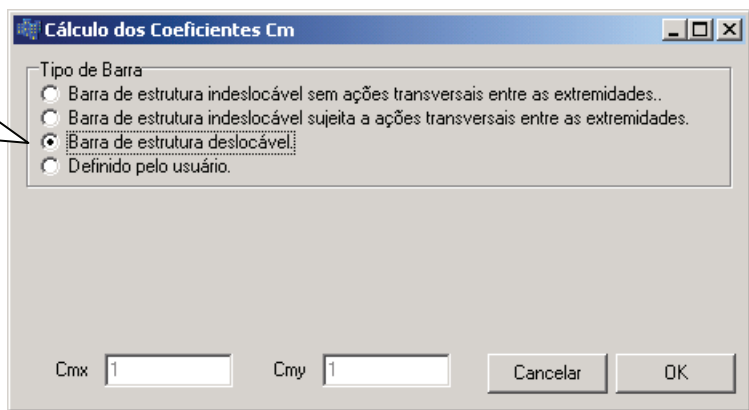
A relação (M_1/M_2) será negativa quando os momentos provocarem curvatura simples.



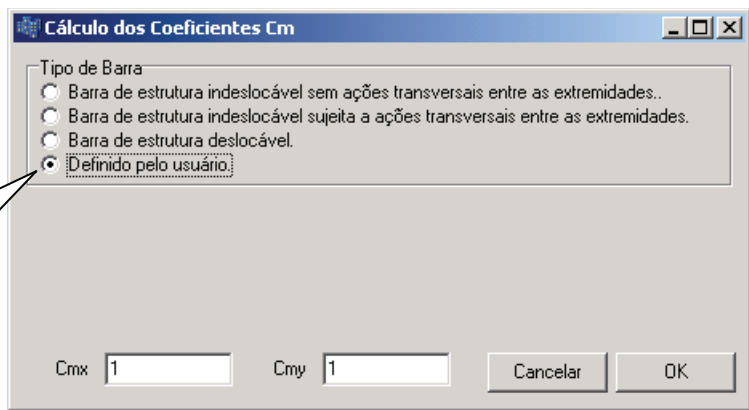
Quando for selecionado este tipo de barra, os valores dos coeficientes vão variar de acordo com a fixação das extremidades.

Para barras com as extremidades engastadas os coeficientes serão 0,85. Caso contrário serão 1,00.

Barras de estrutura deslocável os coeficientes serão sempre 1,00



Selecionar quando o usuário quiser editar os valores dos coeficientes.



RESISTÊNCIAS DE CÁLCULO: após serem fornecidos todos os dados da janela principal, basta clicar em **Calcular** quando serão exibidas as respostas do programa:

Relação solicitação/resistência

Resistências de Cálculo					
$N_{c,Rd}$	<input type="text" value="0"/>	Sd/Rd = ?	$V_{x,Rd}$	<input type="text" value="0"/>	Sd/Rd = ?
$N_{t,Rd}$	<input type="text" value="0"/>	Sd/Rd = ?	$V_{y,Rd}$	<input type="text" value="0"/>	Sd/Rd = ?
$M_{x,Rd}$	<input type="text" value="0"/>	Sd/Rd = ?	$M_{y,Rd}$	<input type="text" value="0"/>	Sd/Rd = ?

- $N_{c,Rd}$: Força normal resistente de cálculo à compressão
- $N_{t,Rd}$: Força normal resistente de cálculo à tração
- $M_{x,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo em torno do eixo x
- $V_{x,Rd}$: Força cortante resistente de cálculo em x



$V_{y,Rd}$: Força cortante resistente de cálculo em y
 $M_{y,Rd}$: Momento fletor resistente de cálculo em torno do eixo y

Na janela principal do programa, após o cálculo, também poderão ser visualizadas as equações de interação que vão ser diferentes dependendo do tipo de perfil selecionado.

Resistências de Cálculo					
$N_{c,Rd}$	22721,6	Sd/Rd = 0,22	$V_{x,Rd}$	8561,45	Sd/Rd = 0,584
$N_{t,Rd}$	27360	Sd/Rd = 0,11	$V_{y,Rd}$	3298,91	Sd/Rd = 0,303
$M_{x,Rd}$	118216,17	Sd/Rd = 0,085	$M_{y,Rd}$	20623,04	Sd/Rd = 0,272

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{C_{mx} \cdot M_{xSd}}{M_{xRd} \cdot \left(1 - \frac{N_{cSd}}{N_{ex}}\right)} + \frac{C_{my} \cdot M_{ySd}}{M_{yRd} \cdot \left(1 - \frac{N_{cSd}}{N_{ey}}\right)} = 0,538$$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{oRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,539$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,466$$

$$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,247$$

Equações de interação para perfis formados a frio

Resistências de Cálculo					
$N_{c,Rd}$	17363,84	Sd/Rd = 0,288	$V_{x,Rd}$	9600,79	Sd/Rd = 0,125
$N_{t,Rd}$	31136,36	Sd/Rd = 0,225	$V_{y,Rd}$	8938,64	Sd/Rd = 0,145
$M_{x,Rd}$	97049,5	Sd/Rd = 0,113	$M_{y,Rd}$	14701,7	Sd/Rd = 0,612

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,87$$

$$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{8}{9} \cdot \left(\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} \right) = 0,933$$

Equações de interação para perfis laminados ou soldados

Relatório

: o botão do relatório poderá ser acionado após os cálculos serem efetuados. Neste estarão discriminadas as equações principais utilizadas para a determinação de cada força ou momento resistente de cálculo.

Constam, ainda no relatório, os dados no cabeçalho que foram preenchidos nas configurações do **Calc3.0**, além da data e hora que o arquivo foi gerado.

Para salvar o relatório em padrão RTF basta clicar em ARQUIVO e SALVAR, indicando o local.



Pode-se aplicar esse perfil à primeira barra selecionada pressionando o botão

Aplicar

ou aplicar o perfil a todas as barras selecionadas pressionando o botão

Aplicar a Todos

Esse comando ficará ativo até que se pressione a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará dimensionando as barras selecionadas.

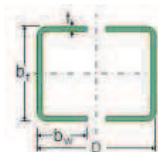
Perfis disponíveis:

A verificação dos perfis formados a frio será baseada nos procedimentos prescritos pela NBR 14762:2010.

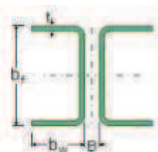
Estão disponíveis 19 perfis formados a frio:



U formado a frio



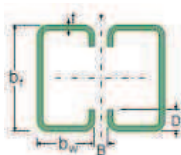
2 U (FF) opostos pelas mesas



2 U(FF) opostos pelas almas

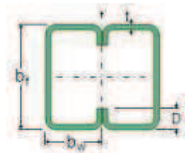


U formado a frio enrijecido

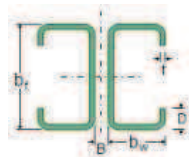


2 U (FF) enrijecidos

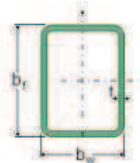




Caixa (FF)



I (FF) enrijecido



Box (FF)



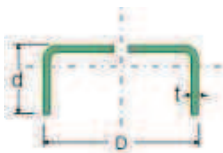
Cantoneira (FF)



Cantoneira (FF)



2 Cantoneiras (FF) opostas pelas abas

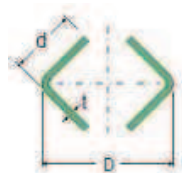


2 Cantoneiras (FF) opostas pelas mesas

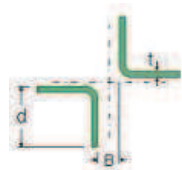


2 Cantoneiras (FF) opostas pelos vértices

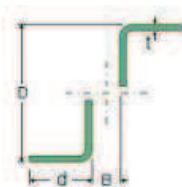




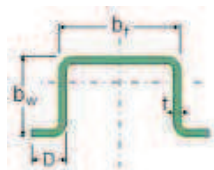
2 Cantoneiras (FF) em caixa



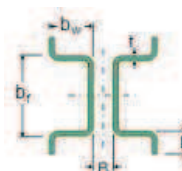
2 Cantoneiras (FF) em cruz



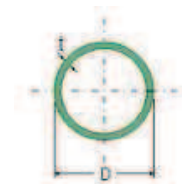
2 Cantoneiras (FF) em Z



Cartola (FF)



I cartola (FF)



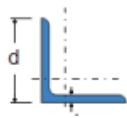
Tubo circular (FF)

O dimensionamento dos perfis vai ser dado de acordo com a norma a qual ele se adequou. No caso de selecionar perfis laminados ou soldados, será baseado nos procedimentos prescritos pela NBR 8800/2008.

Estão disponíveis 23 perfis entre laminados e soldados:



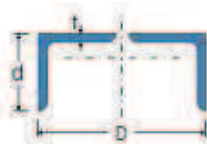
Cantoneira laminada



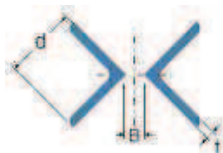
Cantoneira laminada



2 (2LLM) Cantoneiras laminadas opostas pelas abas



2 (LLM) Cantoneiras laminadas opostas pelas mesas



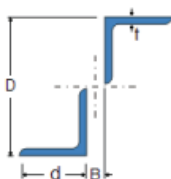
2 (VVM) Cantoneiras laminadas opostas pelos vértices



2 (LVLM) Cantoneiras laminadas em caixa



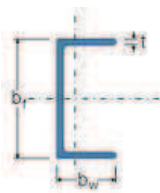
2 (LXLM) Cantoneiras laminadas em cruz



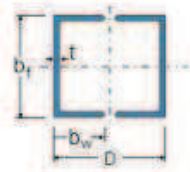
2 (LXLM) Cantoneiras laminadas em Z



U laminado (ULAM)



U laminado de abas paralelas (UAP)



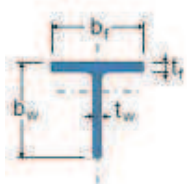
2U laminado de abas paralelas opostos pelas mesas



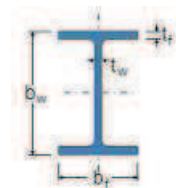
2 U laminado de abas paralelas opostos pelas almas



Tee laminado (TEE)



Tee laminado-metade do açomina (TW)



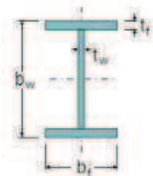
I laminado (ILAM)



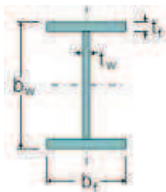
Redondo (RED)



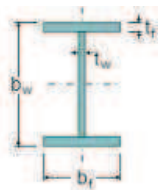
I açominas (W)



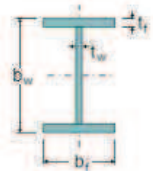
I soldado (PS)



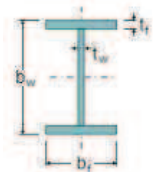
I coluna soldada (CS)



I viga soldada (VS)



I viga eletro-soldada (VSE)




I coluna-viga soldada (CVS)





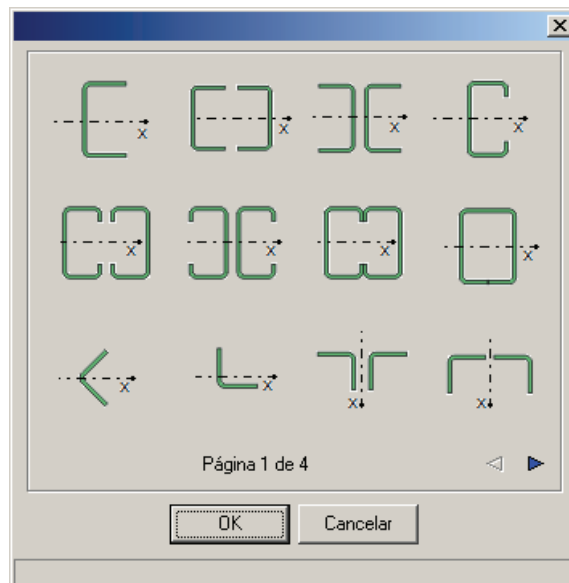
T soldado (TS)

6.3. Comando AUTODIMENSIONAR

Ativa-se o comando de *Autodimensionar* clicando-se no botão  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Autodimensionar barras.**

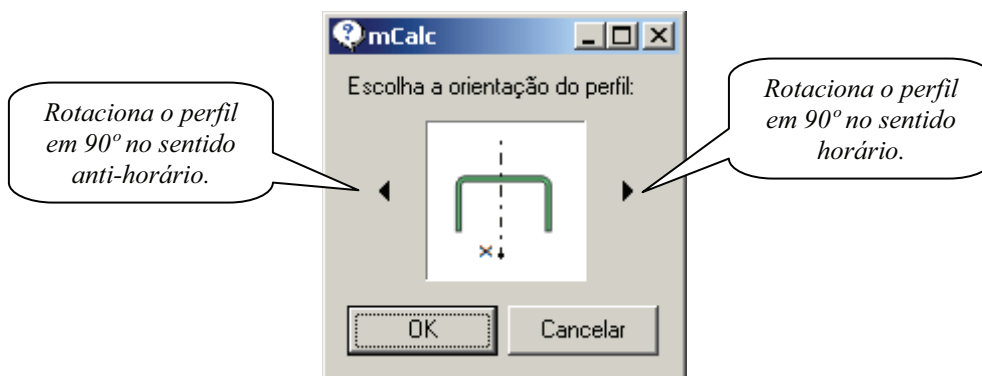
Selecionam-se as barras a serem autodimensionadas com o botão esquerdo do mouse. Estas ficarão desenhadas em vermelho. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>. Então abrirá uma janela com todos os perfis disponíveis:



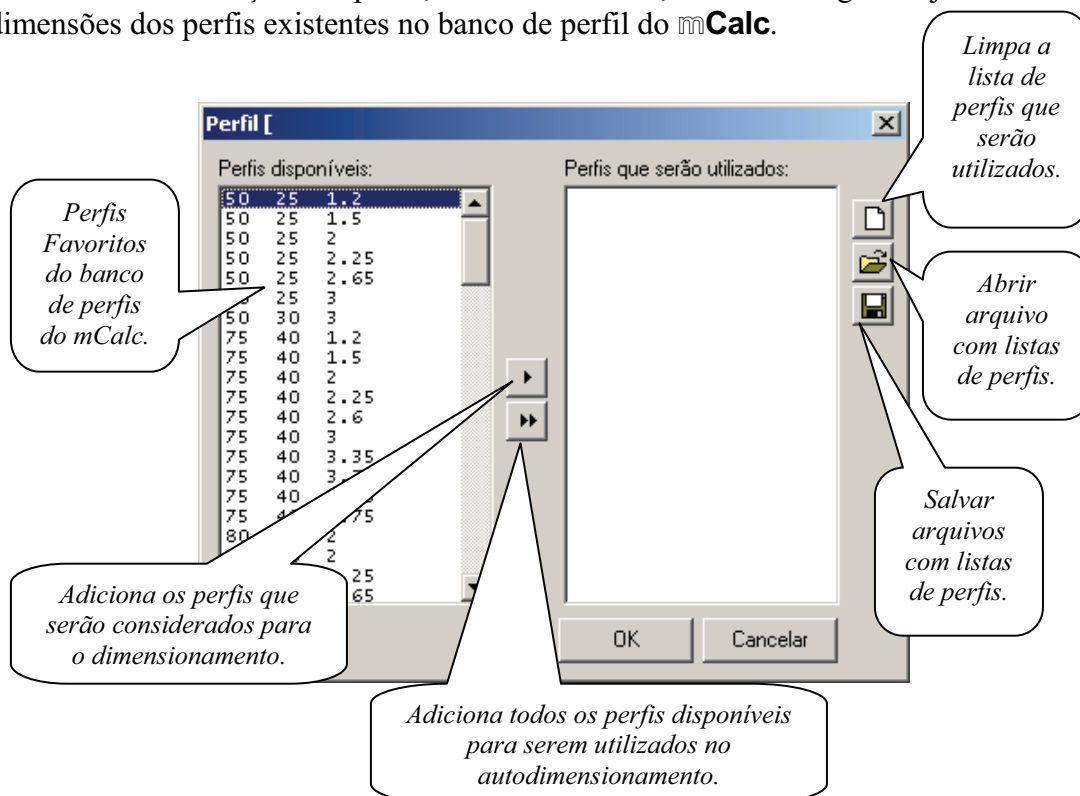
Deverá ser escolhido o tipo de perfil clicando-se sob ele com o botão esquerdo do mouse e posteriormente clicando em OK.

Então surgirá outra janela para que seja escolhida a orientação do perfil na estrutura:





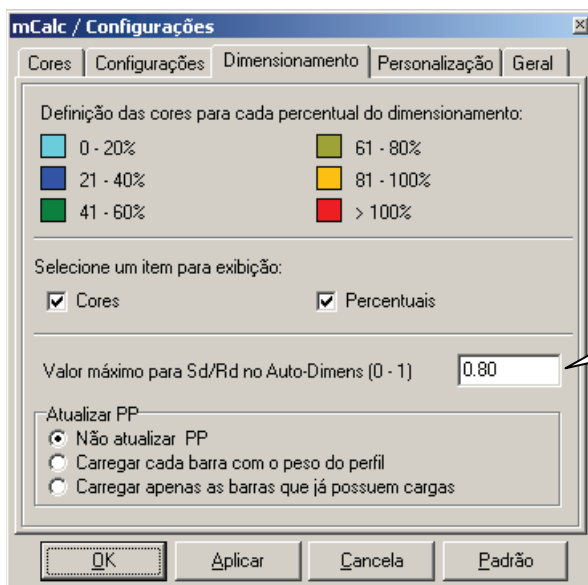
Escolhida a orientação do perfil, clica-se em OK, e então surgirá a janela com as dimensões dos perfis existentes no banco de perfil do **mCalc**.



Após selecionados os perfis que serão utilizados, o **mCalc** fará de forma otimizada o dimensionamento entre os perfis listados.

Observa-se ainda que o usuário deverá informar nas configurações qual é o máximo valor da performance que deseja ser atingida pelo *Autodimensionamento*. Deve-se ir ao menu *Exibir, Opções..., Dimensionamento*:






Configurar limite para performance no Autodimensionar.

6.4. Comando COPIAR PERFIS

Será utilizado para copiar o dimensionamento de uma barra para outra(s).

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Copiar Perfil com o botão esquerdo do mouse.

O mesmo comando será ativado clicando-se sobre o botão .

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione uma barra para copiar as propriedades.**

Seleciona-se a barra a ser copiado o perfil com o botão esquerdo do mouse. A barra que for selecionada ficará desenhada em vermelho.

Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Escolha barras aonde deseja colar as propriedades**

Com o botão esquerdo do mouse clica-se na barra que se quer colar as propriedades.

Esse comando ficará ativo até que se pressione-se o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará copiando as propriedades da barra selecionada para outra que se indicar.

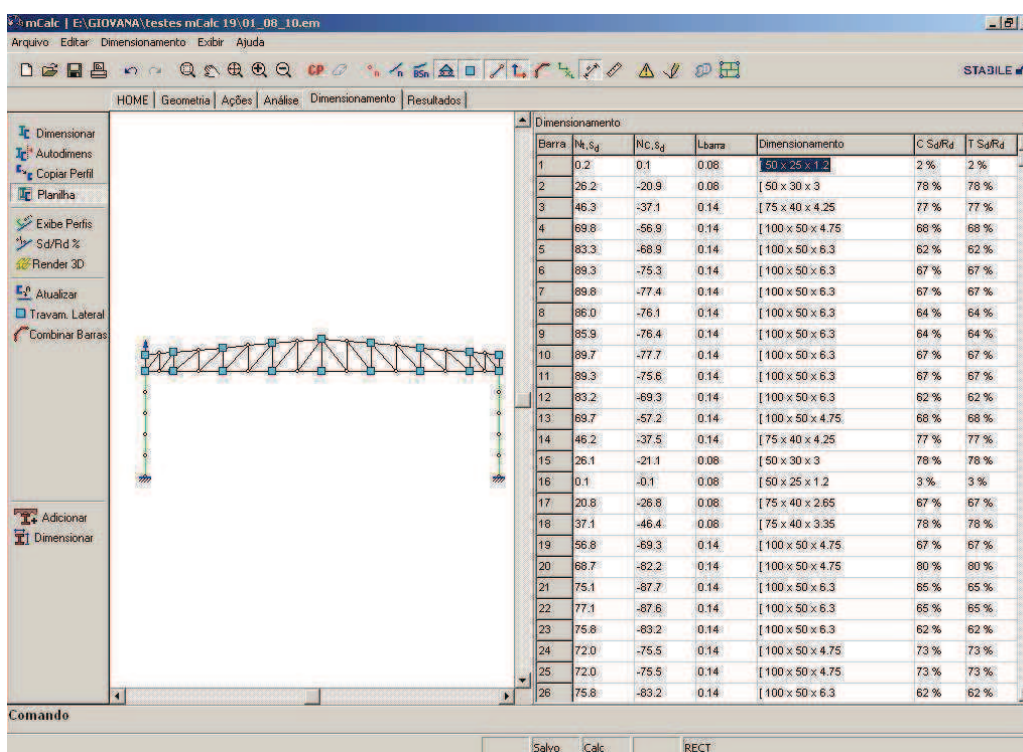
6.5. Comando PLANILHA

Ativando-se esse comando o módulo **Dimensionamento** apresenta a outra forma de se



dimensionar barras: por meio de uma planilha.

Ativa-se a planilha pressionando-se o botão  Planilha.



As barras da estrutura serão listadas na planilha de dimensionamento, apresentando:

Tração Máxima de Cálculo (Nt,Sd) e Compressão Máxima de Cálculo (Nc,Sd)

Comprimento da barra (cm)

Perfil Adotado

Relação Solicitação/ Resistência dos perfis adotados em percentuais

Barra	Nt,Sd	Nc,Sd	Lbarra	Dimensionamento	C Sd/Rd	T Sd/Rd
1	1328	-1222	100	[100 x 50 x 3.75	14 %	14 %
2	1395	-1222	100	[100 x 50 x 3.75	14 %	14 %
3	2476	-2352	100	[100 x 50 x 3.75	27 %	27 %
4	2542	-2352	100	[100 x 50 x 3.75	27 %	27 %

Para se dimensionar uma barra, posiciona-se o cursor sobre sua linha correspondente e pressiona-se **F6**: a janela de dimensionamento será aberta e se procede como descrito no



item 6.2 *Comando Dimensionar*.

O módulo **Dimensionamento** oferece alguns recursos quando se dimensiona por intermédio da planilha. Pressionando:

F1: será exibido um quadro de ajuda da planilha.


F3: o dimensionamento da linha superior (da barra anterior) será testado e copiado.

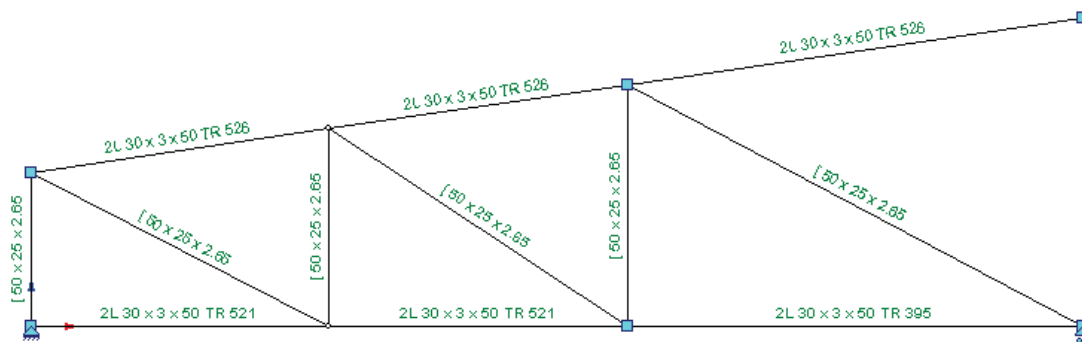
F4: a barra *atual* será localizada no centro da tela com cor diferenciada

F7: a barra em que se está com o *foco* se selecionada: será destacada com uma cor diferente no desenho geral da estrutura.

6.6. Comando EXIBE PERFIS

Será utilizado para exibir perfis das barras existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Exibir Perfis  com o botão esquerdo do mouse.




Automaticamente o módulo **Dimensionamento** exibirá todos os perfis adotados junto à respectiva barra.

Para se retirar a exibição dos perfis é necessário apenas apertar novamente no botão Exibir Perfis.

6.7. Comando $S_d/R_d\%$ (relação Solicitação/Resistência)

Será utilizado para exibir a *performance* dos perfis dimensionados, i.e. o percentual da relação *Solicitação/Resistência* dos perfis dimensionados.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

Automaticamente serão exibidos junto às barras dimensionadas as *performances*. Para se retirar a exibição das resistências é necessário apenas apertar novamente no botão.

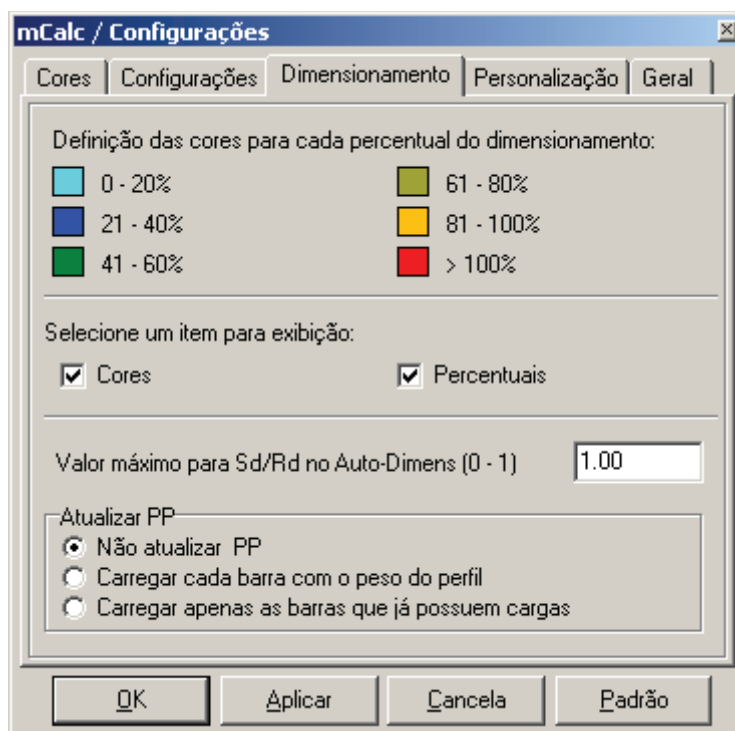
As barras que estiverem inseguras – com resistência de cálculo menor que a solicitação de cálculo – terão os percentuais exibidos na cor vermelha ou na cor configurada para

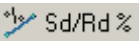
cada faixa do percentual selecionado pelo usuário.

Pode-se visualizar as *performances* dos perfis, relação *Solicitação/Resistência*, adotados através:

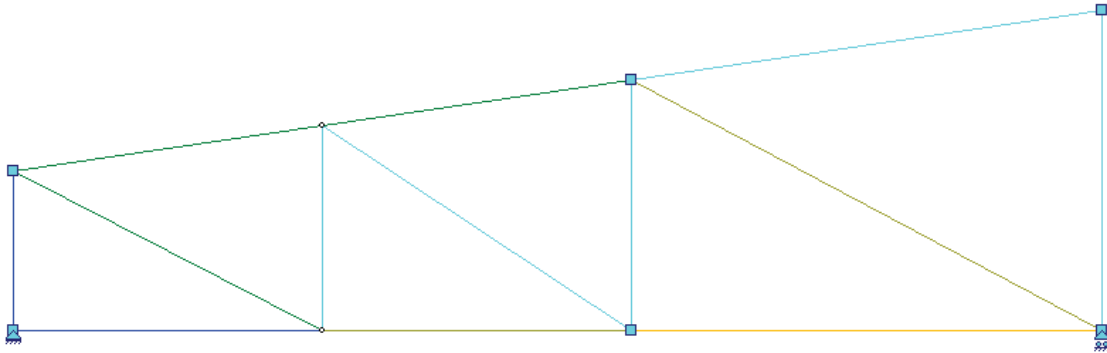
- dos valores numéricos das *performances* expressos em percentuais
- de cores, escolhidas pelo usuário, que expressam essas relações.
- cores e valores numéricos simultâneos.


Apresenta-se, a seguir, a janela de configuração (a janela de configuração encontra-se no menu *EXIBIR.....OPÇÕES*) de cores e de opção do que exibir.

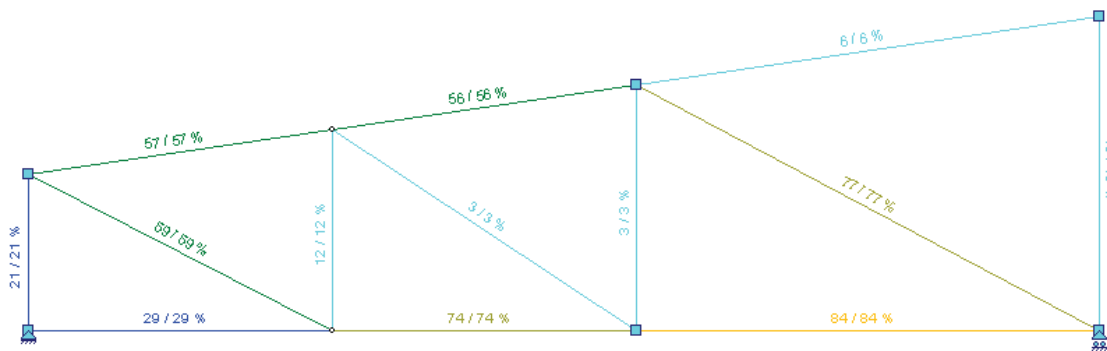


Escolhendo-se a opção *Cores* ao se clicar no botão  a estrutura será desenhada com as cores, como segue.




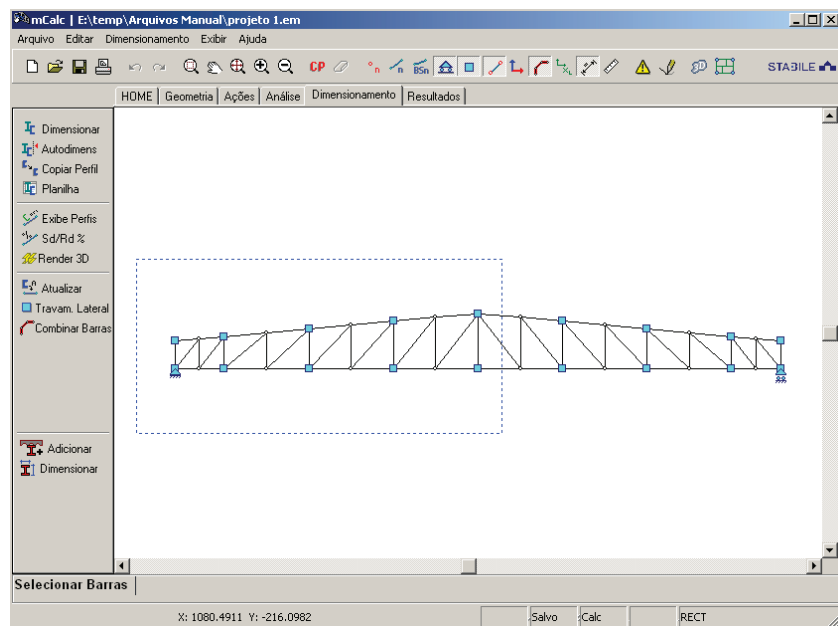


Escolhendo-se ambos *Cores* e *Percentuais*, ao clicar no botão  Sd/Rd % a estrutura será desenhada com as cores e texto, como segue:

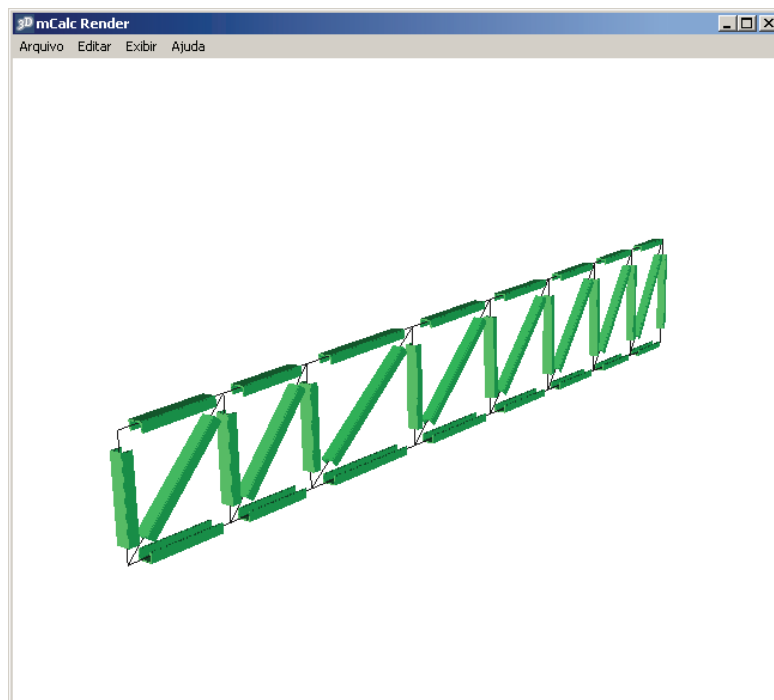


6.8. Comando RENDER 3D

Este comando será utilizado para visualizar as barras em 3D. Ativa-se o comando através de um clique com o botão esquerdo do mouse sob o botão  Render 3D .
No *prompt* do programa será exibida uma informação: **Selecionar Barras**.
Então deve-se selecionar as barras que queira-se visualizar em 3D:



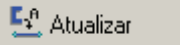
Confirmando com o botão direito do mouse ou apertando *Enter*, as barras seleccionadas serão exibidas em 3D. Inclusive respeitando a orientação declarada pelo usuário no momento do dimensionamento:



6.9. Comando ATUALIZAR PROPRIEDADES

Será utilizado para atualizar as propriedades das barras de acordo com os perfis que as dimensionaram, para uma nova análise.

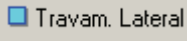
Como o dimensionamento é um processo interativo as propriedades como a área e o momento de inércia, diferem das propriedades iniciais utilizadas no cálculo. Com este comando estas propriedades são transferidas para se atualizar o cálculo da estrutura.

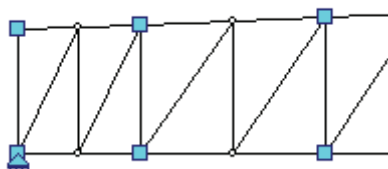
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Atualizar  com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma informação: *Propriedades atualizadas*

6.10. Comando TRAVAMENTO LATERAL

Ao se dimensionar uma estrutura é necessário informar ao módulo **Dimensionamento** onde se localizam os travamentos da estrutura, i.e. os pontos de restrição à flambagem lateral ou fora do plano dessa estrutura. Isso porque é sabido: os procedimentos de verificação à compressão e à flexão consideram os travamentos laterais, ou, mais propriamente, à distância entre eles. Por isso esse comando foi criado.

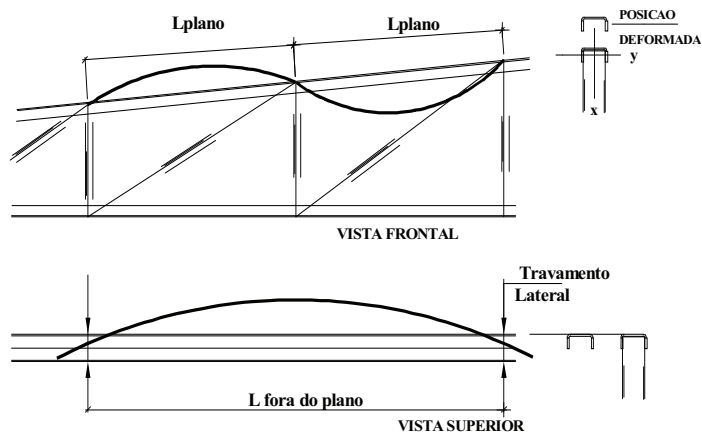
Clicando-se no botão  o módulo **Dimensionamento** aguardará que se declarem quais nós estão travados lateralmente. Bastará selecionarem-se os nós travados, clicando-se sobre eles, ou selecionando-se por retângulo e confirmando-se com o botão direito do *mouse*. O programa colocará um retângulo azul sobre o nó indicando que a estrutura está travada lateralmente nesse ponto.



Em banzos de treliças os comprimentos de flambagem das barras são:

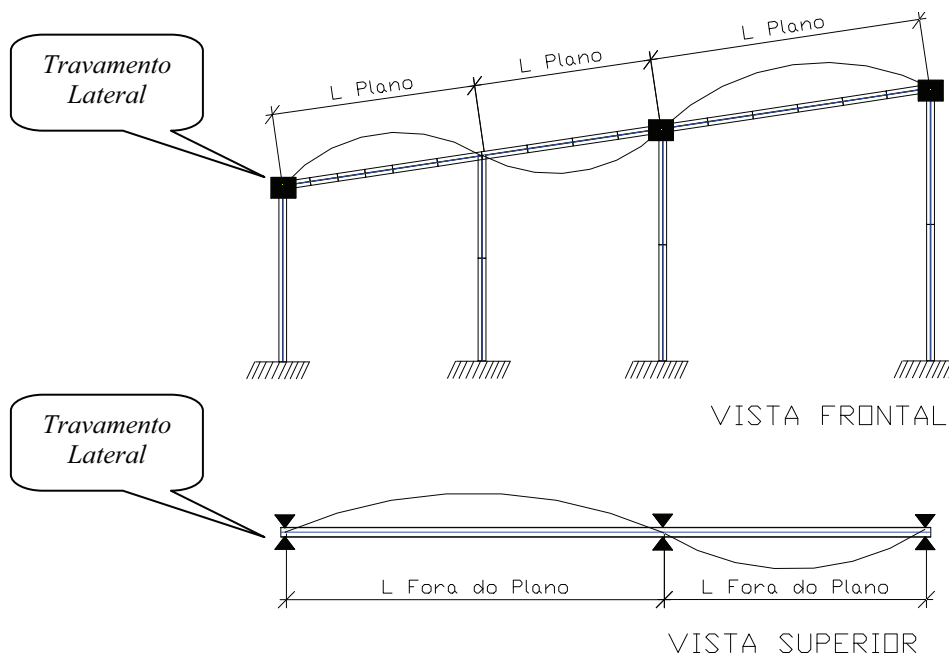
- No plano da treliça: a distância entre dois nós, i.e. o comprimento da barra,
- Fora do plano da treliça: a distância entre dois nós travados lateralmente.





Em elementos de pórticos os comprimentos de flambagem das barras são:

- No plano do pórtico: a distância entre dois nós que impedem o deslocamento da barra no plano do pórtico, i.e. a distância entre a interseção de duas barras que cruzam ou chegam nas barras que se está dimensionando.
- Fora do plano do pórtico: a distância entre dois nós travados lateralmente.



A partir desses conceitos e a partir do travamento lateral declarado para cada estrutura, o programa vai “conhecer” os comprimentos de flambagem *no plano* e *fora do plano* das barras.

A importante interpretação de que a flambagem em torno do eixo *X* ou *Y* será a flambagem *no plano* ou *fora do plano* será feita automaticamente com base na declaração dos travamentos e da orientação (posição) que o usuário escolheu para aplicar o perfil na estrutura.

Essa orientação deverá ser feita clicando-se no *slide* menor da janela do **Dimensionamento** e o perfil será aplicado na posição escolhida, imaginado que o plano da estrutura (treliça, pórtico ou viga) seja o plano vertical.

Perfis Favoritos:

b _f	b _w	t
75	40	2
75	40	2.25
75	40	2.6
75	40	3
75	40	3.35

Resistências de Cálculo:

N _{c,Rd}	N _{t,Rd}	M _{x,Rd}	V _{x,Rd}	Sd/Rd	V _{y,Rd}	M _{y,Rd}
4049.07	10780.91	20958.32	2814	0.174	1521.2	6100.04

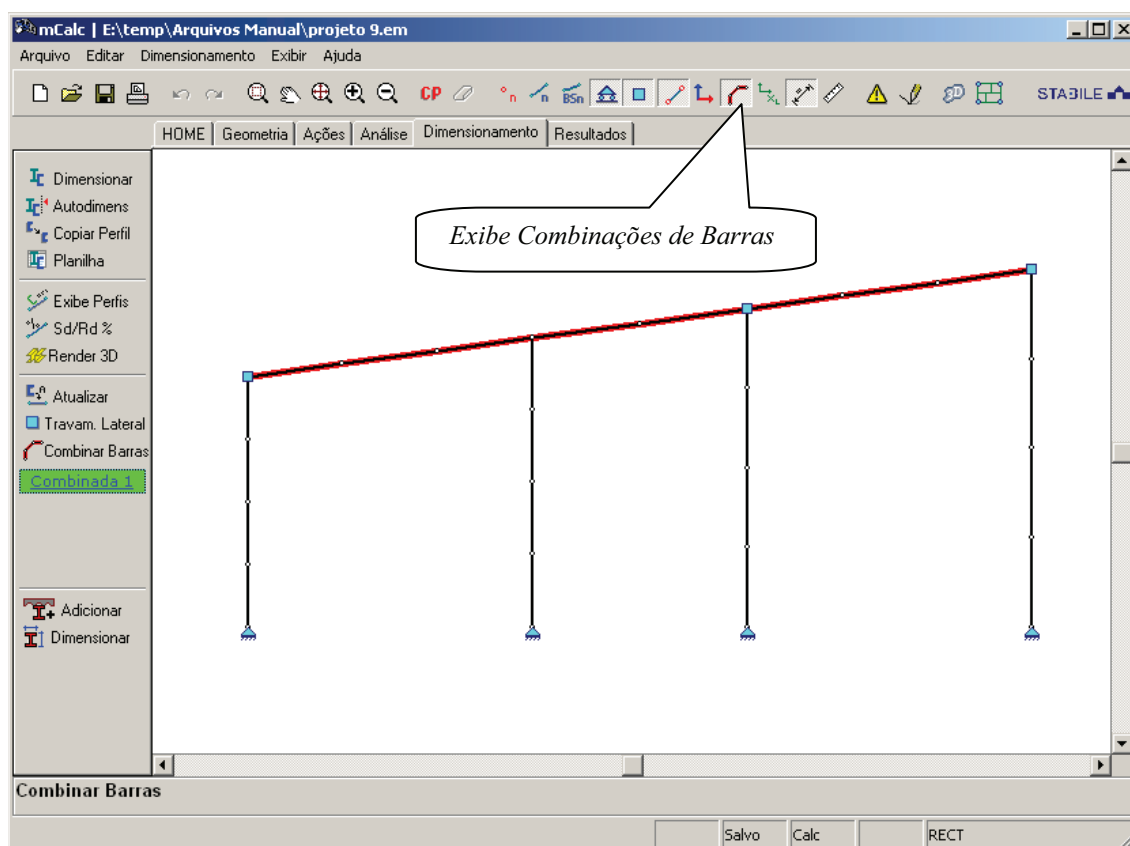
Nesse caso a flambagem Fora do Plano se dá em torno do eixo *X*


Plano imaginário da estrutura: o perfil U que está sendo aplicado está orientado para baixo, como se fosse o banco superior da treliça abaixo que tem a distância de 1,5 metros entre nós



6.11. Comando COMBINAR BARRAS

Para o caso de pórticos criou-se o comando **Combinar Barras** neste irá se declarar se existem barras que estão combinadas com outras, e por isso deverão ser consideradas como se fossem uma só barra para efeito de avaliação de comprimento de flambagem.



Para se fazer essa declaração basta clicar-se sobre o botão  e selecionarem-se as barras a serem combinadas.

Podem-se criar ilimitadas combinações de barras. Para apagar uma combinação, seleciona-se a Combinação e pressiona-se a tecla *Delete*.

Para exibir-se uma combinação, clica-se sobre a Combinação que se quer, no menu à esquerda, e ativa-se o botão *Exibe Combinações*.

IMPORTANTE:

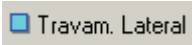
Para elementos de pórticos, caso não se declare Combinação de Barras o programa interpretará que:

- o comprimento de flambagem *fora do plano* será a distância entre os pontos de travamento lateral e no plano;

- o comprimento de flambagem *no plano* será o comprimento de cada barra.

Na configuração do programa (menu *Exibir Opções*) é possível optar-se por receber um aviso do programa da necessidade de se declarar travamentos laterais ou não.

Caso não, os comprimentos de flambagem *no plano* e *fora do plano* serão considerados os comprimentos das barras.

Para se declarar que o nó não está mais travado basta clicar o botão  e selecionar-se o nó desejado.

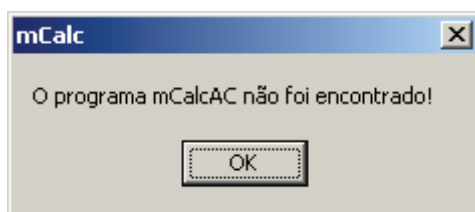
O módulo de **Dimensionamento** retirará o travamento do nó escolhido.

6.12. Dimensionamento de Elementos de Viga Mista

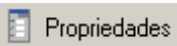
Ainda entre os comandos do módulo de **Dimensionamento** têm-se os referentes a elementos de viga mista.

Para que possam ser usados estes comandos é necessário ter instalado o programa de análise de estruturas mistas, o **mCalc AC**; e também, dentro do próprio **mCalc** deverão ser declaradas, ainda no módulo de **Geometria**, as propriedades das barras que são elementos de viga mista, só assim será possível utilizar os comandos de dimensionamento de vigas mistas no módulo **Dimensionamento**.

Caso não se tenha o programa **mCalc AC** instalado, o **mCalc** exibirá a seguinte mensagem:

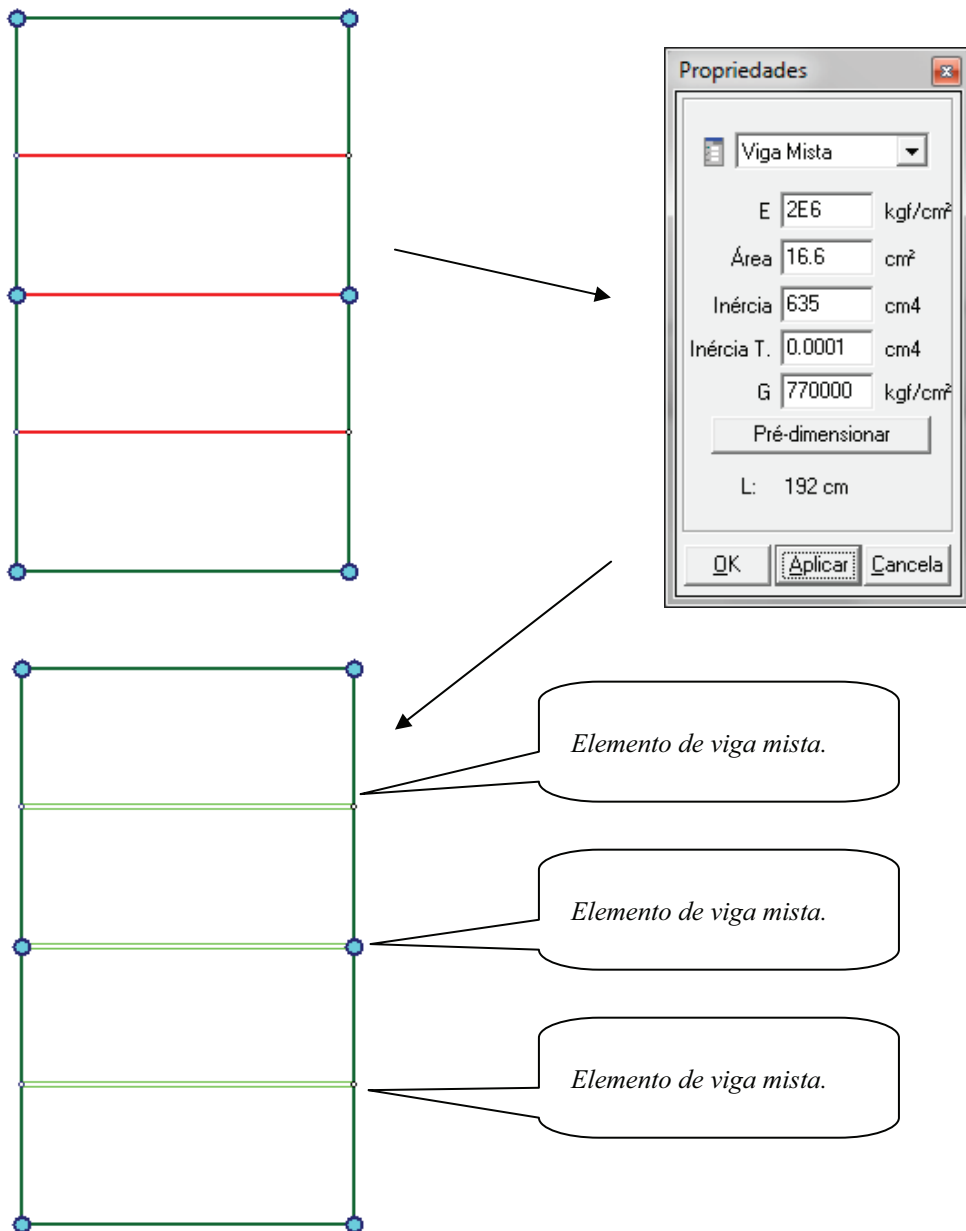


6.12.1 CRIANDO ELEMENTOS DE VIGA MISTA


No módulo **Geometria** clica-se no botão  e selecionam-se as barras que serão dimensionadas como viga mista. A seguir confirma-se com o botão direito do mouse ou clica-se na tecla *Enter*. Então surgirá uma janela para selecionar o tipo de estrutura, seta-se **Viga Mista**.

Por fim, confirma-se clicando em OK. E as barras, que agora são elementos de viga mista, serão desenhadas de forma diferente das outras.



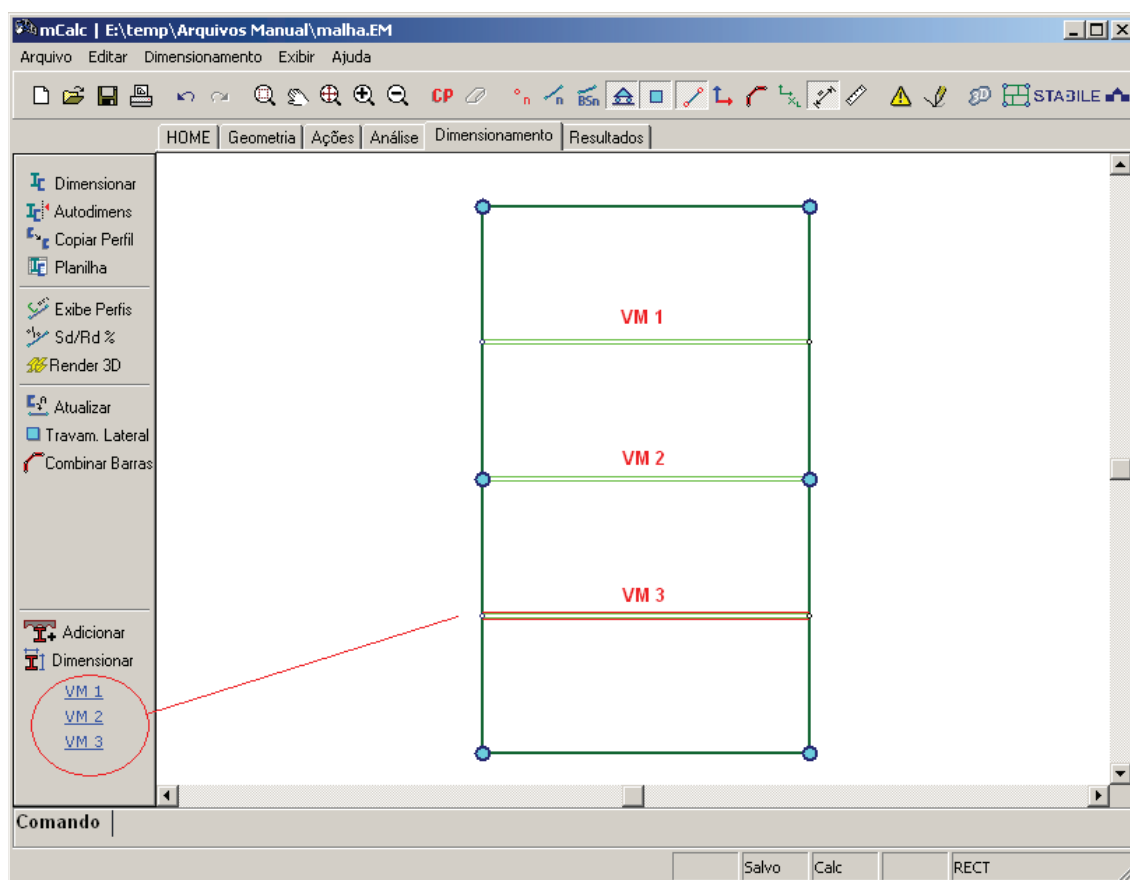



6.12.2 DIMENSIONANDO ELEMENTOS DE VIGA MISTA

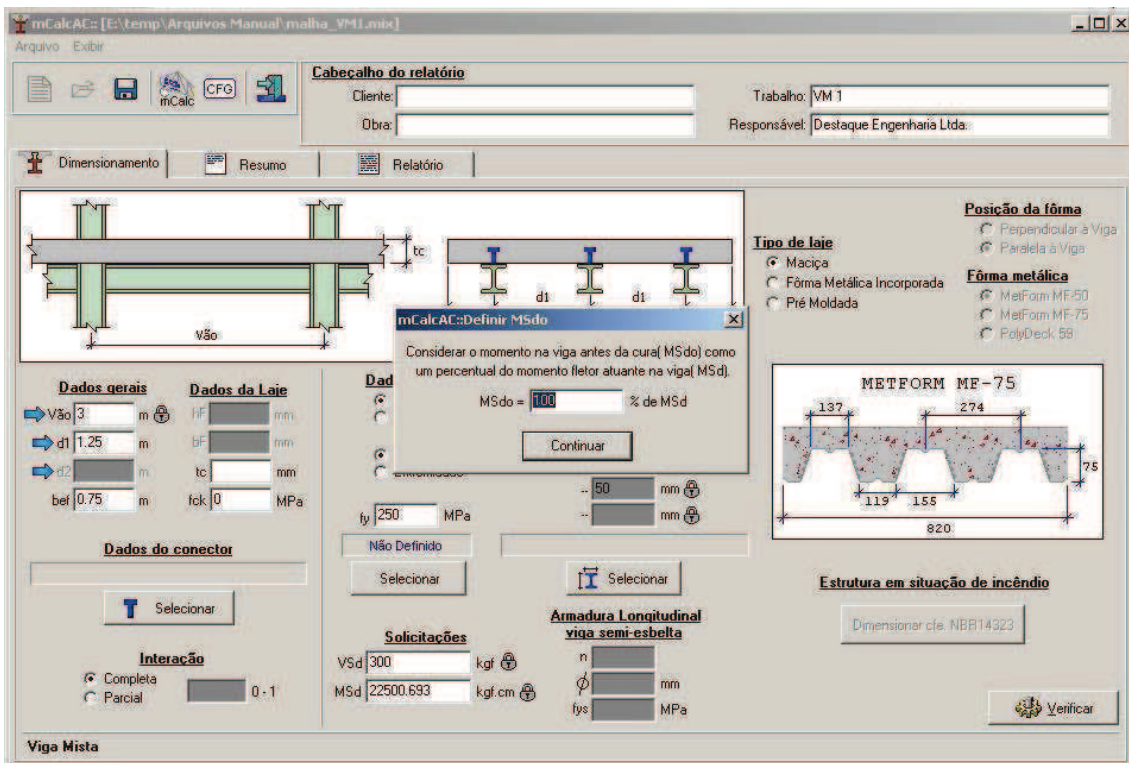
Para dimensionar vigas mistas no módulo de Dimensionamento deve-se, inicialmente, adicionar viga mista. Para isso, clica-se no botão  Adicionar com o botão esquerdo do mouse. No *prompt* do programa surgirá uma ordem: **Selecione vigas mistas para**

dimensionar. Então deverão ser selecionadas e confirmadas com o botão direito ou clicando na tecla *Enter* as vigas mistas a dimensionar.

No lado esquerdo aparecerão listadas as vigas mistas adicionadas:



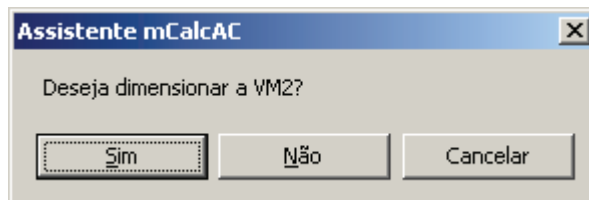
O dimensionamento destas vigas mistas será feito clicando em  **Dimensionar** com o botão esquerdo do mouse, então surgirá o ambiente do programa **mCalc AC** com os valores de vão, intervigas, solicitações máximas de esforço cortante e momento fletor. A partir deste momento o usuário passará a manipular o programa de viga mista dentro do **mCalc AC**. Caso haja dúvidas sobre o funcionamento do programa **mCalc AC**, sugere-se a leitura do manual deste.



Depois que for verificada a primeira viga mista, deve-se retornar ao ambiente do

mCalc, clicando-se no botão  com o botão esquerdo do mouse.

Caso exista mais de uma viga mista surgirá uma mensagem perguntando ao usuário se ele deseja dimensionar a próxima viga mista listada quando estas foram adicionadas:



Se clicar em SIM, o mCalc AC abrirá com os dados da próxima viga mista da lista. Caso escolha-se NÃO ele pulará para a próxima viga mista da lista até passarem por todas e então por fim voltará ao ambiente mCalc, da mesma forma se clicar em CANCELAR.

Os valores que serão repassados ao mCalc são as resistências, o perfil adotado, o tipo e quantidade de conectores (além da distância interconectores) e a performance da viga mista em relação ao esforço cortante e momento fletor.



6.13. Interpretando Resultados

É muito importante que se atente para as respostas que o programa oferece, sobretudo em bem analisar esses resultados.

6.13.1 Performance dos perfis: $S_d/R_d\%$

A relação $S_d/R_d\%$ (solicitação/resistência) é a maneira rápida usada pelo programa para “dar as respostas” ao usuário.

Por isso foi criada uma convenção para que se tenha a perfeita interpretação do que se passou no dimensionamento de uma barra.

Além dos percentuais e cores acima descritos tem-se:

- **0 / 0 %** - será exibido quando os valores das solicitações são muito pequenos em relação às resistências de cálculo.
- **? / 9 %** - quando a barra tem solicitações de mesmo sinal – só de compressão ou só de tração – o programa verificará uma das solicitações exibindo a *performance* do perfil e apresentará ? relativo à solicitação não verificada.
- **? / ?** - será exibido quando foi detectado algum problema e não foi possível verificar-se o dimensionamento da barra: **o perfil é incompatível** ou a **esbeltez foi excedida**.

6.13.2 Envoltória de Máximos e Mínimos

A Envoltória de Máximos e Mínimos é uma tabela que exhibe, barra por barra, os maiores valores das forças de tração (Máximos) e os maiores valores das forças de compressão (Mínimos).

Para criar essa tabela o programa passa por todos as combinações de ações criadas, barra por barra, *separando* os valores máximos e mínimos.

Em alguns casos atípicos tem-se valores que são inesperados:

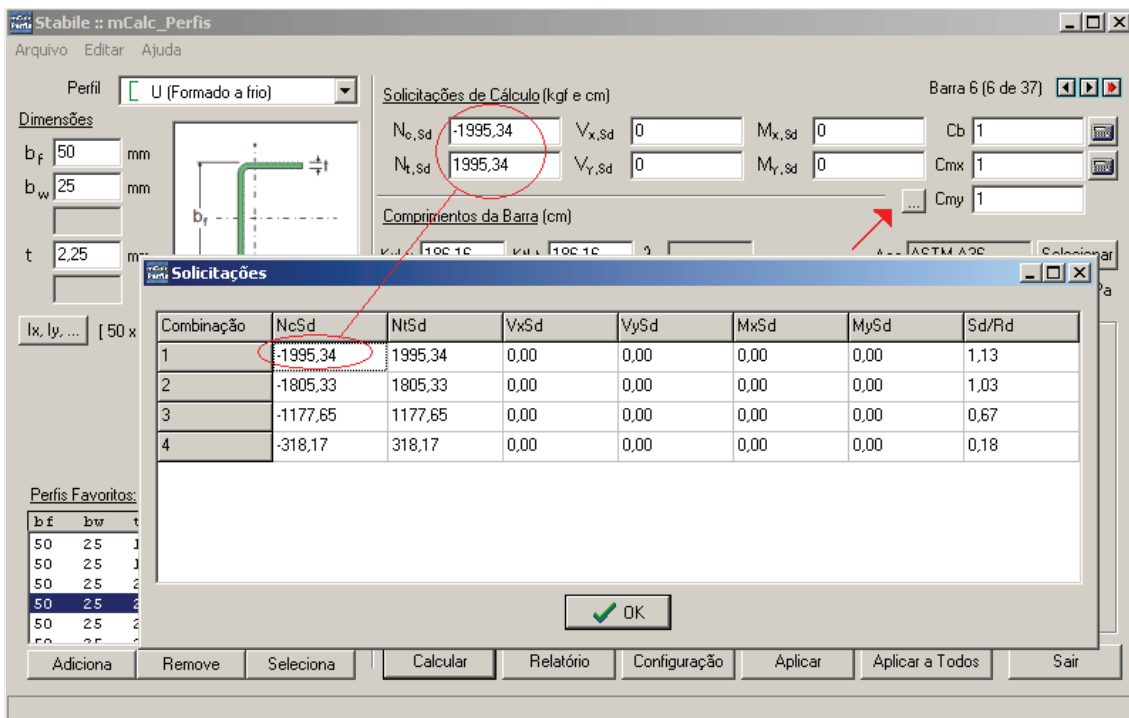
- i.* É o caso de estruturas que foram analisadas com uma só combinação de ações. Tanto o valor *Máximo* como o *Mínimo* apresentarão os mesmos valores.
- ii.* É o caso de barras que são só comprimidas ou só tracionadas. Os valores máximo e mínimo terão mesmo sinal.

6.13.3 Equações de interação

No módulo de **Dimensionamento** calcular-se-á as equações de interação para **todas** as combinações de ações, e escolher-se-á a que resultar valor maior.

Será essa combinação quem governará o dimensionamento da barra.



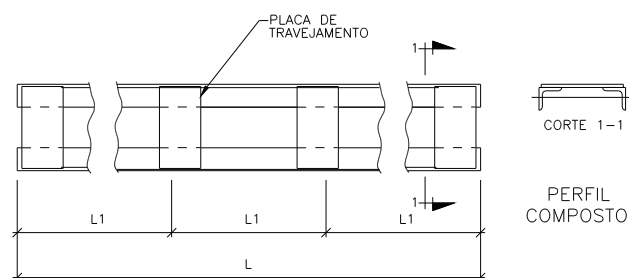


6.14. Perfis Compostos

Faz-se, nesse momento, alguns comentários sobre os perfis compostos porque eles merecem uma especial atenção, já que são perfis eficientes, muito utilizados, e que se usados de maneira inadequada podem trazer problemas.

Dois ou mais perfis, unidos entre si por meio de uma ligação não contínua - solda ou travejamento em quadro ou em treliça - que trabalham como se fossem um só perfil são conhecidos por *Perfis Compostos*.

Sempre travejar as duas extremidades de um perfil composto.



Perfil Composto



Para a determinação da resistência de cálculo dos perfis compostos devem-se verificar:

a) *Flambagem do perfil isolado:*

O perfil isolado - um dos perfis que formam o perfil composto - flamba, em torno do seu eixo de menor inércia, tendo como comprimento de flambagem a distância entre elementos de travejamento “ L_1 ”.

No caso do perfil isolado, deve-se considerar, também, a flambagem local da maior parede não enrijecida. A resistência final de cálculo será a menor: entre a flambagem global do perfil isolado e a flambagem local de uma de suas paredes.

b) *Flambagem global do perfil composto:*

O perfil composto criado terá 2 eixos principais de inércia. Um dos eixos será paralelo ao(s) plano(s) de travejamento e o outro eixo perpendicular.

É costume comporem-se os perfis de tal maneira que se traveje planos paralelos ao eixo de maior inércia. Assim será obtido um perfil com inércia bem aumentada em torno do eixo paralelo ao de menor inércia dos perfis simples.

A inércia desse perfil, em torno do eixo paralelo aos planos de travejamento, será determinada somando as inércias de cada perfil isoladamente (é claro que é caso de simples soma se o eixo principal da composição coincidir com o eixo principal do perfil isolado; caso contrário se deverá obter a inércia da composição pelo Teorema de *Steiner*).

A inércia do perfil composto em torno do outro eixo principal, perpendicular ao plano de travejamento, terá um valor intermediário entre a inércia que se calcula pelo Teorema de *Steiner* e a que se avalia considerando os dois perfis isolados.

Os elementos de travejamento, por serem descontínuos, não oferecem uma união tão eficiente como uma ligação contínua entre os perfis, e essa deficiência deve ser considerada na avaliação dessa inércia ou esbelteza como orientam as normas.

Adota-se o procedimento da norma NB14/68 (ABNT, 1968) que é uma adaptação da norma DIN4114 (Deutsche Industrie Normen, 1952), considerando-se somente o caso de travejamento em quadro.

Supondo-se que o eixo perpendicular aos planos de travejamento seja o eixo Y a esbelteza final será uma esbelteza ideal λ_{y_i} .

$$\lambda_{y_i} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

Onde:

$\lambda_y = \frac{K_y L_y}{r_y}$ esbelteza do perfil composto em torno do eixo perpendicular ao plano de

travejamento, considerando-se a inércia *cheia* em torno desse eixo;



$\lambda_1 = \frac{K_1 L_1}{r_1}$ esbeltez do perfil simples em torno do eixo de menor inércia (eixo 1).

Sendo:

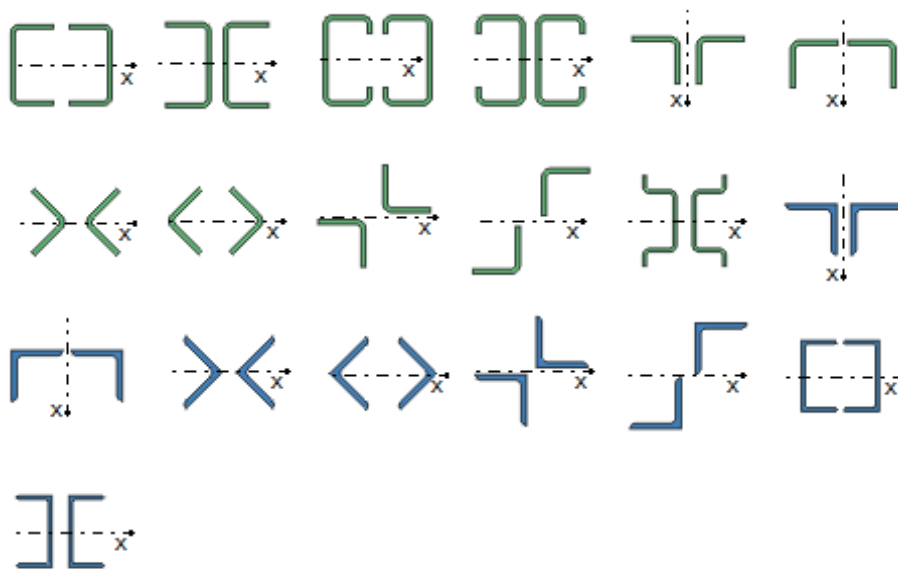
L_1 a distância entre placas de travejamento;

m = número de perfis simples que formam o perfil composto.

Por orientação da norma DIN 4114 (Deutsche Industrie Normen, 1952), deve-se dispor os elementos de travejamento, pelo menos, nos terços do perfil composto. Essa recomendação foi implementada no programa, forçando o usuário declarar, no mínimo travejamento a cada $L/3$.

Outra recomendação da DIN 4114 é a de afastar as placas de travejamento, L_1 , em distâncias menores que $50 r_{min}$ é oferecida ao usuário, embora essa recomendação possa ser negligenciada.

O **mCalc** tem implementado as rotinas para a verificação de *Perfis Compostos*, descritas acima e disponibiliza para os perfis que seguem:



Ao se abrir a janela de diálogo do Dimensionamento para verificar um *Perfil Composto* deve-se informar ao programa a cada quanto se quer travejar, ou em quantas partes vai se dividir a barra. Assim o comprimento L_1 , que é o comprimento de flambagem da barras isolada ou a distância entre travejamentos ficará definida por L/XX .

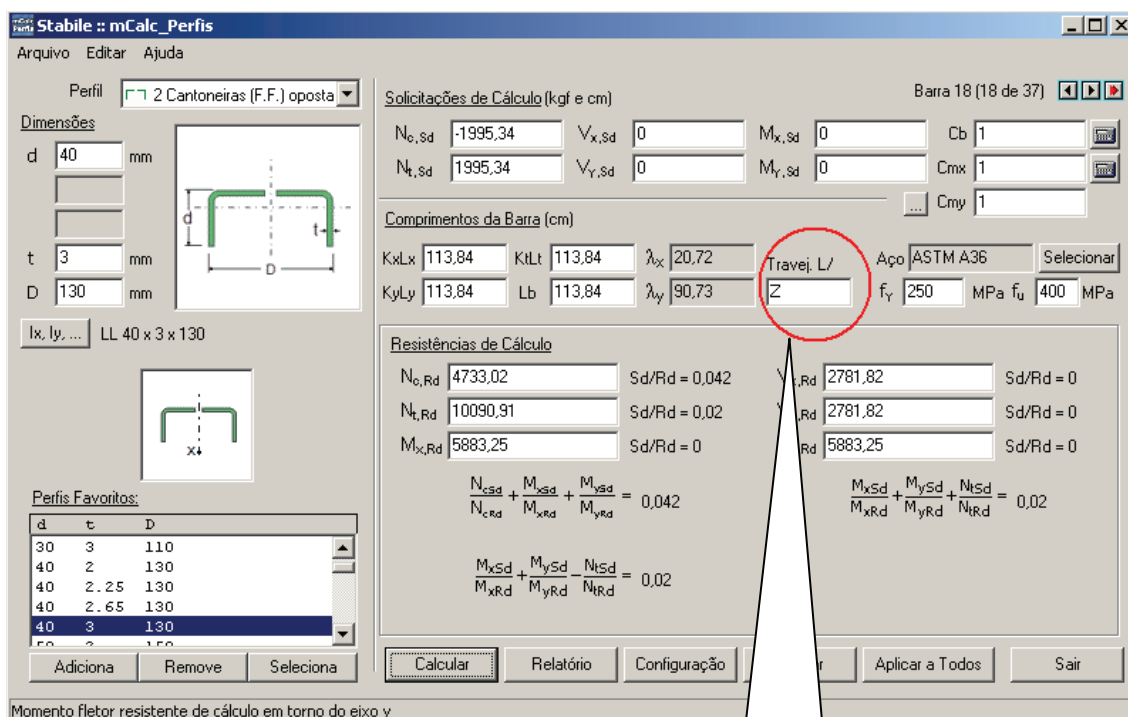
Por *default* o travejamento das barras é adotado como a cada $L/3$

6.15. Perfis Duplos Isolados

No item anterior viu-se que se pode dimensionar barras usando *Perfis Compostos* com o **mCalc**. Entretanto para barras com comprimento pequeno, ou em barras só tracionadas é interessante adotá-las com perfis duplos, porém não travejados entre si, ou seja: perfis duplos isolados.

Para esses casos a resistência de cálculo será calculada como o dobro da resistência de cálculo de uma barra isolada, com o comprimento de flambagem igual à distância entre os dois nós que formam a barra.

A maneira de se usar *Perfis Duplos Isolados* é a mesma adotada para *Perfis Compostos*: selecionam-se as barras a dimensionar, abre-se a janela de diálogo, escolhe-se o perfil duplo e digita-se Z (de Zero) ao se informar o travejamento. Assim o programa interpretará que os perfis NÃO serão travejados, configurando 2 perfis duplos isolados.



CAPÍTULO 7.



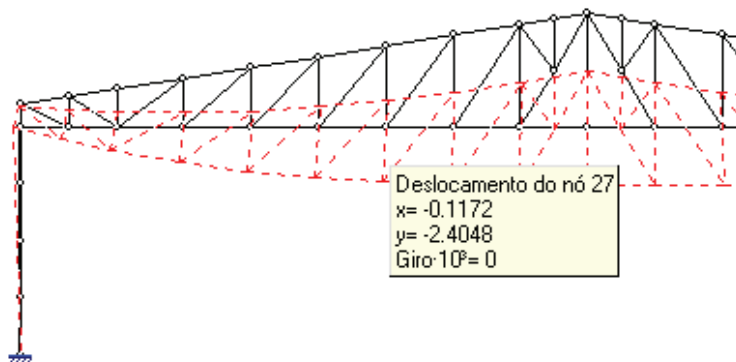
MÓDULO RESULTADOS

```
|                                     mCalc / GERAÇÃO AUTOMÁTICA                                     |
|-----|-----|
| Stabile Engenharia Ltda.                                     Versão 3.0 |
|-----|-----|
| Empresa:                                                    Data: 17/05/11 |
| End. da Empresa:                                           Hora: 16:47:36 |
| Obra:                                                       |
| Cliente:                                                    |
| Responsável:                                               |
| Arquivo: D:\Stabile\Manuais\Manual 2D\3.0\Ex\Treliza      |
|-----|-----|
```

DADOS DA ESTRUTURA

1. DADOS PRINCIPAIS

Vão teórico	20.00 m
Altura máxima	2.00 m
Altura mínima	0.80 m
Inter-terças	1.40 m
Inter-tesouras	5.00 m
Pé direito	6.00 m
Comprimento	50.00 m



CAPÍTULO 7. MÓDULO RESULTADOS

7.1. INTRODUÇÃO

Ao término das etapas de **Análise** ou de **Dimensionamento** o sistema **mCalc** disponibiliza os relatórios da Análise e do Dimensionamento.

Para se ter acesso clica-se sobre o módulo **Resultados**.

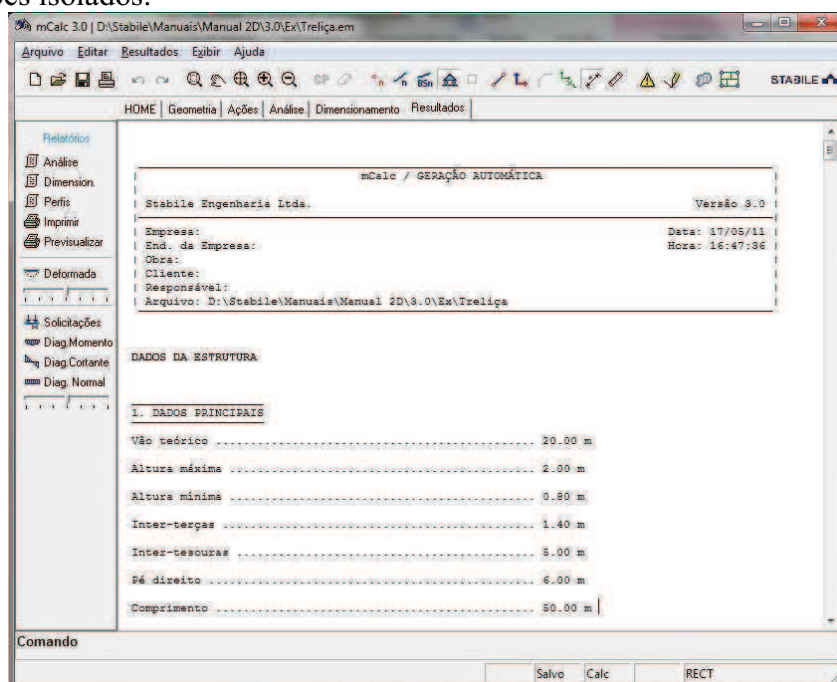
7.2. Relatório da ANÁLISE

Apresenta o relatório completo da análise estrutural.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  **Análise**.

Ao se ativar esse comando serão apresentados, em forma de relatório, os dados da estrutura – geometria, ações, propriedades, vinculação – e os resultados – deslocamentos nodais, forças e momentos nas extremidades das barras, combinação por combinação de estados de ações.

O módulo **Resultados** apresenta, também, a envoltória de máximos e mínimos – deslocamentos e solicitações – e ao final do relatório, as reações de apoio para todos os estados de ações isolados.



Caso esteja dentro do relatório e queira visualizar as coordenadas nodais, conectividades das barras, vínculos, ações ou envoltória bastará “rolar” o relatório: está embutido no **mCalc** um editor de textos que possibilita a manipulação do relatório.

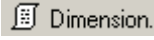
O relatório apresentado é um arquivo.RTF, que possibilita sua exportação para os editores de texto mais usados no mercado.

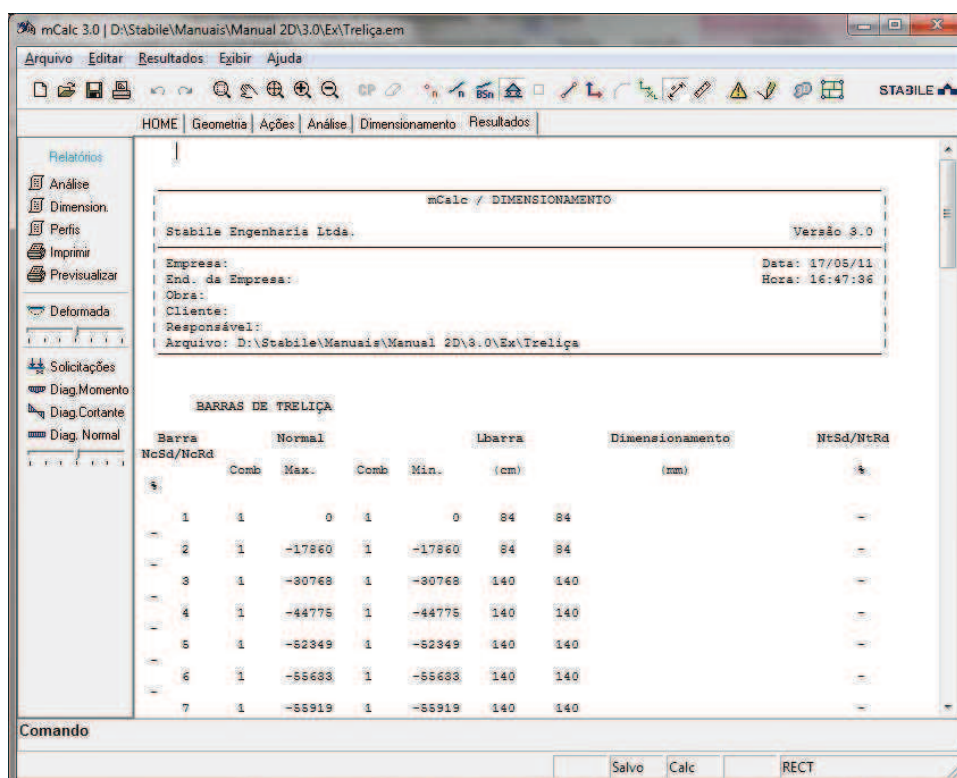
Esse relatório estará gravado num arquivo como: NomeArquivo_RES.RTF. Além desse arquivo o relatório é gravado num arquivo texto NomeArquivo.RES e pode-se editá-lo com qualquer editor de textos e da mesma forma imprimi-lo como tal.

Caso se tenha gerado os dados da estrutura com o auxílio do **Assistente de Projetos** (geração automática de dados) antes do relatório da Análise, será apresentado o relatório dessa Geração Automática.

7.3 Relatório do DIMENSIONAMENTO

Será utilizado para mostrar o relatório do dimensionamento.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Dimensionamento  com o botão esquerdo do mouse, como está mostrado abaixo:




Ao se pressionar o botão Dimensionamento o sistema **mCalc**, automaticamente apresentará na tela o relatório do Dimensionamento, onde encontra-se a tabela da Envoltória de Máximos e Mínimos, o perfil adotado e a *performance* do perfil.

O relatório do Dimensionamento é, também, um arquivo tipo .RTF (NomeArquivo_DIM.RTF) que poderá ser exportado para qualquer editor de texto. Além disso, será gerado arquivo texto gravado com o nome NomeArquivo.DIM e pode-se editá-lo com qualquer editor de textos e da mesma forma imprimi-lo como tal.

7.4. Comando DEFORMADA

Será utilizado para a visualização da deformada de cada combinação calculada.

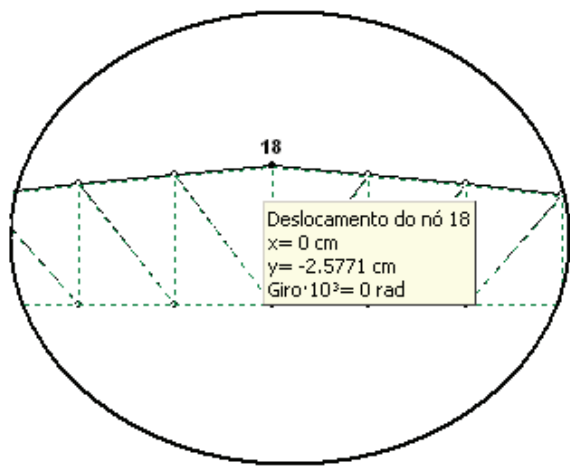
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Deformada  com o botão esquerdo do mouse.



Para efeito de melhor visualização, pode-se acentuar o desenho da deformada manipulando a barra de rolagem para a direita e diminui-se a deformada rolando a barra para a esquerda.

Após se ter apertado no botão Deformada será exibida uma lista onde se escolhe a combinação que se deseja visualizar

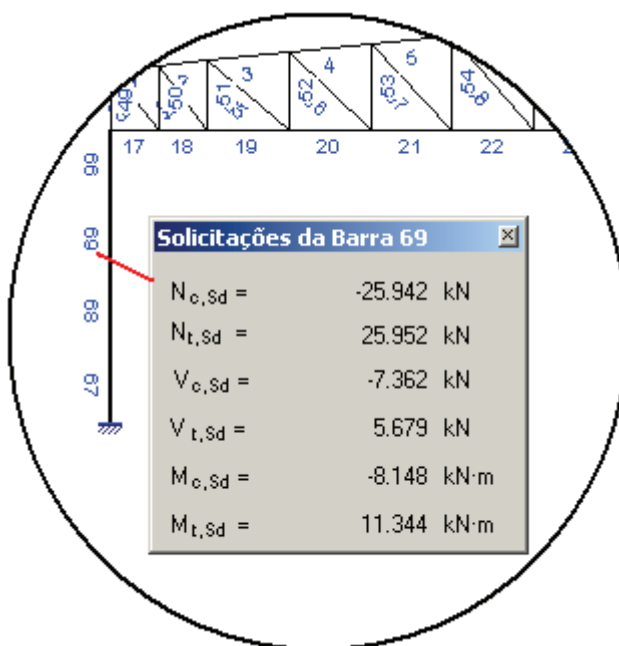
Foi desenvolvido para oferecer, além do desenho das deformadas de cada Combinação de Ações, o valor dos deslocamentos nodais. Para que esses deslocamentos sejam exibidos basta que se aproxime o cursor do *mouse* do nó escolhido: o **mCalc** abrirá uma janela informando os deslocamentos dessa Combinação de Ações.



7.5. Comando SOLICITAÇÕES

É possível visualizarem-se as *Solicitações de Cálculo* (NSd, VSd e MSd) da Envoltória de Máximos e Mínimos de cada barra, bastando acionar-se o comando SOLICITAÇÕES e, posteriormente, aproximar o cursor do *mouse* da barra que se quer a solicitação.

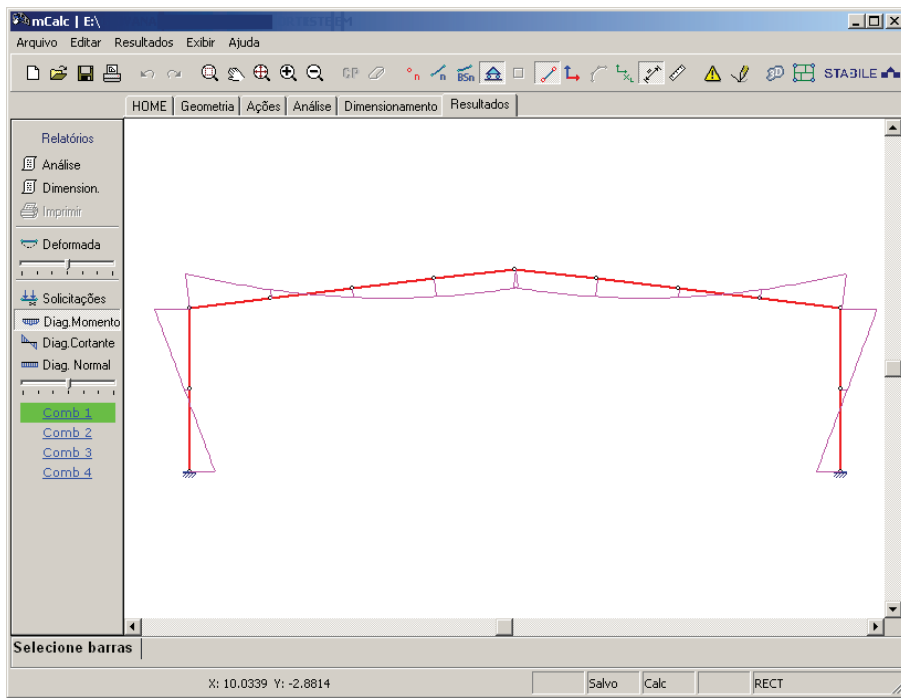
O **mCalc** abrirá uma janela informando o valor das solicitações da respectiva barra.



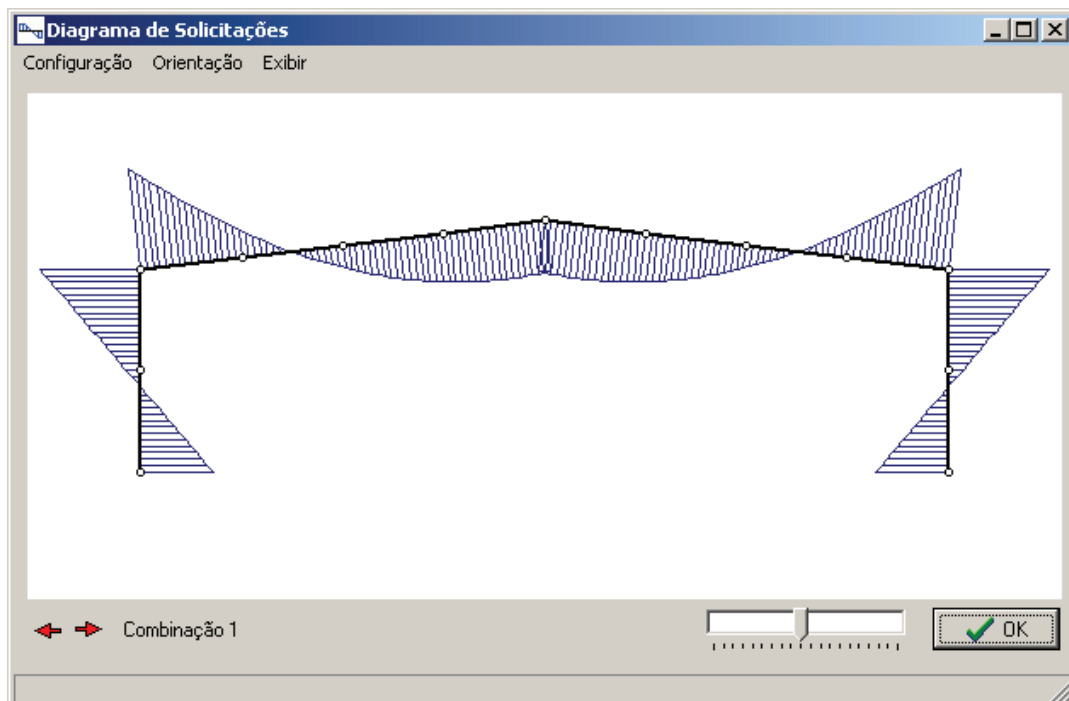
7.6. DIAGRAMAS


É possível visualizarem-se os diagramas de momento, cortante e normal das estruturas.

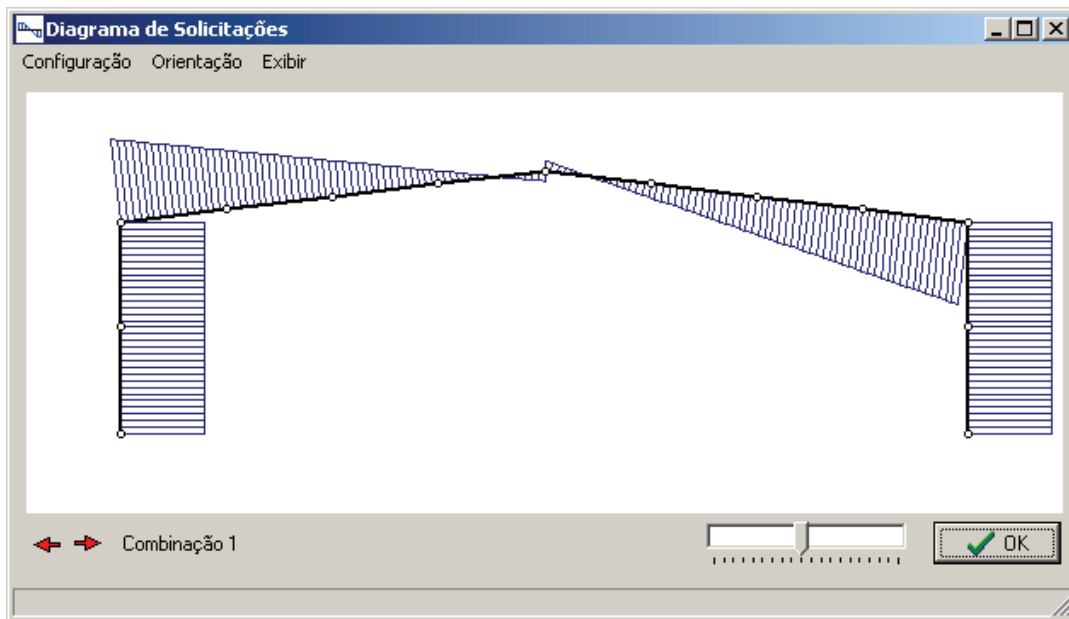
Para visualizar o digrama de momentos basta clicar com o botão esquerdo do mouse em **Diag.Momento** e selecionar as barras. Apenas selecionando-as aparecerá na tela do **mCalc** as linhas do diagrama na estrutura:

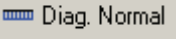


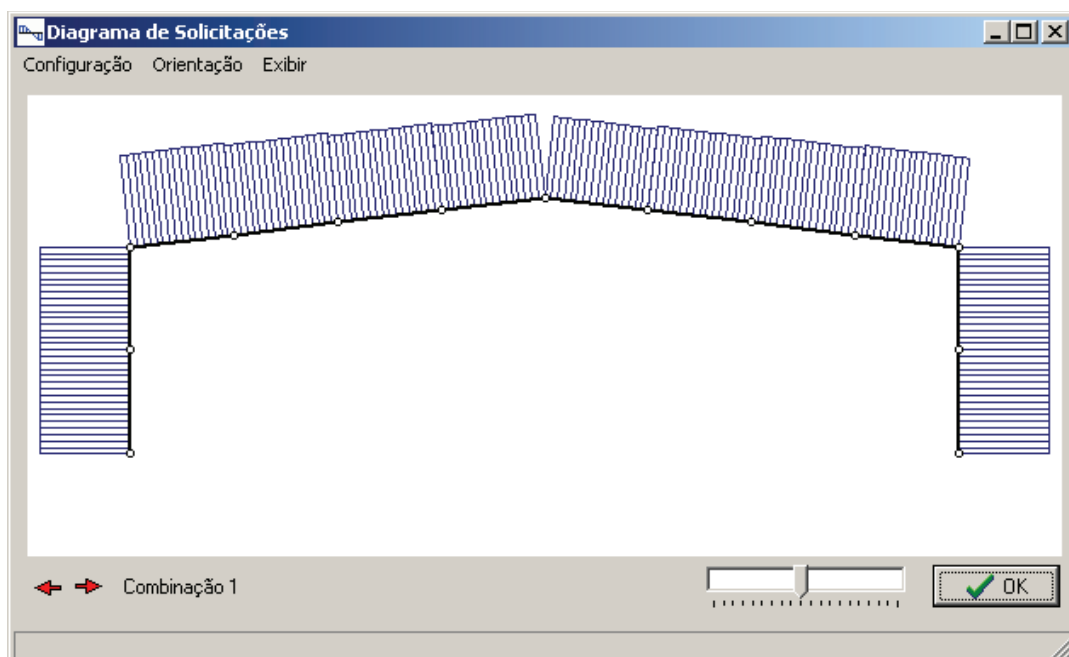
Confirmando com o botão direito do mouse ou clicando em *Enter* aparecerá o diagrama em uma janela na qual poderão ser configurados alguns dados:



Da mesma forma, deverá proceder-se para visualizar os digramas de cortante e normal. O cortante será acionado através do botão .



O normal será acionado através do botão .



ANEXO A

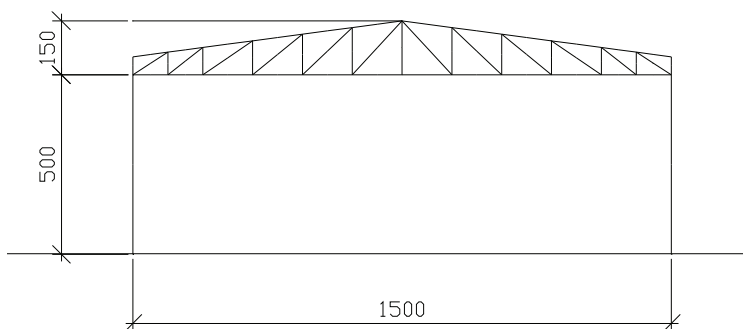
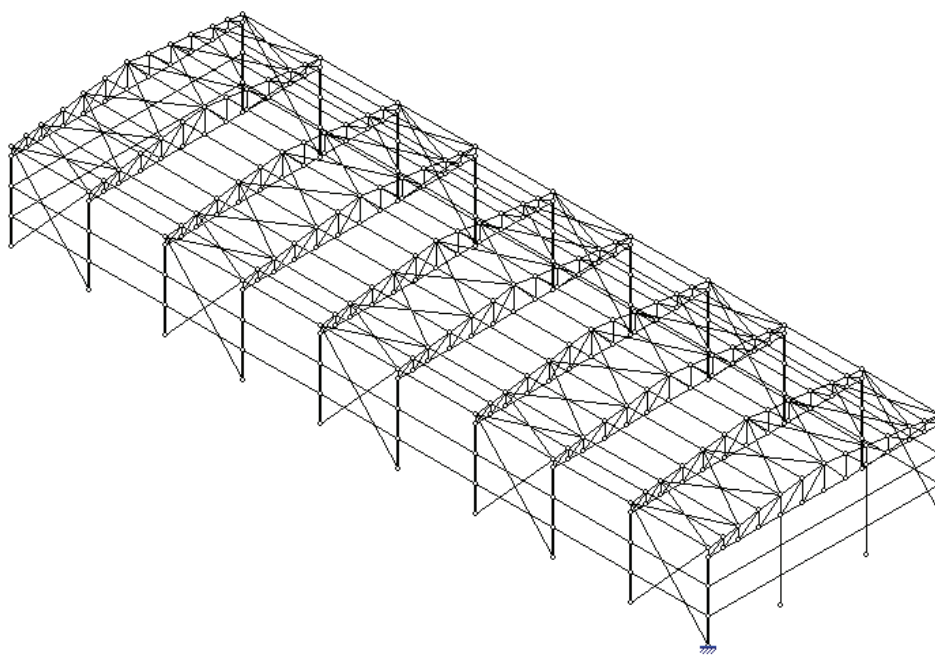


EXEMPLO COMPLETO

ANEXO A

A.1 EXEMPLO

Apresenta-se o cálculo completo da estrutura do galpão abaixo utilizando o **mCalc 3.0**.



Dados do Galpão (oficina):

Vão Teórico	15,00 m
Comprimento do galpão	45,00 m
Pé-direito	5,00 m
Altura Máxima da Tesoura	1,50 m
Altura Mínima da Tesoura	0,40 m
Interterças	1,40 m
Interpórticos	5,00 m

Localização: Zona Industrial de Uberaba / MG

Aberturas periféricas: igual permeabilidade em todas as faces

Solução:

Declara-se o nome do arquivo e escolhem-se as unidades de serviço: comprimento cm e força kgf

1.º Passo:

Escolhe-se o tipo de estrutura a ser usada (um modelo de tesoura pré-engenhada) e na primeira janela declaram-se os dados geométricos da estrutura

The screenshot shows a software window titled "Gerar Tesoura". At the top, there is a diagram of a truss structure with labels: "H MAX" for the maximum height, "H MIN" for the minimum height, "VÃO" for the span, and "INTER-TERÇAS" for the rafter spacing. Below the diagram, there are several input fields with numerical values and units:

Vão Teórico:	15	m	Inter-Terças:	1.4	m
Altura Máxima:	1.5	m	Inter-Tesouras:	5	m
Altura Mínima:	.40	m	Pé Direito:	5	m
			Comprimento do prédio:	45	m

At the bottom of the window, there is a section labeled "Tamanho do montante de apoio" and three buttons: "Menu", "Avançar >", and "Cancela".



2º. Passo:

Declaram-se os dados relativos às ações:

- Ação Permanente (telha + pp. estrutura) 12 kgf/m²
- Sobrecarga de utilização 25 kgf/m²

Geração de Cargas Distribuídas

H MAX
H MIN
VÃO
INTER-TERÇAS

Ação Permanente: 12 kgf/m² Cpi para VT: CeVT barl 1: 1,2
Sobrecarga: 25 kgf/m² Cpi para VL: CeVT sot 2: 0,4
Pressão Dinâmica: kgf/m² Coef. Ext. para VL:

Determinar

Sobrecarga de utilização no telhado

Menu < Voltar Avançar > Cancela

• Pressão Dinâmica

Pode-se calcular previamente a pressão dinâmica ou usar o programa para determiná-la. Nesse caso basta seguir os passos indicados pelo **mCalc**: clica-se sobre o botão *Determinar* e será aberta a seguinte janela:

ST_Vento

V0 S1 S2 S3 Pdin

Vento
Velocidade: 35 m/s

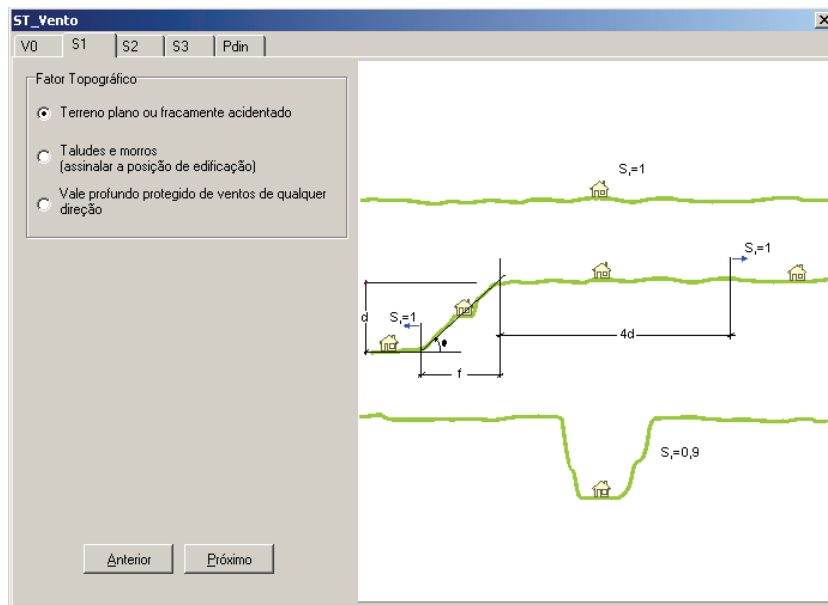
Próximo

Localidade inválida



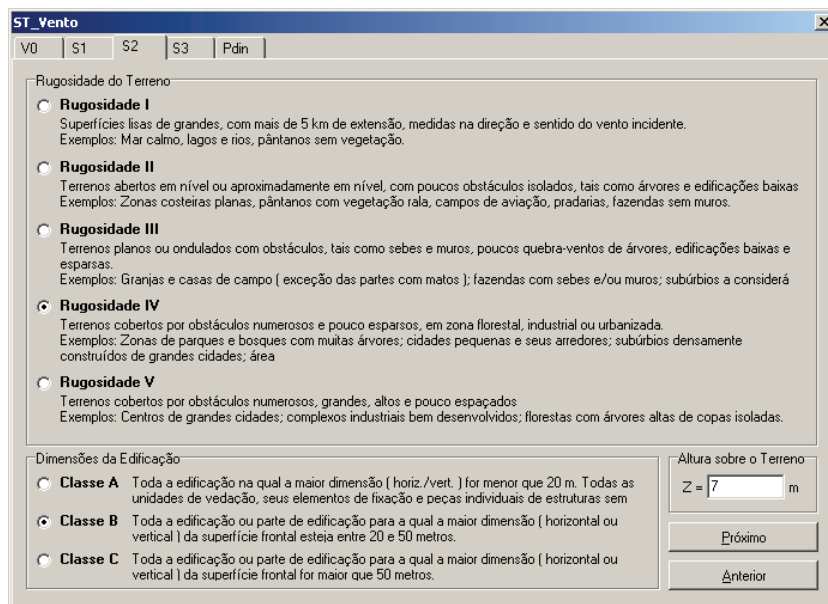
Declara-se o lugar onde a obra será edificada clicando-se sobre o ponto.

Fator Topográfico S1: declara-se o tipo de topografia no qual o terreno está implantado.



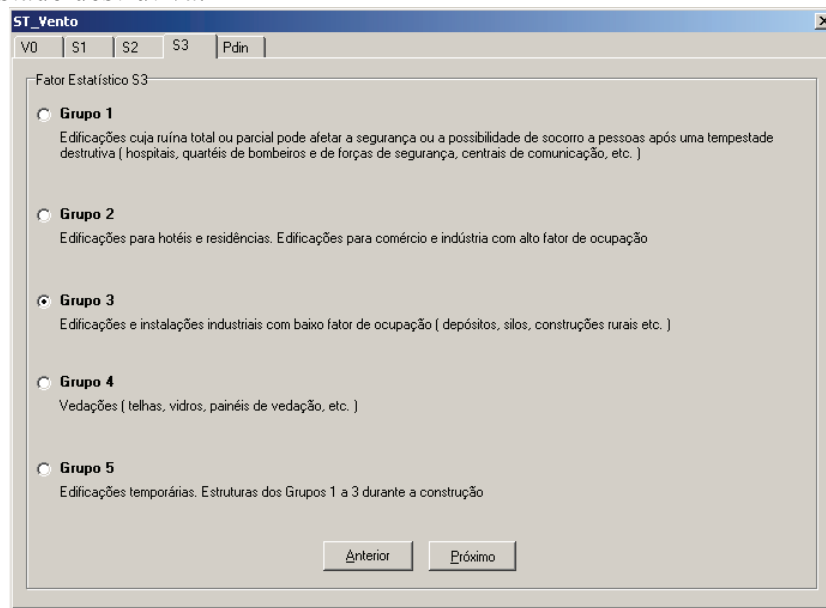
Fator de Rugosidade S2

Declaram-se dados para a determinação de S2: Rugosidade do terreno, Classe da edificação (dimensões da edificação) e nível acima do terreno que se quer avaliar S2.



Fator Estatístico S3

Declara-se a maior ou menor responsabilidade que a obra a ser implantada terá frente a uma tempestade destrutiva.

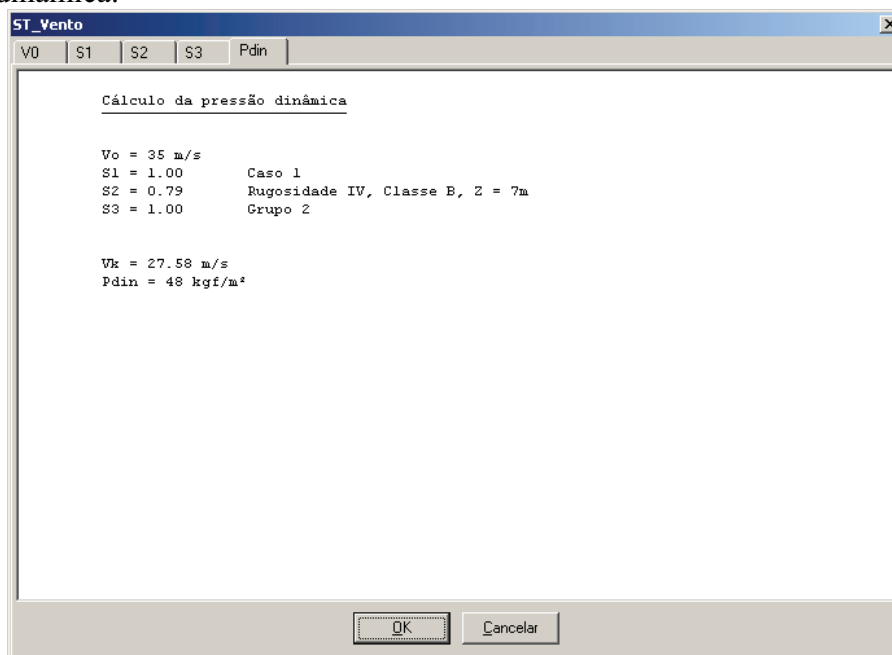


The screenshot shows the 'ST_Vento' software window with the 'S3' tab selected. The window title is 'ST_Vento' and the tabs are 'V0', 'S1', 'S2', 'S3', and 'Pdin'. The main content area is titled 'Fator Estatístico S3' and contains five radio button options:

- Grupo 1
Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou a possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)
- Grupo 2
Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação
- Grupo 3
Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais etc.)
- Grupo 4
Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)
- Grupo 5
Edificações temporárias. Estruturas dos Grupos 1 a 3 durante a construção

At the bottom of the window, there are two buttons: 'Anterior' and 'Próximo'.

Uma vez confirmados os dados o programa apresentará a memória de cálculo da pressão dinâmica.



The screenshot shows the 'ST_Vento' software window with the 'Pdin' tab selected. The window title is 'ST_Vento' and the tabs are 'V0', 'S1', 'S2', 'S3', and 'Pdin'. The main content area is titled 'Cálculo da pressão dinâmica' and displays the following calculation results:

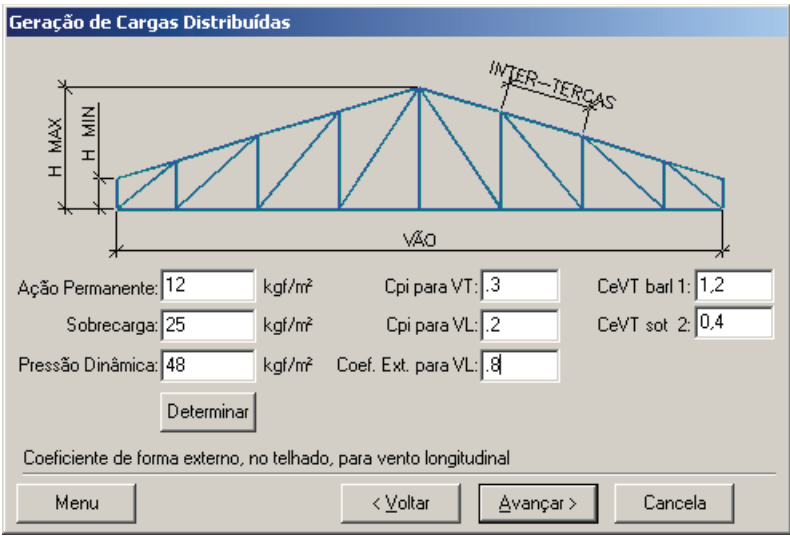
```
Cálculo da pressão dinâmica

Wo = 35 m/s
S1 = 1.00      Caso 1
S2 = 0.79      Rugosidade IV, Classe B, Z = 7m
S3 = 1.00      Grupo 2

Wk = 27.58 m/s
Pdin = 48 kgf/m²
```

At the bottom of the window, there are two buttons: 'OK' and 'Cancelar'.

Declaram-se os valores dos coeficientes de pressão interna para vento transversal, longitudinal (que dependem das áreas de aberturas das paredes) e o coeficiente de forma para o vento longitudinal (que depende da posição que está a estrutura que se vai calcular, em relação ao prédio).



Geração de Cargas Distribuídas

H MAX
H MIN
VÃO
INTER-TERÇAS

Ação Permanente:	<input type="text" value="12"/>	kgf/m ²	Cpi para VT:	<input type="text" value=".3"/>	CeVT barl 1:	<input type="text" value="1.2"/>
Sobrecarga:	<input type="text" value="25"/>	kgf/m ²	Cpi para VL:	<input type="text" value="2"/>	CeVT sot 2:	<input type="text" value="0.4"/>
Pressão Dinâmica:	<input type="text" value="48"/>	kgf/m ²	Coef. Ext. para VL:	<input type="text" value=".8"/>		

Coeficiente de forma externo, no telhado, para vento longitudinal

3º. Passo:

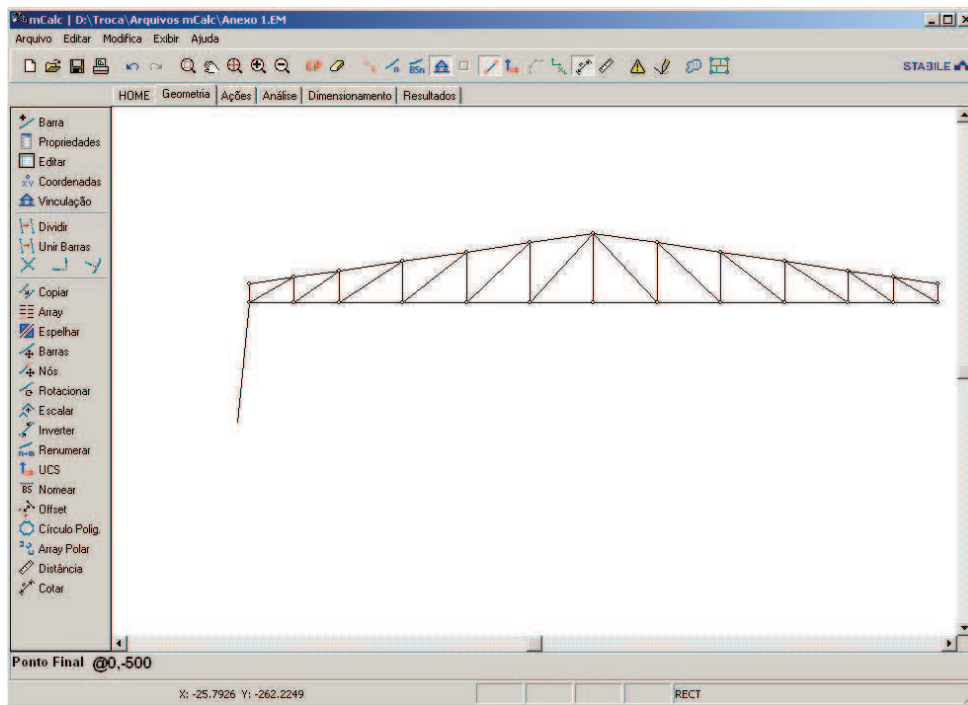
Inicializa-se as variáveis B.Superior, Inferior, Diagonais e Montantes declarando-se suas áreas. É possível pré-dimensionarem-se essas partes da estrutura.

Clicando-se no botão *OK*, depois das declarações, o **Calc** gerará a estrutura deixando-a pronta para ser analisada.

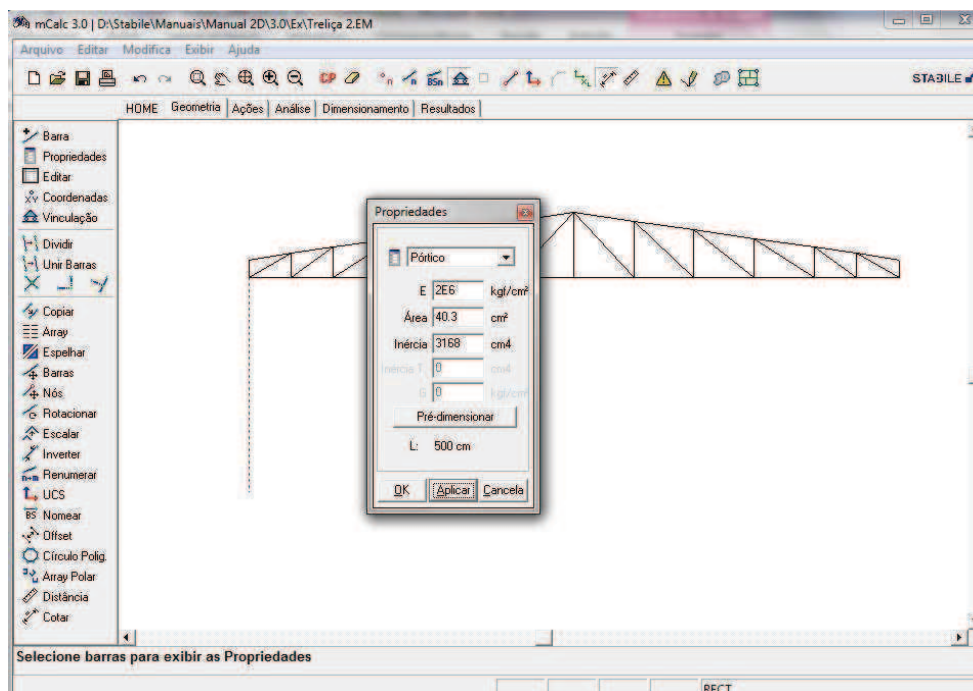
4º. Passo: **Geometria**

Deve-se apagar a vinculação da tesoura: clicando-se o botão *Vinculação de-* seleciona-se os vínculos.

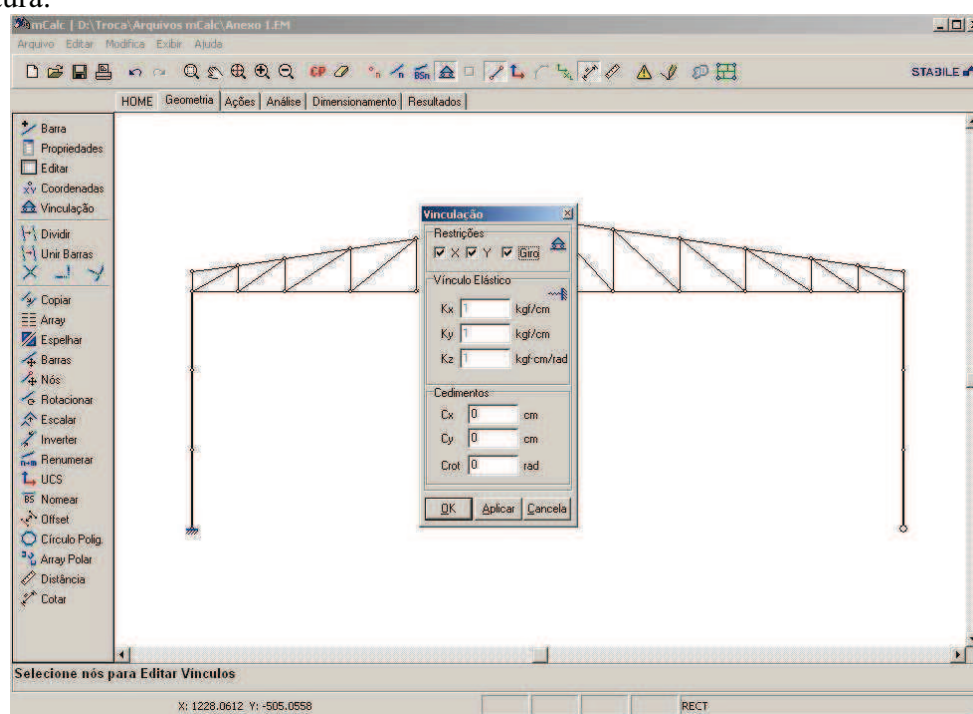
Nesse módulo acrescentam-se os pilares à tesoura gerada.



Declaram-se as propriedades do pilar criado: é um elemento de pórtico (ou um pilar de concreto armado), portanto deve-se declarar, também, sua inércia.



Divide-se a barra de pórtico, no caso foi dividida em 3 partes.
 Copia-se o pilar criado para a direita da tesoura e declara-se a nova vinculação da estrutura.



5º. Passo: Ações

Passando-se para o módulo de Ações.

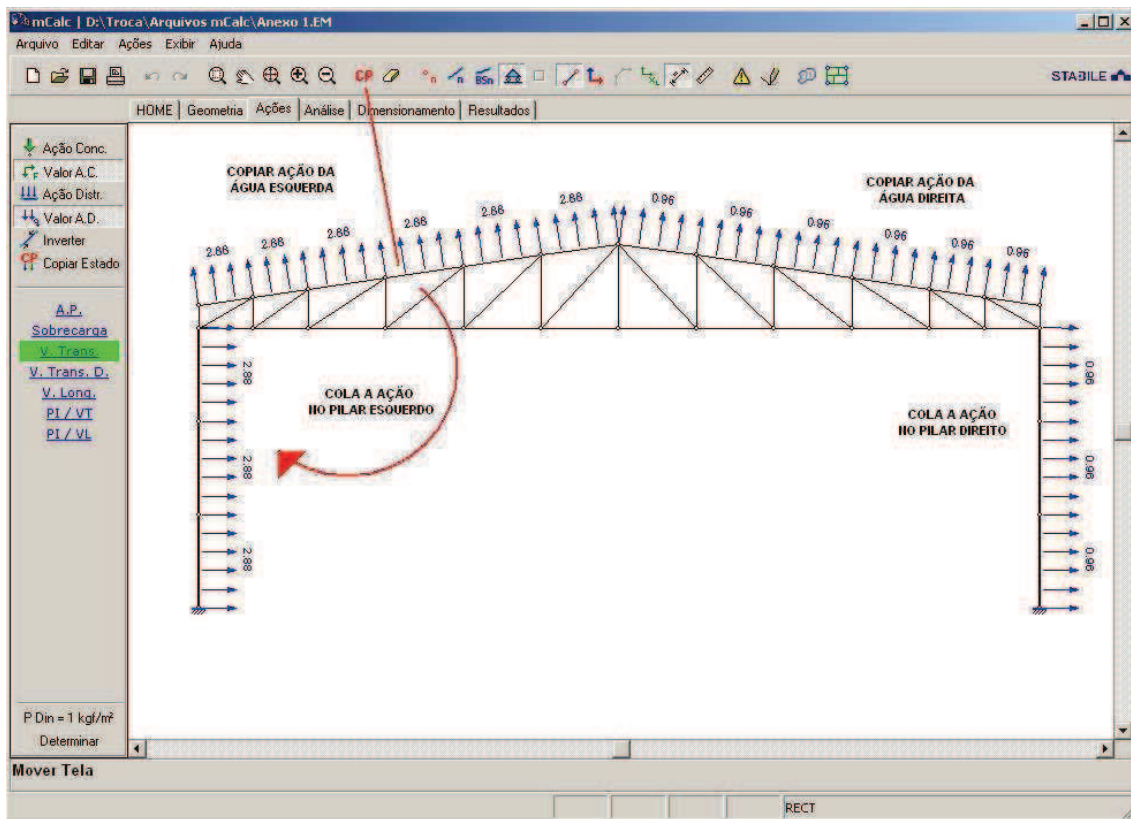
O programa de Geração Automática – chamado de **Assistente de Projetos** – gerou 7 estados de ações: *Ação Permanente*, *Sobrecarga*, *Vento Transversal Esquerdo*, *Vento Transversal Direito*, *Vento Longitudinal*, *Pressão Interna para V. Transversal* e *Pressão Interna para V. Longitudinal*.

Clicando-se sobre o nome de cada estado, no menu à esquerda, esse estado será ressaltado com uma barra verde de fundo.

Nos estados de ações devidos à ação do vento ainda devem-se declarar as ações do vento sobre os pilares, já que estes não foram gerados a partir do assistente de projetos. Procede-se como mostrado abaixo:

- Clica-se sobre o botão *de copiar propriedades* e clica-se sobre as barras carregadas;
- Selecionam-se as barras que se aplicarão as ações, confirmando-se com o botão direito do *mouse*.





A figura mostra o resultado da aplicação da ação. A ação está atuando da esquerda para a direita.

Na seqüência declara-se a ação do vento no pilar à direita, seguindo o mesmo procedimento descrito acima. Para o estado de vento transversal da direita para esquerda, respeitando os valores das ações nas águas esquerda e direita.

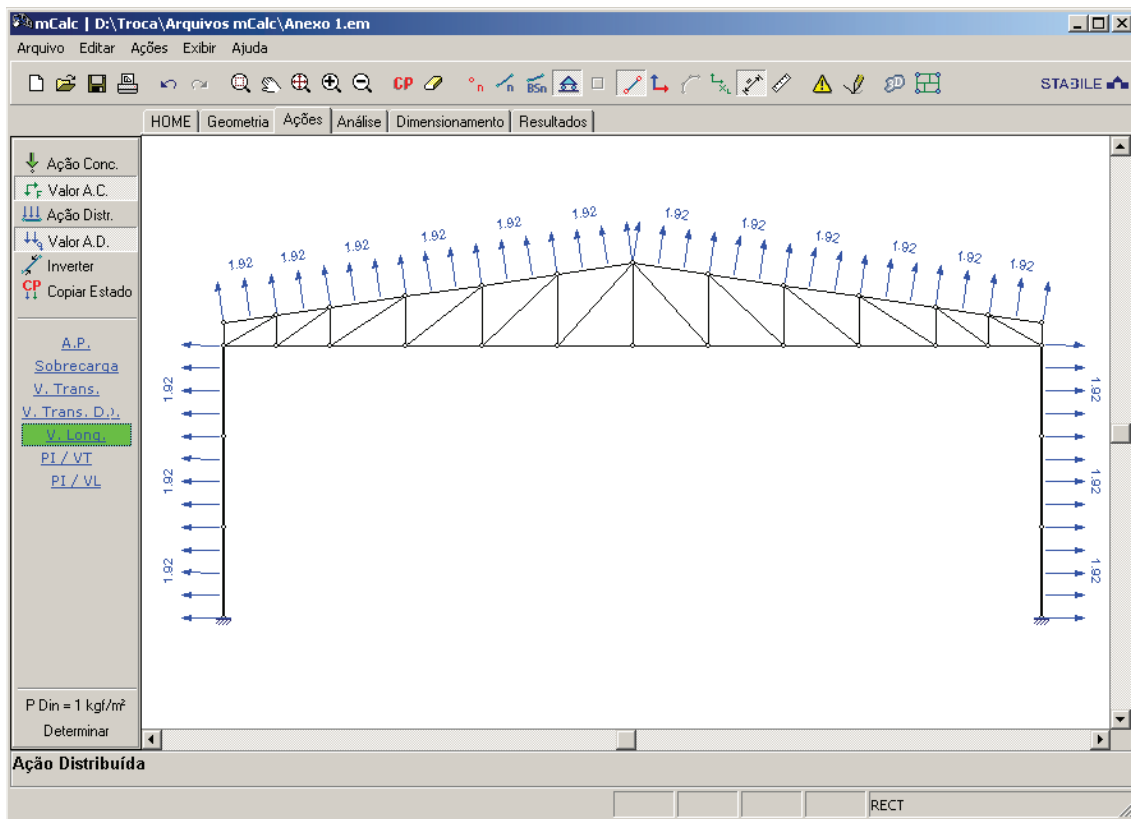
Passando-se para o próximo estado de ações (*Vento Longitudinal*) repara-se que, também, deve-se declarar as ações nos pilares.

Nesse caso, como as ações em todas as paredes tem o mesmo valor, ao invés de se repetir a operação de aplicação de ação descrita acima, pode-se copiar a ação de uma barra para os pilares.

Procede-se:

- Clica-se no botão *CP* (*Copia Propriedades*);
- Seleciona-se a barra cuja ação distribuída se quer copiar;
- Selecionam-se as barras que se quer aplicar a ação.

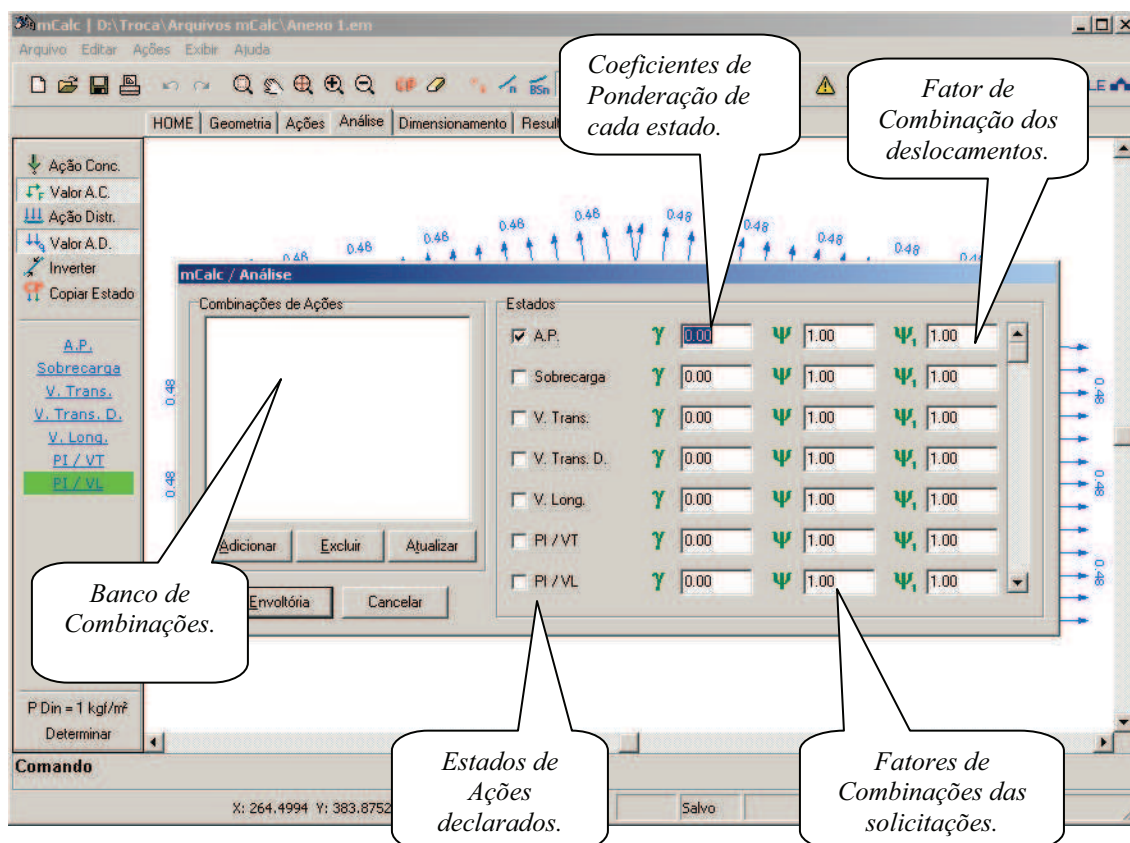




A figura acima apresenta os pilares já com a ação que se copiou aplicada, essa figura refere-se ao 5º. estado de ações, *Vento longitudinal*. Deverá ser feito o mesmo procedimento para os estados de *Pressão interna para vento transversal* e *Pressão interna para vento longitudinal*.

6º. Passo: **Análise**

Passa-se para o módulo de Análise da estrutura.
Surgirá a janela abaixo apresentando:



Compõem-se as diversas combinações da seguinte forma

- 1ª. combinação: 1.4 AP + 1.4 Sobrecarga
- 2ª. combinação: 1,0 AP + 1.4 V. Transversal + 1.4 PI/VT
- 3ª. combinação: 1,0 AP + 1.4 V. Transversal Direito + 1.4 PI/VT
- 4ª. combinação: 1,0 AP + 1.4 V. Longitudinal + 1.4 PI/VL

Ao final de cada linha pressiona-se o botão *Adicionar*.

Ao se ter declarado todas as combinações pressiona-se o botão *Envoltória* para finalizar **Análise**.

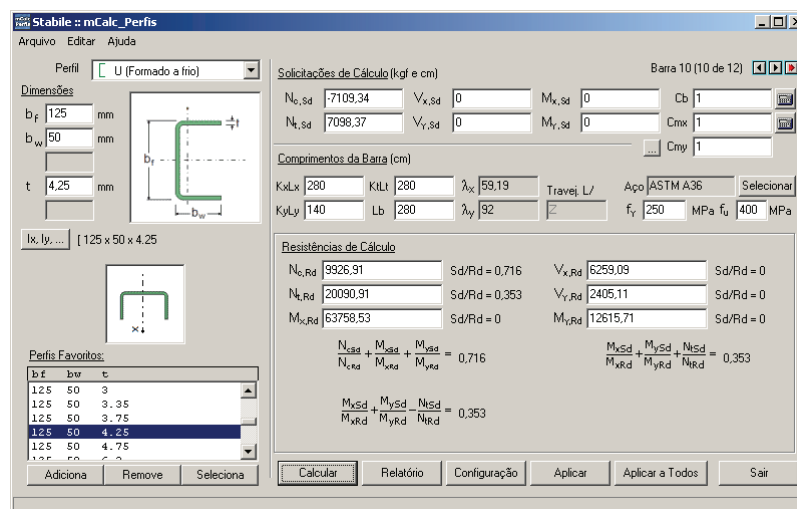
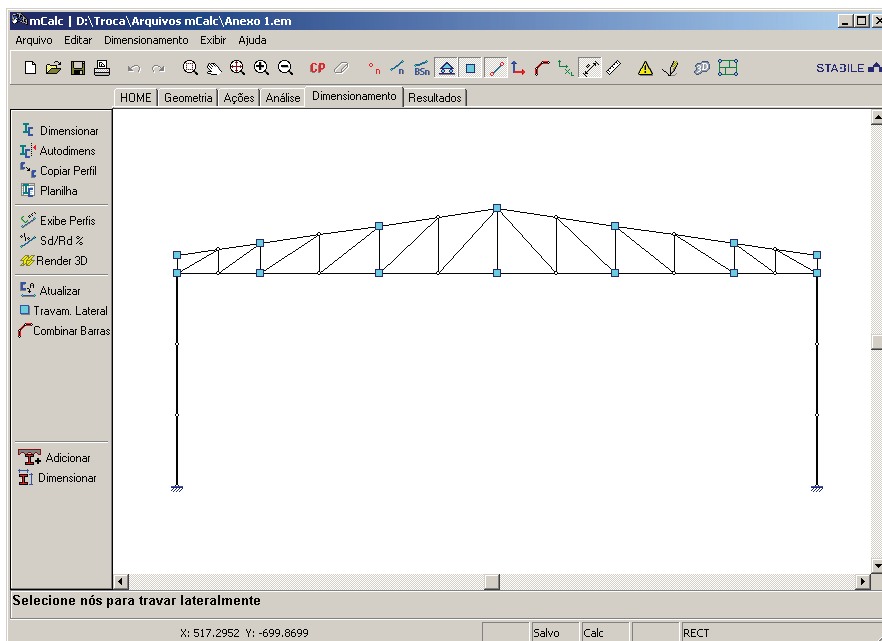
7º. Passo: Dimensionamento

O módulo de **Dimensionamento** foi programado para trabalhar como um verificador de perfis: propõe-se um perfil e o módulo **Dimensionamento** calcula e dá a resposta em termos de *performance* do perfil: a relação $S_d/R_d\%$, i.e. a relação entre a **Solicitação de Cálculo** e a **Resistência de Cálculo**.



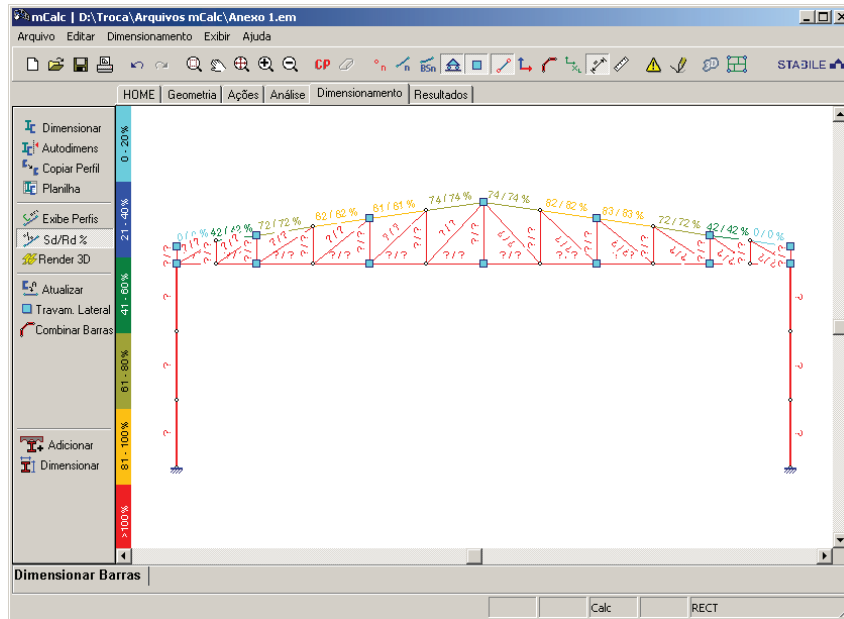
O modo de operação é:

- Declaram-se os nós travados lateralmente;
- Seleciona-se um conjunto de barras;
- Confirma-se a seleção com o botão direito do *mouse*;
- Escolhe-se o perfil e suas dimensões;
- Escolhe-se a orientação que se quer aplicar o perfil na estrutura;
- Pressiona-se os botões *Calcular e Aplicar* (ou *Aplicar a Todos*).

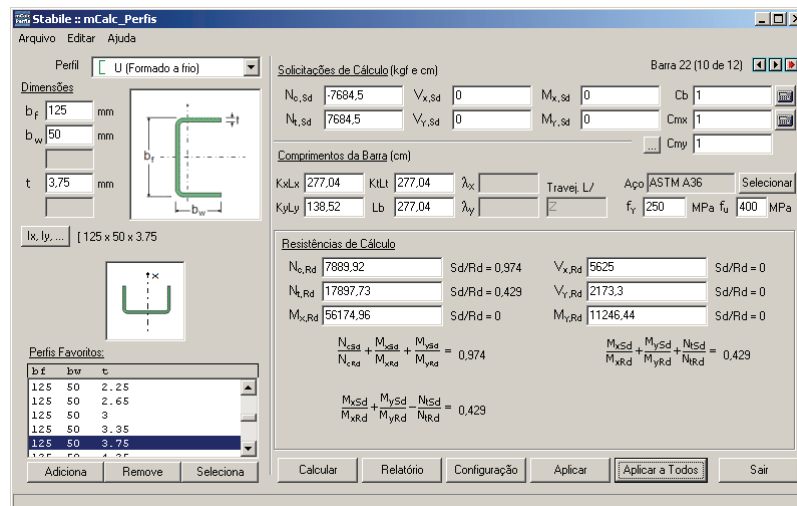


Dimensionando o Banzo Superior



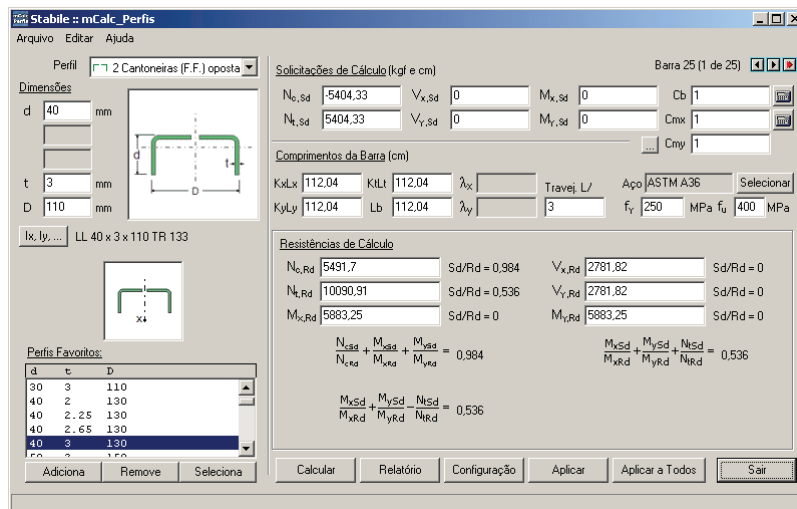


Banzo Superior dimensionado: pressiona-se o botão **Sd/Rd%** para visualizarem-se as performances dos perfis adotados.



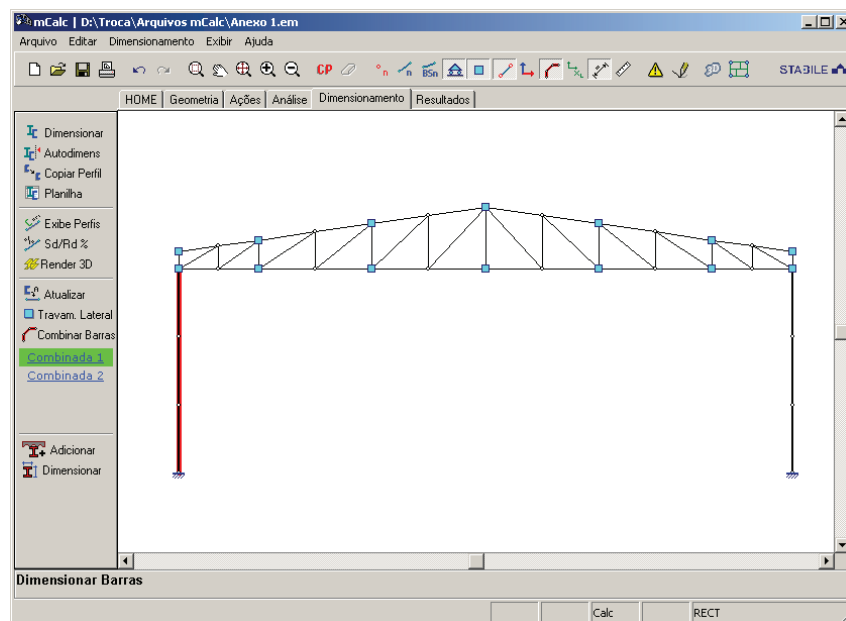
Dimensionando o Banzo Inferior





Dimensionando-se as Diagonais e Montantes

Para os pilares deve-se combinar as barras, afim de que este seja avaliado como uma peça contínua. Clica-se no botão *Combinar barras* e selecionam-se as barras do pilar esquerdo, confirma-se a operação e então estas barras formarão a combinada 1. O mesmo procedimento deverá ser feito para o pilar direito, formando a combinada 2.

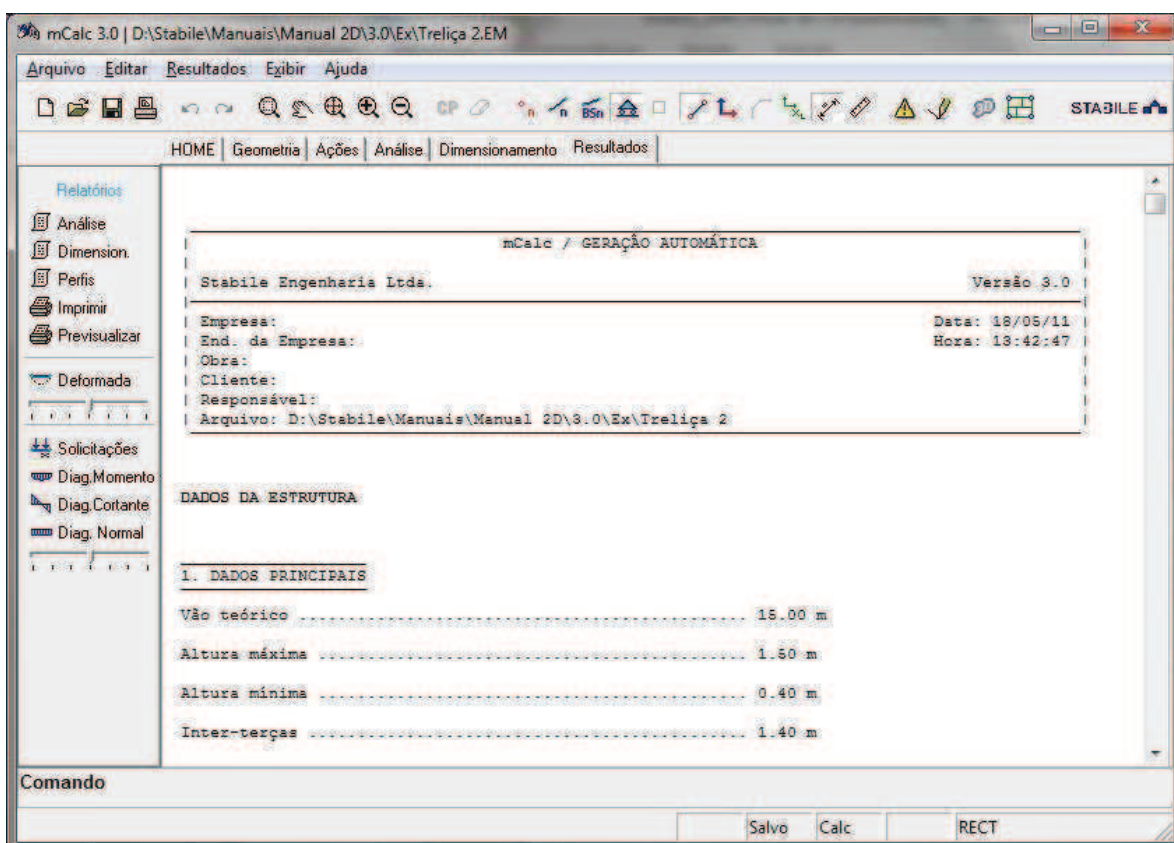


Ao se ter dimensionado todas as barras da estrutura pressiona-se o botão *Atualizar as Propriedades* e se solicita nova *Análise*.

Depois de re-analisada a estrutura revisa-se o seu dimensionamento acessando o módulo **Dimensionamento**. Se houver necessidade redimensionam-se as barras que ficaram com capacidade de carga excedida, e se pede **Resultados**.

8º. Passo: Resultados

O módulo de **Resultados** apresenta os relatórios da *Análise* e do *Dimensionamento*. Esses relatórios são textos que se pode editar, recortar e colar num editor de textos para personalizar a memória de cálculo, ou imprimi-lo diretamente, pressionando-se o botão *Imprimir*.



Relatório da Análise



mCalc 3.0 | D:\Stabile\Manuais\Manual 2D\3.0\Ex\Treliza 2.EM

Arquivo Editar Resultados Exibir Ajuda

HOME | Geometria | Ações | Análise | Dimensionamento | Resultados

Relatórios

- Análise
- Dimension.
- Perfis
- Imprimir
- Previsualizar

Deformada

Solicitações

- Diag. Momento
- Diag. Cortante
- Diag. Normal

Comando

Salvo Calc RECT

mCalc / DIMENSIONAMENTO

Stabile Engenharia Ltda. Versão 3.0

Empresa: Data: 18/05/11
 End. da Empresa: Hora: 13:42:47
 Obra:
 Cliente:
 Responsável:
 Arquivo: D:\Stabile\Manuais\Manual 2D\3.0\Ex\Treliza 2

BARRAS DE TRELIÇA

Barra	Comb	Normal Max.	Comb Min.	Lbarra (cm)	Dimensionamento (mm)	NtSd/NtRd %	NcSd/NcRd %
1	3	24	1 7	99	[125 x 50 x 3.75	0	0
2	3	879	1 -2171	99	[125 x 50 x 3.75	5	24
3	3	1306	1 -3190	140	[125 x 50 x 3.75	7	38
4	3	1562	1 -3749	140	[125 x 50 x 3.75	9	45
5	3	1623	1 -3793	140	[125 x 50 x 3.75	9	54
6	3	1580	1 -3563	140	[125 x 50 x 3.75	9	51
7	3	1580	1 -3563	140	[125 x 50 x 3.75	9	51
8	3	1623	1 -3793	140	[125 x 50 x 3.75	9	54
9	3	1562	1 -3749	140	[125 x 50 x 3.75	9	45

Relatório do Dimensionamento

O módulo **Resultados** oferece, também, a visualização dos deslocamentos nodais de cada combinação de ações. Para identificarem-se os deslocamentos de um nó específico bastará aproximar o cursor desse nó.



