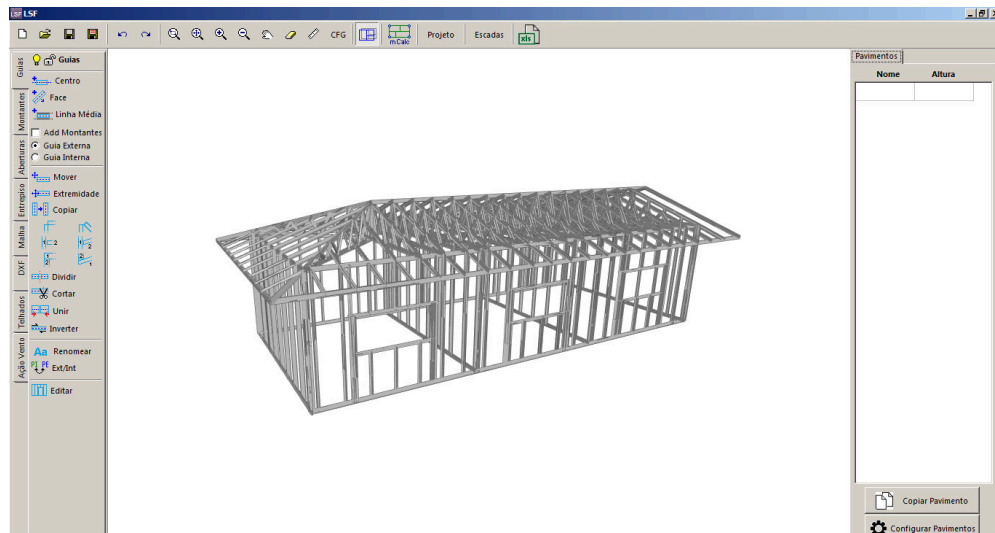




mCalcLSF

PROGRAMA PARA PROJETOS DE ESTRUTURAS *LIGHT STEEL FRAMING*



AVISOS IMPORTANTES

1. Responsabilidade do Usuário

O sistema **mCalcLSF** 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, dos resultados obtidos pelo sistema.

2. Condição de Licenciamento e estado de desenvolvimento do sistema

O sistema **mCalcLSF**, 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 **mCalcLSF** está protegido contra uso indevido por meio de um chaveador *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 **mCalcLSF** está documentado, com descrição desde sua instalação até a utilização das rotinas de modelagem de estruturas *Light Steel Framing*.

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

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



5. Limitações do Programa

Diversidade de soluções

Com o sistema construtivo *Light Steel Framing* é possível edificarem-se estruturas para uma infinidade de tipos de residências mono e multi-familiares, prédios comerciais, escolas, clínicas médicas, prédios de múltiplos pavimentos, pavilhões e galpões . Cada edificação podendo ter características próprias, geometria e soluções ímpares.

A diversidade de necessidades e soluções é tão ampla que, mesmo que o sistema possua regras, leis de formação, existem tantas soluções possíveis que, para um projeto automático é impossível atender a todas soluções. Por isto, quando o **Modelador LSF** não conseguir criar a geometria requerida pela solução, dentro do **Módulo de Cálculo**, que tem um editor gráfico, é possível modelar-se a geometria requerida para a solução adotada.

Correlação entre Modelador LSF e Módulo de Cálculo

O **Módulo de Projeto** se relaciona com o **Modelador LSF**. Ele gera, automaticamente, desenhos de plantas baixas e detalha painéis a partir de geometrias e perfis estabelecidos no **Modelador LSF**.

Por isto, mesmo que a estrutura ainda não tenha sido analisada e dimensionada, será possível criarem-se desenhos da estrutura.

O perfis indicados nos desenhos da estrutura serão os perfis que foram declarados na inicialização do programa.

Por isto é prudente, antes de se extrair desenhos, dimensionar a estrutura.

Os elementos estruturais criados no **Modelador LSF** terão correspondência direta como o **Módulo de Cálculo**. Este devolverá para o **Modelador LSF** e, em consequência ao **Módulo de Projeto** os perfis verificados no Dimensionamento.

Entretanto, quando elementos novos forem criados no editor gráfico do **Módulo de Cálculo**, estes novos elementos não serão devolvidos para o **Modelador LSF**, que não “enxergará” estes novos elementos.



AGRADECIMENTOS

A **STABILE ENGENHARIA LTDA.** recebeu, desde o início do desenvolvimento desse projeto, a ajuda inestimável de inúmeros clientes e profissionais da área, tendo como única motivação o aprimoramento do programa.

Agradecemos uma vez mais essas valiosas contribuições, sem as quais seria muito mais difícil a elaboração do que hoje se tornou o **mCalcLSF**

Antecipadamente, agradecemos as contribuições que ainda virão.

O aperfeiçoando do **mCalcLSF** é uma consequência inevitável da colaboração de todos, tornando-o uma imbatível ferramenta para projetos de estruturas metálicas.



Produto brasileiro



Desenvolvido no Rio Grande do Sul
... nesta terra que eu amei desde guri ! ...



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

.....
.....
*Sirvam nossas façanhas
De modelo a toda terra!
De modelo a toda terra!
Sirvam nossas façanhas
De modelo a toda terra!*

.....
.....
Hino Rio-grandense



CONTEÚDO

Capítulo 1. Introdução

1.1 Introdução	10
1.2 O pacote mCalc LSF	11
1.3 Instalando o mCalc LSF	11
1.4 Usando o mCalc LSF	12

Capítulo 2. Tópicos de Uso

2.1 Recurso AutoUpdate	13
2.2 Backup de Arquivos do mCalc LSF	14
2.3 Tópicos da Configuração do mCalc LSF	15
2.4 Blocos Padrão em Projetos do mCalc LSF	18

Capítulo 3. Projeto de Telhados

3.1 Configurações do Telhado	21
3.2 Beiral	22
3.3 Cumeeira	22
3.4 Telhado de duas águas (com oitão).....	22
3.4.1 Inserção de Tesouras de duas águas	22
3.4.2 Inserção de Oitões	23
3.4.3 Visualizando a Tesoura	24
3.4.4 Visualizando o Oitão	25
3.5 Telhado de três ou quatro águas.....	25
3.5.1 Inserção de Beirais e Cumeeira	25
3.5.2 Inserção de Espigões	26
3.5.3 Ajustando a Cumeeira	27
3.5.4 Inserindo o painel da Tacaniça	27
3.6 Telhado de uma água (com oitão e beiral).....	28
3.6.1 Inserção de Tesouras de uma água	28
3.6.2 Inserção do Oitão	28
3.6.3 Altura do Beiral Lateral	29
3.6.4 Altura do Beiral de Oitão	30
3.7 Telhado de uma (ou duas) água com platibanda.....	31
3.7.1 Inserção de Platibandas	31
3.8 Contraventamento do Telhado.....	32

Capítulo 4. Importando o Projeto Arquitetônico

4.1 Gerando um desenho DXF a partir do projeto feito num programa CAD.....	36
4.2 Criando um arquivo DXF de um modelo REVIT	36

Capítulo 5. Módulo 3D

5.1 Métodos de seleção.....	42
5.1.1 Seleção individual	42
5.1.2 Por Retângulo/Janela.....	42
5.1.3 Por Retângulo“Crossing”	42
5.1.4 Por Polígono.....	42
5.1.5 Por Fence.....	43



5.1.6 Tecla F9.....	43
5.2 Métodos de Deseleção.....	43
5.3 Ferramentas de Precisão.....	43
5.3.1 Nó mais próximo.....	43
5.3.2 Ortho (F8)	44
5.4 Comandos Gerais.....	44
5.4.1 Exporta <i>DXF</i>	45
5.4.2 Undo e Redo.....	45
5.4.3 Mover Tela.....	45
5.4.4 Orbit.....	45
5.4.5 Zoom por Janela.....	45
5.4.6 Zoom Mais e Zoom Menos.....	45
5.4.7 Zoom Enquadrar.....	45
5.4.8 Cópia Propriedades.....	45
5.4.9 Cópia Plano.....	46
5.4.10 Distância.....	46
5.4.11 Selecionar Plano.....	46
5.4.12 Inverter Seleção.....	46
5.4.13 Esconder porção da estrutura por plano.....	46
5.4.14 Esconder porção da estrutura por seleção.....	46
5.4.15 Mostrar tudo.....	46
5.4.16 Exibe Alertas.....	46
5.4.17 Numera Nós.....	47
5.4.18 Numera Barras.....	47
5.4.19 Numera Ligações.....	47
5.4.20 Localizar e selecionar barra.....	47
5.4.21 Localizar e selecionar nó.....	47
5.4.22 Tipo de Estrutura.....	47
5.4.23 Marca Nós.....	47
5.4.24 Eixos Globais.....	47
5.4.25 Eixos Locais.....	47
5.4.26 Exibe Vinculação.....	47
5.4.27 Exibir nós Semirrígidos.....	47
5.4.28 Exibir Descontinuidades.....	48
5.4.29 Impressão.....	48
5.4.30 Vistas.....	49
5.5 Sistema de Coordenadas do módulo 3D.....	50
5.5.1 Coordenadas Retangulares.....	51
5.5.2 Coordenadas Absolutas.....	51
5.5.3 Coordenadas Relativas.....	51

Capítulo 6. Módulo Geometria

6.1 Menu Barras.....	52
6.1.1 Comando Barras.....	52
6.1.2 Comando Propriedades.....	53
6.1.3 Comando Editar.....	54
6.1.4 Comando Dividir.....	54
6.1.5 Comando Unir Barras.....	55
6.1.6 Comando Unir Extremos.....	55



6.1.7 Comando Unir <i>Extend</i>	56
6.1.8 Comando Interseccionar.....	58
6.1.9 Comando Copiar.....	58
6.1.10 Comando <i>Array</i>	59
6.1.11 Comando Espelhar.....	59
6.1.12 Comando Mover Barras.....	60
6.1.13 Comando Mover <i>Offset</i>	61
6.1.14 Comando Rotacionar.....	61
6.1.15 Comando Escalar.....	62
6.1.16 Comando Inverter.....	63
6.1.17 Comando Renumerar.....	63
6.1.18 Comando Descontunidades.....	64
6.2 Menu Nós.....	66
6.2.1 Comando Editar.....	66
6.2.2 Comando Coordenada.....	67
6.2.3 Comando Vinculação.....	68
6.2.4 Comando Mover Nós.....	69
6.2.5 Comando Renumerar Nós.....	69
6.2.6 Comando Nós Semirrígidos.....	70
6.3 Menu Eixos.....	72
6.3.1 Comando Novo Eixo.....	72
6.3.2 Comando Renomear.....	74
6.3.3 Comando Renomear Todos.....	74
6.4 Menu Diafragma Rígido.....	75
6.4.1 Comando Adicionar.....	76
6.4.2 Comando Adicionar Barras.....	77
6.4.3 Comando Ponto Médio.....	77
6.5 Edição de <i>Layers</i>	79
6.5.1 Aplicando <i>Layers</i> às Barras.....	79
Capítulo 7. Módulo Ações	
7.1 Comando Ação Concentrada.....	81
7.2 Comando Valor A.C. (valor da Ação Concentrada).....	82
7.3 Comando Ação Distribuída.....	82
7.4 Comando Valor A.D. (valor da Ação Distribuída).....	84
7.5 Comando Copiar Ação.....	84
7.6 Comando Copiar Estado.....	84
7.7 Comando Definição do Estado de Ações.....	85
7.8 Comando Peso Próprio.....	86
7.9 Comando Editar Cargas Distribuídas.....	87
Capítulo 8. Módulo Análise	
8.1 Análise Linear.....	89
8.2 Análise Não Linear.....	90
8.2.1 Elemento de Cabo.....	90
8.3 Combinações de Ações.....	91
8.4 Envoltória dos Máximos e Mínimos.....	93



Capítulo 9. Módulo Dimensionamento

9.1 Menu Dimensionar.....	94
9.1.1 Comando Dimensionar.....	95
9.1.2 Comando Exibir %.....	116
9.1.3 Comando Exibir DIM.....	116
9.1.4 Comando Exibir Cores.....	116
9.1.5 Comando Exibir Seção.....	116
9.1.6 Comando Auto DIM.....	116
9.1.7 Comando Planilha.....	119
9.1.8 Comando Travamento Lateral.....	120
9.2 Menu Combinadas.....	124
9.2.1 Comando Combinar Barras.....	124
9.2.2 Comando Exibir Combinadas.....	125
9.2 Menu Grupos.....	126

Capítulo 10. Módulo Resultados

10.1 Menu Resultados - Diagramas.....	131
10.2 Menu Resultados – Análise Linear.....	136
10.3 Menu Resultados – Dimensionamento.....	137
10.4 Menu Resultados – Análise Não Linear.....	140
10.5 Menu Delta2/Delta1.....	140



CAPÍTULO 1. mCalc LSF - UMA VISÃO GERAL

1. 1. Introdução

O programa **mCalcLSF** é um dos componentes da família de programas computacionais para projeto de estruturas de aço da **ST_STABILE**, que é formada por:

CadEM 4 - Programa para Projeto e Detalhamento de Estruturas de Aço

mCalcPerfis 3.0 - Calculadora para verificação de perfis laminados, soldados e formados a frio.

mCalcLig 4.0 - Cálculo e detalhamento de Ligações Parafusadas, Soldadas, Bases de Pilares e Ligações Mistas.

mCalcAC 5.0 - Cálculo de Vigas, Treliças e Colunas Mistas aço-concreto (perfis laminados, soldados e formados a frio)

mCalc3D 4.0 - Modelagem, Análise e Dimensionamento de Pórticos e Treliças Espaciais

ST_Vento 2.0 - Modelagem da ação do vento em Galpões e Edifícios de múltiplos Pavimentos

ST_Terças 2.0 – Modelagem, cálculo, dimensionamento e projetos de terças para coberturas e fechamentos periféricos.

O **mCalcLSF** é um programa destinado a **Modelagem, Análise, Dimensionamento e Projeto de Estruturas *Light Steel Framing* (LSF)**

Pode-se dizer que o **mCalcLSF** é formado por 4 grandes grupos de rotinas:

1. Modelador *LSF* – que conduz o usuário à modelagem de uma estruturas *LSF*

O modelador:

- configura as premissas que serão usadas no cálculo-projeto,
- gera a geometria da estrutura *LSF* compatível com o módulo de cálculo,
- gera cargas gravitacionais e de vento, na estrutura
- exporta arquivos IFC para programas BIM

2. Módulo Projeto – que gera desenhos da estrutura *LSF*:

- plantas baixas,
- desenhos de implantação de vigas num entrepiso, com listas de materiais
- desenhos de projeto dos painéis, com listas de materiais



- desenhos de projeto das treliças, com listas de materiais
- insere blocos de detalhes-padrão
- Gera planilha (Excel) de todos os perfis - com lista de cortes – da estrutura, junto com resumo para compras

3. Módulo de Cálculo: este módulo é o mCalc3D com algumas limitações e pequenas modificações (perfis limitados aos perfis usados em LSF).

4. Módulo Fabricação: geração de arquivos CNC para perfiladeiras com comando numérico. Este será um módulo opcional, porque nem todas as empresas possuem perfiladeiras CNC

Este módulo está planejado, mas terá o início de desenvolvimento no primeiro semestre de 2018

1.2. O PACOTE mCalcLSF

O pacote do sistema mCalcLSF é composto por:

- Embalagem
- *Pen-drive* de instalação e tutoriais
- Manual *Primeiros Passos*
- Chaveador de hardware *Rockey*

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

1.3. INSTALANDO O mCalcLSF

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

- Plugue-se o *pen-drive* na porta e carregue-se o programa SETUP EXE
- 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 **mCalcLSF** 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.

1.4. USANDO O **mCalcLSF**

Após a instalação do programa, para carregar-se o **mCalcLSF** basta clicar sobre o ícone criado pela instalação do programa .



Entretanto, antes de seu uso, sugere-se que seja acompanhado os tutoriais do programa, vídeos gravados do programa trabalhando, que farão as vezes do Manual do Usuário.

Recomenda-se, com muita ênfase, a atenta leitura do Manual do Usuário do programa **mCalc3D**, que está gravado no *pen-drive*.

O perfeito uso do **mCalcLSF** requer destreza na utilização do programa **mCalc3D**.



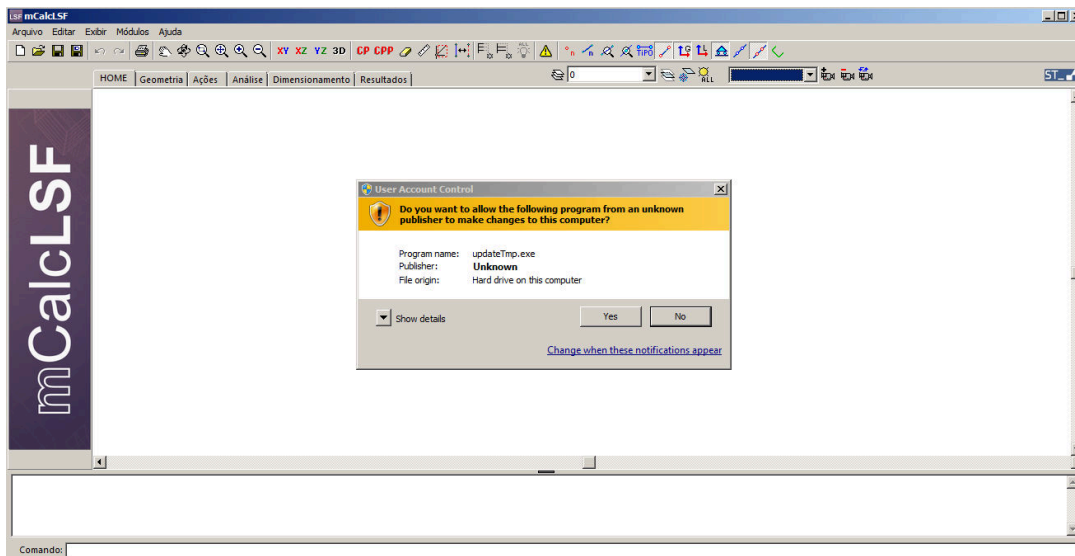
CAPÍTULO 2. mCalc LSF – TÓPICOS DE USO

2.1. RECURSO AutoUPDATE

O programa **mCalcLSF**, assim como os demais programas da Stabile, tem o recurso denominado AutoUPDATE, que é um comando que, automaticamente, procura versões mais recentes do programa, no site da Stabile.

Ao se abrir o **mCalcLSF**, é solicitada a permissão para rodar o programa *updateTMP.exe*, que é o aplicativo que fará a busca de uma versão mais recente do **mCalcLSF**.

Confirmando a permissão, o programa ficará habilitado para proceder a busca.

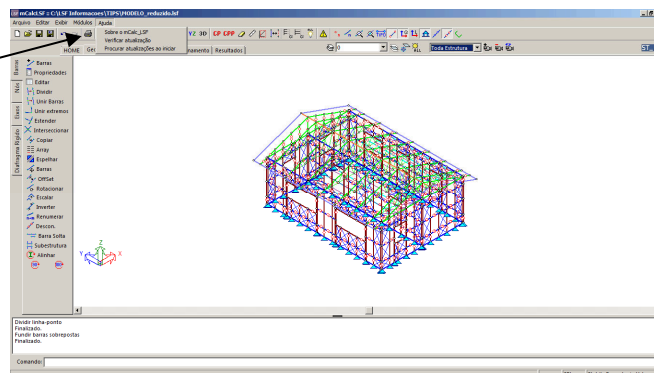


Na sequência, se trabalha normalmente com o **Modelador LSF**. A procura por uma versão mais recente poderá ser feita dentro do **Módulo de Cálculo**.



Na imagem ao lado
Destaca-se o menu **Ajuda**
que tem três opções:

Sobre o mCalc_LSF
Verificar atualização
Procurar atualizações ao iniciar



Clicando-se em

- Verificar atualização

O **mCalcLSF**, caso se esteja logado, procurará, no site da Stabile, a versão disponível do programa e comparará com a que está instalada.

Caso seja mais recente, será solicitado que se feche o **mCalcLSF** para ser procedida a atualização de versão.

- Procurar atualizações ao iniciar

Esta opção ficará ativada e cada vez que se entrar no **Módulo de Cálculo** a pesquisa de nova versão será feita.

Como comentário de ordem prática, esta procura constante pode se tornar incômoda, por isto sugere-se que não se deixe ativada esta opção.

2.2. BACKUP DE ARQUIVOS DO **mCalcLSF**

O programa foi desenvolvido com recursos de Backup de arquivo para recuperarem-se dados.

Tem-se, automaticamente, dois backups:

- *Arquivo*.BAK

A cada porção de tempo, o **mCalcLSF** salva, automaticamente, o arquivo que está sendo trabalhado. Denominando este arquivo com o nome *Arquivo*.BAK. Este arquivo conterá o *status* do modelo que está sendo trabalhado, naquele momento.

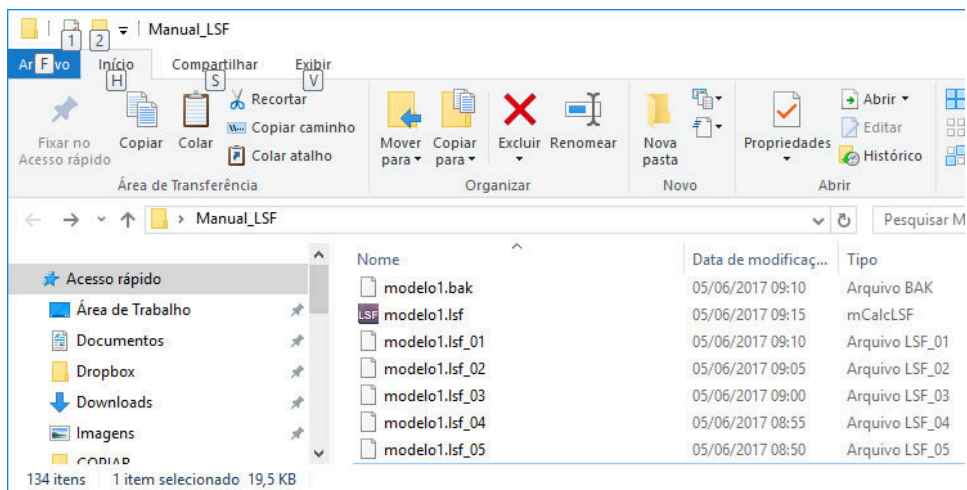
Na próxima porção de tempo, outro arquivo *Arquivo*.BAK sobreescreverá o anterior, salvando o *status* do arquivo naquele momento.

- *Arquivo*.LSF_*i* (o contador *i* varia de 01 a 05)

Cada vez que o usuário salvar o arquivo que está trabalhando, o **mCalcLSF** salvará o mesmo arquivo com o nome de *Arquivo*.LSF_*i*

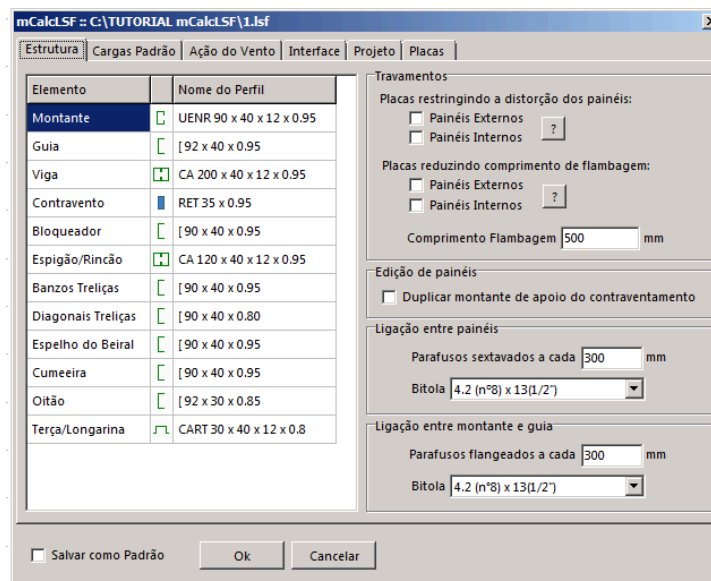
Neste arquivo .LSF será gravado o status de dados até aquele momento.

Havendo a necessidade de recuperar algum arquivo, ou informação, bastará renomear o *Arquivo.LSF_i* modificando a sua extensão para simplesmente .LSF e lê-lo.



2.3. TÓPICOS DA CONFIGURAÇÃO DO mCalcLSF

No **Modelador LSF**, a qualquer momento pode-se acessar a janela de configurações:



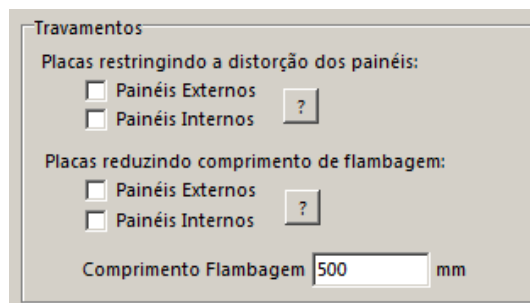
Esta janela é subdividida em diversas abas: **Estrutura, Cargas Padrão, Ação do Vento, Interface, Projeto e Placas.**

Sugere-se assistir o vídeo “*Configurando o mCalcLSF*” no tutorial do programa.

Mesmo com a facilidade de compreensão oferecida pelo vídeo vale a pena ressaltar o quadro *Travamentos*

Embora seja uma consideração polêmica vários projetistas consideram que as placas OSB travam a estrutura.

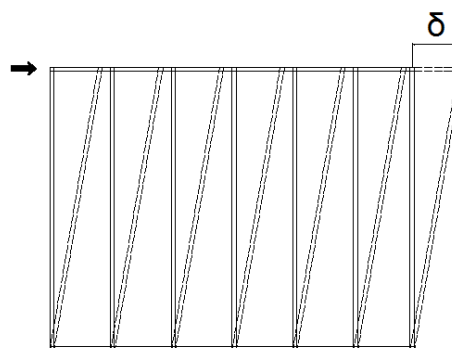
O **mCalcLSF** está programado com o recurso de se considerar este travamento.



Este recurso deve ser encarado como duas considerações físicas:

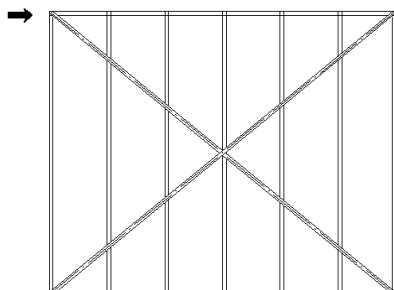
- Placas restringindo a distorção do Painel

Neste caso considera-se que as placas formem um diafragma rígido impedindo/restringindo a distorção do painel.

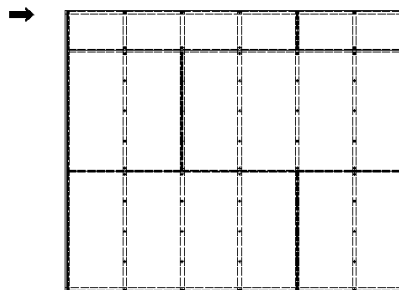


Painel sem travamentos
Distorção livre

Para conter a distorção propõe-se duas soluções:



Painel contraventado
Distorção restringida



Placas parafusadas nos montantes
Distorção restringida

O Painel Contraventado é a solução ortodoxa: um elemento *contraventamento* contém a distorção de um painel.

Entretanto, ainda não normatizado, uma vez que as placas de OSB são parafusadas aos montantes, pode-se considerá-las como se estivessem formando um diafragma rígido no plano do painel.

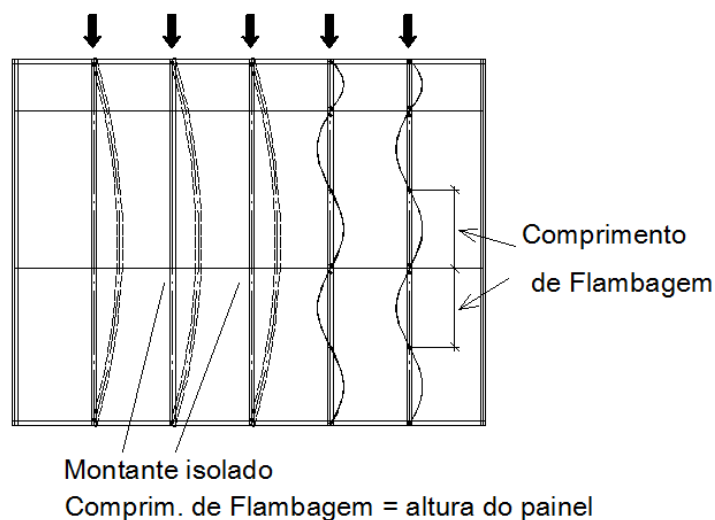
Este diafragma rígido fará as vezes dos contraventamentos, restringindo a distorção dos painéis.

Caso, nos painéis internos, sejam aplicadas placas cujo o comportamento físico se assemelhe ao das placas OSB aplicadas na periferia, os mesmos travamento podem ser considerados.

- Placas reduzindo o comprimento de flambagem

As placas são parafusadas nos montantes em intervalos de 200 a 600 mm. Se as placas não fossem parafusadas nos montantes, estes teriam liberdade de se deslocar livremente no plano das placas. Na posição dos parafusos isto pode não ocorrer, forçando a liberdade de deslocamento às distâncias entre os parafusos.

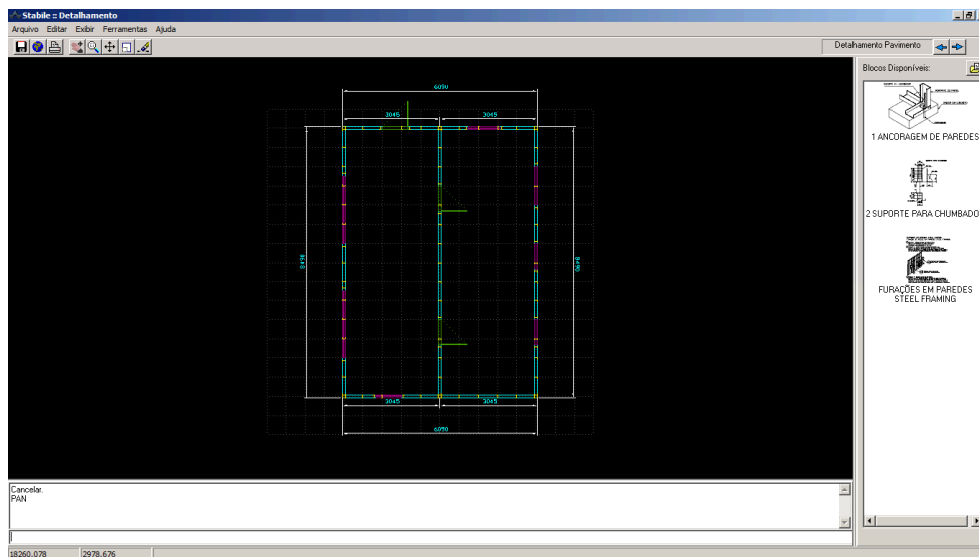
Esta consideração pode definir os comprimentos de flambagem dos montantes. Na Configuração do **CalcLSF** esta definição deve ser declarada no item Comprimento de Flambagem.



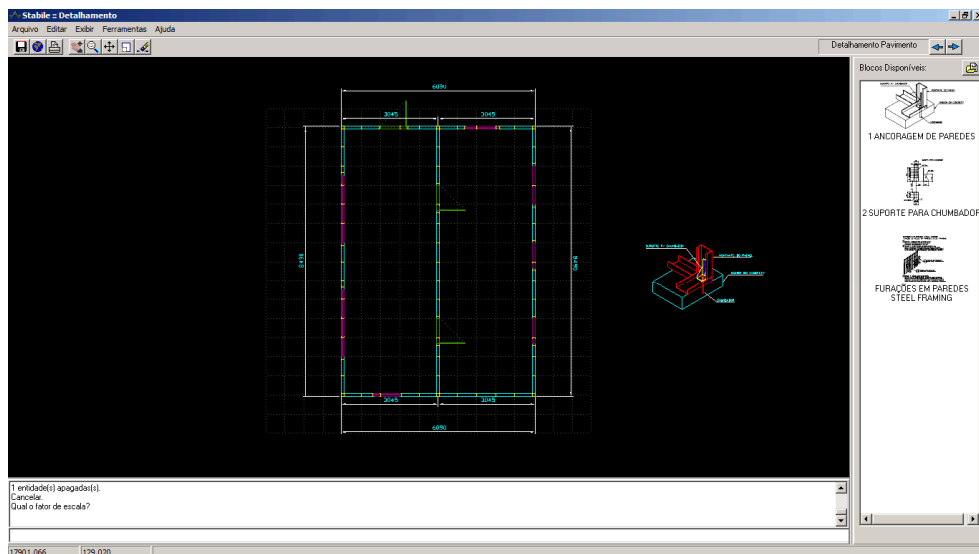
ATENÇÃO: As considerações de travamento oferecidos por placas são polêmicas e não constam de normas brasileiras. Por isto a decisão de considerar ou não a restrição conferida pelas placas, será da TOTAL responsabilidade do projetista estrutural.

2.4. BLOCOS PADRÃO EM PROJETOS DO **mCalcLSF**

Assim como os programas *CAD* (AutoCAD, BricsCAD etc) permitem a criação e inserção de desenhos no ambiente de trabalho, o módulo de Projeto do **mCalcLSF** permite que se insira desenhos elaborados anteriormente, na maioria das vezes desenhos ou detalhes padronizados, para ilustrar ou enriquecer o desenho gerado automaticamente pelo programa.



Observa-se a tela do módulo **Projeto** abaixo:



No quadro branco, à direita, imagens dos blocos encontram-se disponíveis para inserção.

Para inserir um bloco no ambiente de projeto, basta clicar sobre o bloco e arrastá-lo, posicionando-o na tela gráfica. O módulo **Projeto** solicitará o fator de escala para a inserção. Fazendo-se a declaração o bloco será inserido.

Apresentam-se, passo a passo, o procedimento de inserção de blocos:

1. Criando o bloco

Para o programa **mmCalcLSF**, o bloco é qualquer desenho salvo no formato DXF.

Então, cria-se o desenho usando um programa CAD – AutoCAD, BricsCAD ou outros que salvem arquivos DXF.

2. Declarando o endereço do bloco

Clique no botão à direita do título Blocos Disponíveis



Declare em que pasta o(s) arquivo(s) DXF está armazenado.

O módulo Projeto criará um *slide* dos blocos constantes na pasta declarada e os exibirá disponibilizando para a inserção.

3. Inserção dos blocos

Clica-se sobre o bloco escolhido e arrasta-se para o ambiente de projeto.

O programa pede um fator de escala: o **mmCalcLSF** sempre apresenta seus desenhos em milímetros e na escala natural 1:1.

Assim, se o bloco tiver sido desenhado em milímetros, o fator de escala será 1



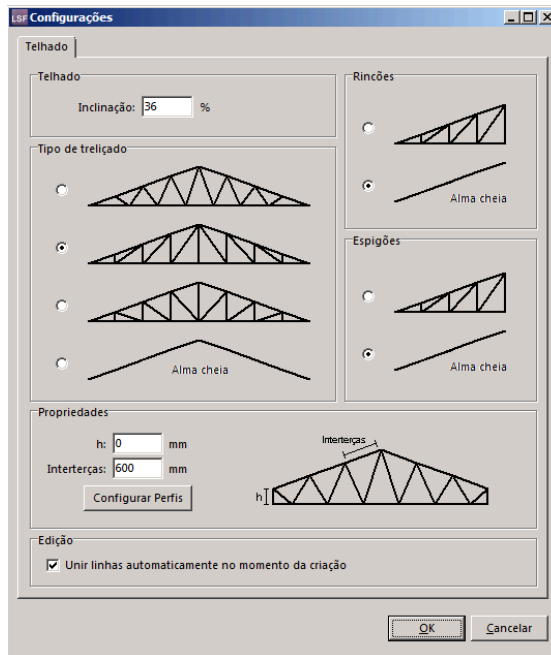
CAPÍTULO 3. Calc LSF – PROJETO DE TELHADOS

Com o **mCalcLSF** é possível criar telhados de maneira automática. Entretanto, esta automação obriga que sejam seguidas regras no uso do programa.

Ao invés de descrever as ferramentas de criação de telhados (isto está bem apresentado nos tutoriais que acompanham o instalador do programa) apresentam-se os itens a serem seguidos para a obtenção do projeto de um telhado.

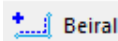
3.1 Configurações do Telhado

Ao acionar o botão  a janela de configuração será aberta:



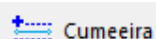
Fazem-se as opções desejadas

3.2 Beiral



Declara-se a projeção do Beiral e depois clica-se painel por painel periférico apontando o lado que se quer o Beiral

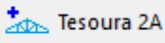
3.3 Cumeeira

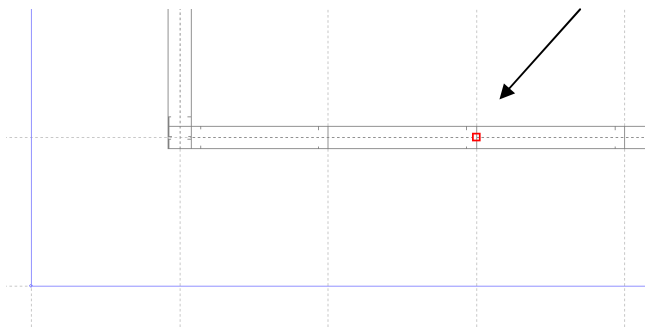


Se o telhado for em 2 águas, há a necessidade de definir a cumeeira. Primeiro, clica-se sobre uma linha de beiral paralelo a cumeeira e depois na outra linha (a cumeeira será uma linha mediatriz entre estas duas linhas de beiral). Depois, clica-se próximo do início e fim da cumeeira (posições aproximadas!). A linha de cumeeira pode ser obtida clicando-se sobre os painéis periféricos paralelos à cumeeira, no lugar de clicar nas linhas de beiral.

3.4. Telhado de duas águas (com oitão)

3.4.1. Inserção de Tesouras de duas águas

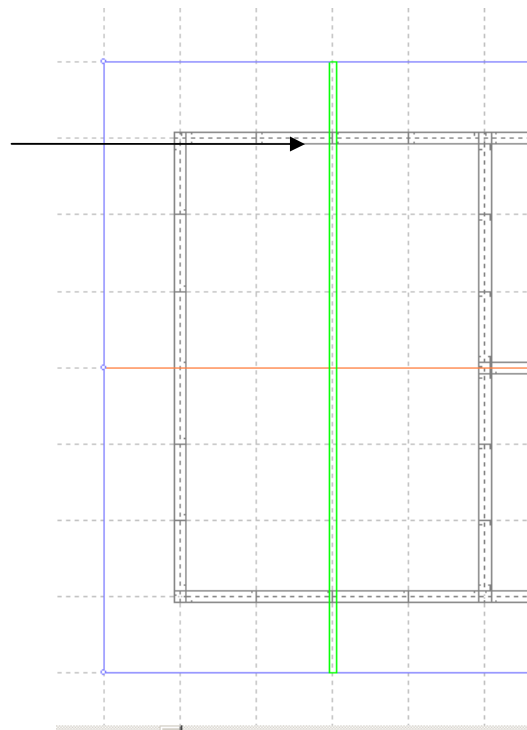
Clicando sobre o botão  **Tesoura 2A** insere-se a tesoura. Tomar cuidado de inserir as tesouras sobre os montantes do painel inferior.



Seleciona-se o montante inicial e o final, no painel oposto. O **CalcLSF** vai inserir a tesoura



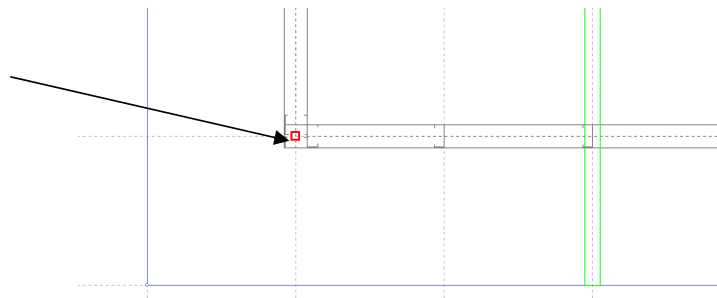
Tesoura inserida (cor verde)

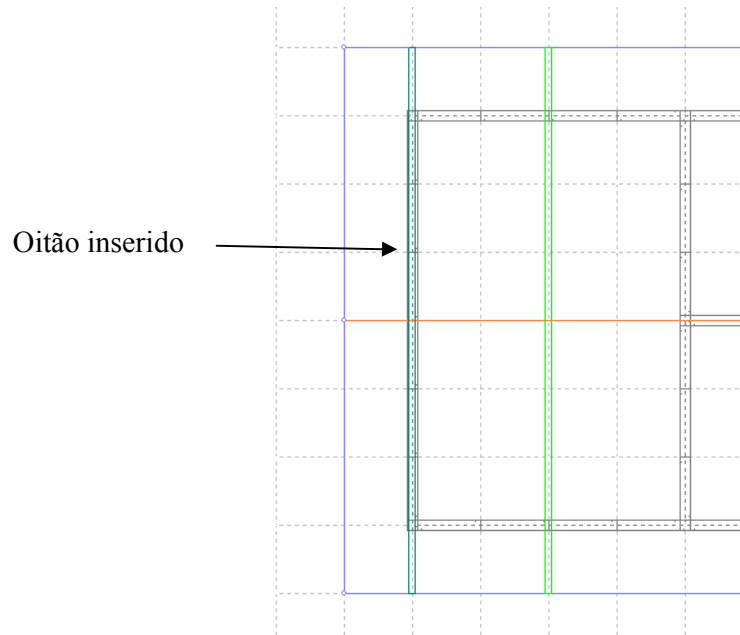


3.4.2 Inserção de Oitões Oitão

A inserção de Oitões é semelhante à de Tesouras.
É importante ressaltar: deve-se ter cuidado para a inserção no ponto central do nó da esquina entre dois painéis.

Ponto de Inserção de Oitões





3.4.3. Visualizando a Tesoura



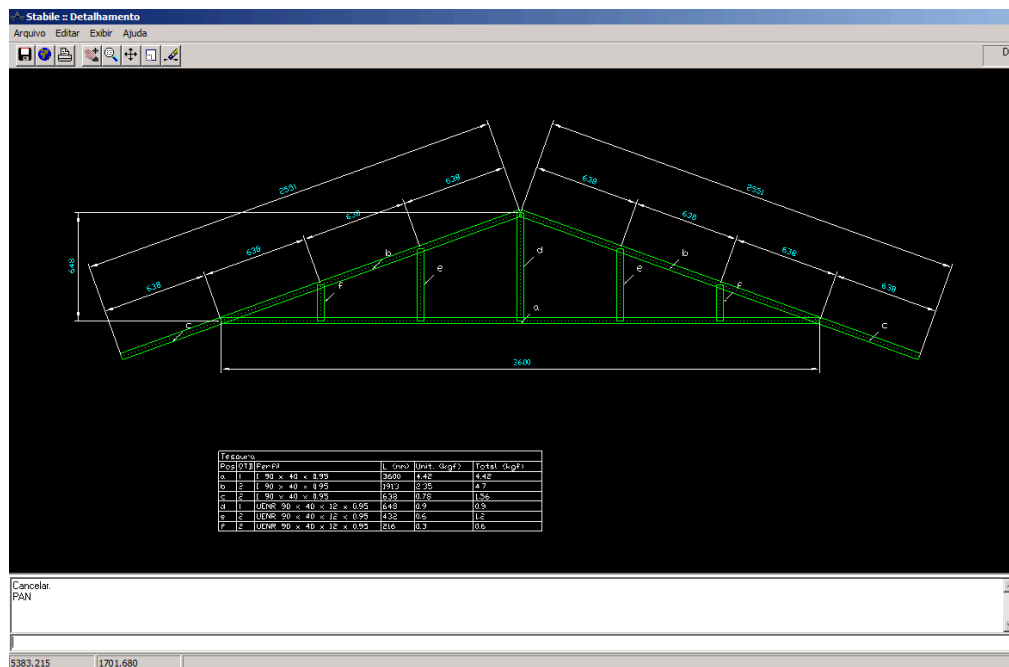
Acionar o comando e clicar na tesoura a ser visualizada

Tesoura					
Pos	QTD	Perf	h	rea	Total (kg)
a	1	30 x 40 x 0,90	2610	642	4,42
b	2	30 x 40 x 0,90	1913	535	4,7
c	2	30 x 40 x 0,90	628	178	1,55
d	1	30 x 40 x 0,90	648	182	1,62
e	2	30 x 40 x 0,90	825	231	1,82
f	2	30 x 40 x 0,90	612	164	1,39
g	2	30 x 40 x 0,90	715	196	1,52
h	2	30 x 40 x 0,90	516	128	0,94



3.4.4. Visualizando o Oitão

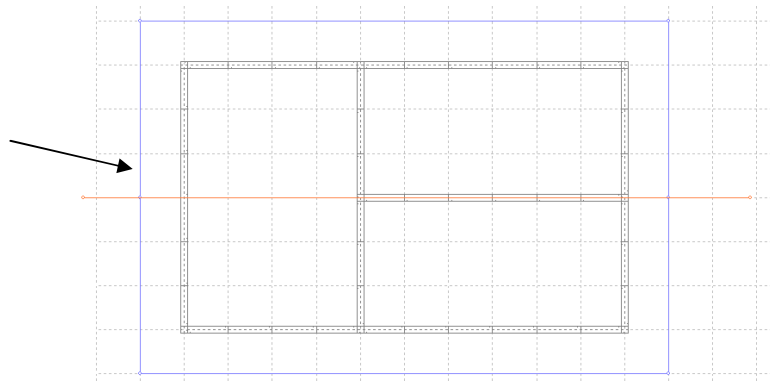
Aciona-se o mesmo comando de visualizar tesouras e clicar no oitão a ser visualizado



3.5 Telhado de três ou quatro águas

3.5.1 Inserção de Beirais e Cumeeira: idem ao telhado de duas águas

Inseriram-se
Os beirais e a
cumeeira



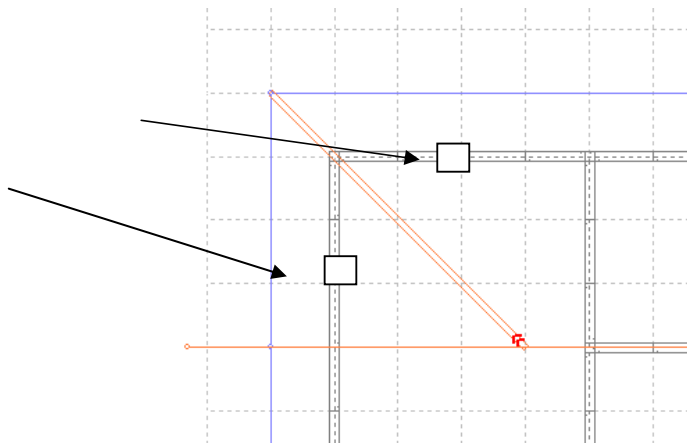
3.5.2 Inserção de Espigões Espigão

Um *Espigão* é a intersecção entre o plano de uma das águas do telhado (chamadas de *Águas-mestras*) com a terceira ou quarta água (chamadas de *Tacaniças*)

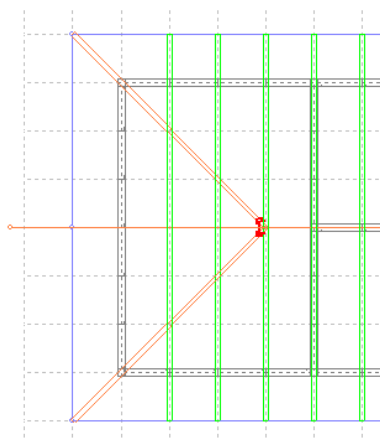
Ele é a bissetriz entre dois painéis adjacentes.

Assim, para a inserção de espigões, ativa-se o comando, clica-se nos dois painéis adjacentes a ele. O mCalcLSF desenhará o Espigão até encontrar a cumeeira.

Clica-se em painéis adjacentes



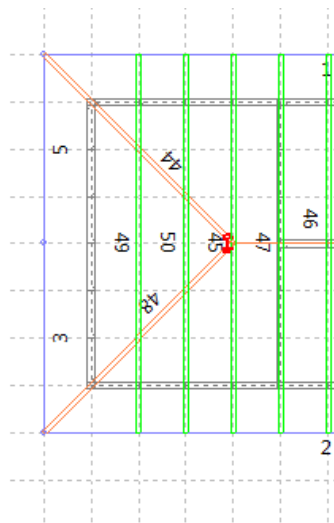
Espigões inseridos



3.5.3 Ajustando a Cumeeira

A cumeeira deve ser ajustada ao seu real comprimento.

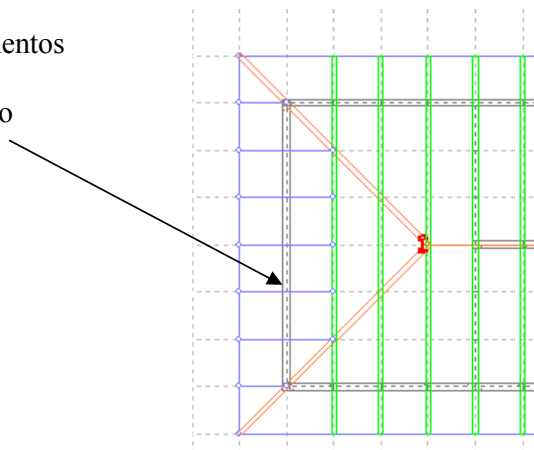
Usa-se o comando *Trim* para isto. Aciona-se o comando e se seleciona, primeiro, uma referência: um dos dois espigões. Seleciona-se, depois, o excedente de cumeeira (parte que se vai cortar da cumeeira).



3.5.4 Inserindo o painel da Tacaniça

Precisa-se inserir o painel da Tacaniça (um painel com forma trapezoidal, assentado na tacaniça). Os limites deste painel são os elementos 49, 48, 3, 5 e 44. Aciona-se o comando Tacaniça

E clicando nestes elementos enumerados, o painel será desenhado




3.6 Telhado de uma água (com oitão e beiral)

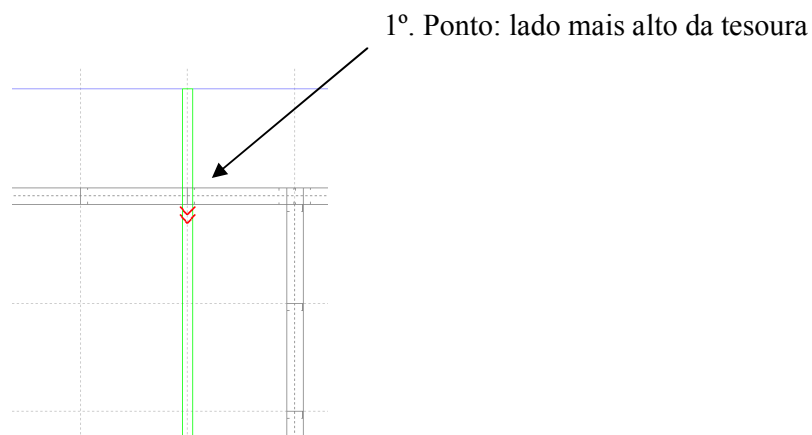
3.6.1 Inserção de Tesouras de uma água

A declaração de beiral é idêntica a da tesoura de duas águas.


A inserção de tesouras de uma água é idêntica à de duas águas.

Aciona-se o comando  Tesoura 1A e se insere a tesoura sobre os montantes do painel inferior.

Importante: o ponto de inserção inicial da tesoura será o ponto mais alto da tesoura. Insere-se a tesoura do ponto mais alto para o mais baixo

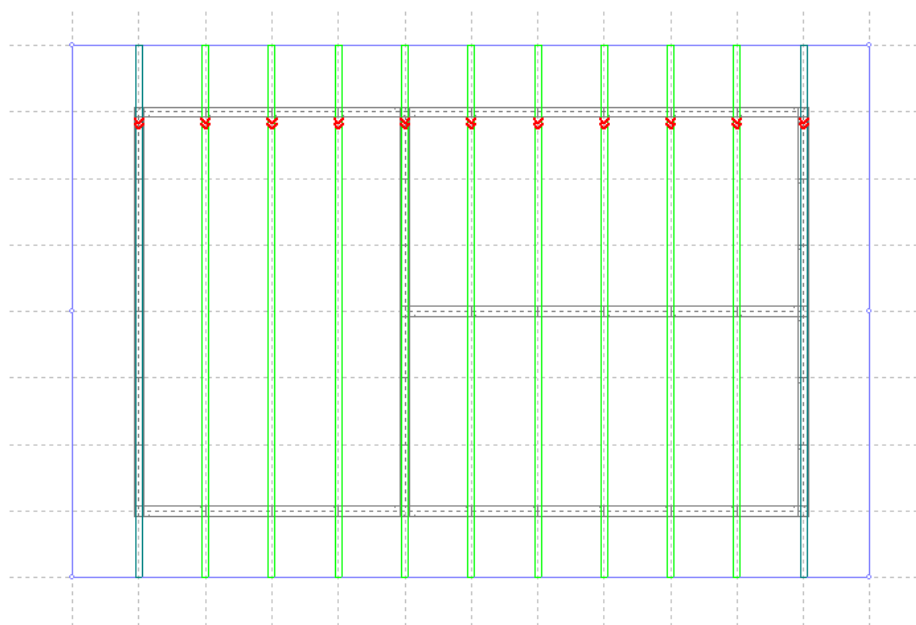
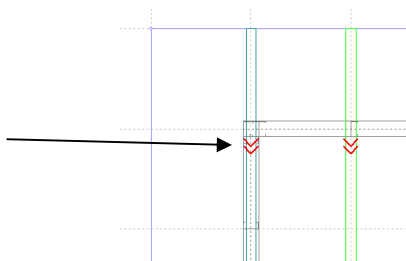


3.6.2 Inserção do Oitão

Clica-se no botão Oitão  Oitão (cuidado: oitão de uma água) e se insere de forma análoga ao de duas águas.

Importante: tomar cuidado de respeitar o lado mais alto do telhado.

Oitão- ponto inicial inseri-lo no eixo do nó da esquina, do ponto mais alto do telhado



1
Tesouras e oitões de uma água inseridos

3.6.3 Altura do Beiral Lateral

Diferentemente dos telhados de duas águas, no de uma água há a necessidade de ajustar as alturas do beiral (o nível que se encontram cada linha do beiral).

O desenho acima representa uma vista superior do telhado e é uma projeção plana de uma figura tridimensional.

O mCalcLSF considera a cota 0 (zero) do telhado, o nível do topo do painel de apoio do telhado.

Ao criar o beiral, o mCalcLSF posicionará as linhas do beiral na cota **CotaBeiral = 0,0 – Beiral x inclinação**

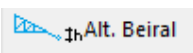


Então, por exemplo, se o beiral tiver 600 mm e a inclinação do telhado for 10%, a CotaBeiral será $0,0 - 600 \times 0,1 = - 60$ mm.

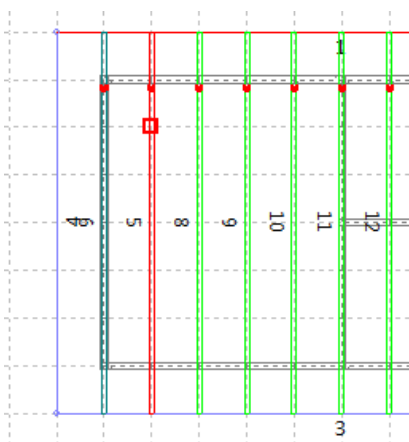
Esta é, também, a cota da extremidade baixa da tesoura.

A partir de então, declara-se a cota do beiral junto **a.** da extremidade alta da tesoura e **b.** as cotas alta e baixa dos beirais de oitão.

Procede-se da seguinte maneira:

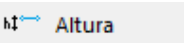
- Clica-se no comando Altura do Beiral 

- Clica-se sobre a linha do beiral que se quer definir e numa tesoura, para que esta sirva de referência para a altura do beiral



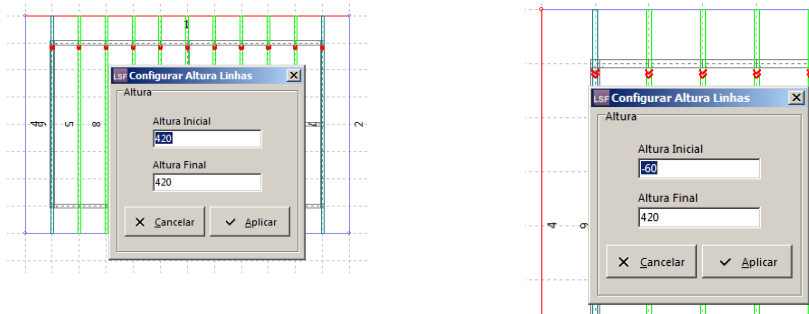
Depois deste ajuste, deve-se ajustar os níveis dos beirais de oitão que ainda estão na horizontal.

3.6.4 Altura do Beiral de oitão

Aciona-se o comando **Altura**,  que informa as alturas, inicial e final, de uma linha:

- Clica-se na linha de beiral lateral da parte alta para ler-se a altura desta linha.
- Copia-se (Ctrl-Shift) a altura da linha do beiral.
- Clica-se na linha de beiral de oitão e se cola a altura da linha do beiral lateral, na caixa *Altura Inicial* do beiral de Oitão





Um cuidado deve-se tomar: enquanto o ponto inicial da tesoura de uma água está apontado pelas duas setas indicativas da declividade, o ponto inicial da linha de beiral foi definido na sua geração, e pode ser observado pela numeração deste elemento. Na figura acima, o algarismo 4 está no lado “de baixo” da linha do beiral (isto se colocássemos a figura na horizontal). Isto indica o sentido de criação da linha: de baixo para cima (considerando a posição em que está a figura acima). Por isto a altura inicial da linha é a parte baixa do beiral de oitão.

Repete-se, todo o procedimento para ajustar a linha do beiral oposto.

3.7 Telhado de uma (ou duas) água com platibanda

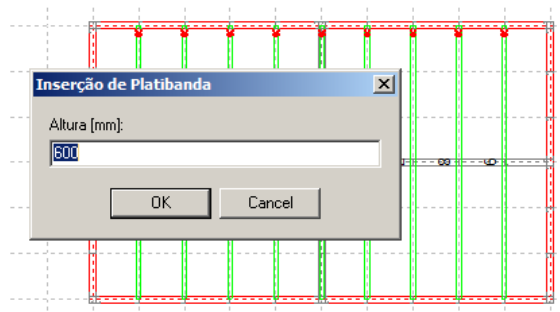
A inserção de tesouras é idêntica às apresentadas anteriormente, exceto de que não vai se declarar Beiral.

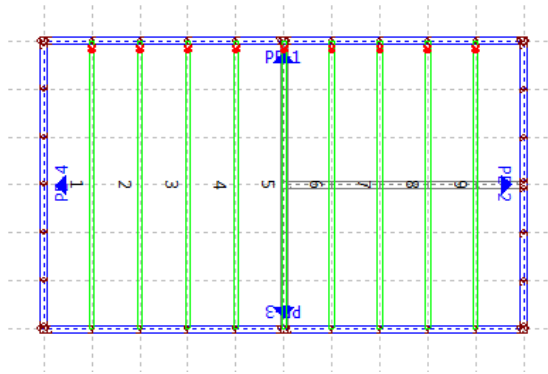
3.7.1 Inserção de Platibandas

As platibandas são painéis baixos, que serão inseridos sobre o painel do último pavimento (apoio do telhado).

Insere-se uma platibanda clicando-se nas guias dos painéis inferiores.

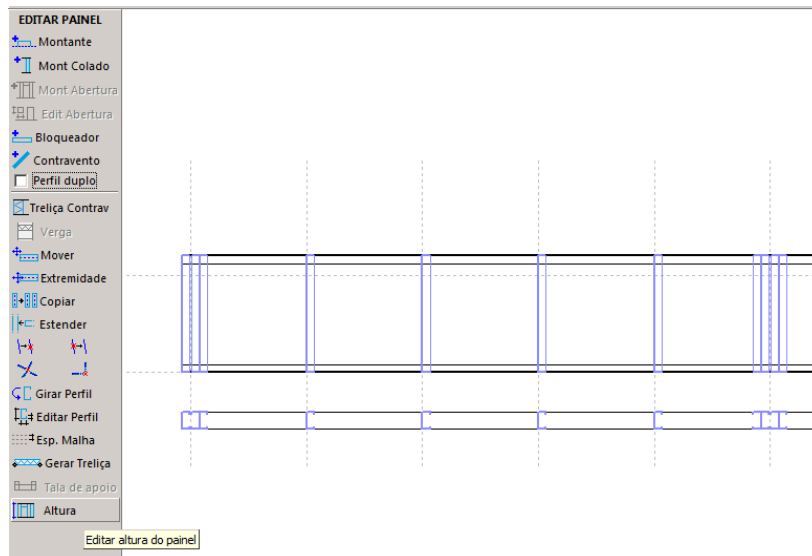
Depois de confirmada a inserção das platibandas, informa-se a altura do painel da platibanda.



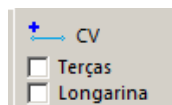


A altura do painel de platibanda pode ser corrigido acionando-se o comando **Editar platibanda**.

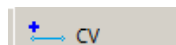
Abre-se o menu **Edição** de painel onde é possível alterar inúmeros itens deste pequeno painel, inclusive sua altura.



3.8 Contraventamento do Telhado



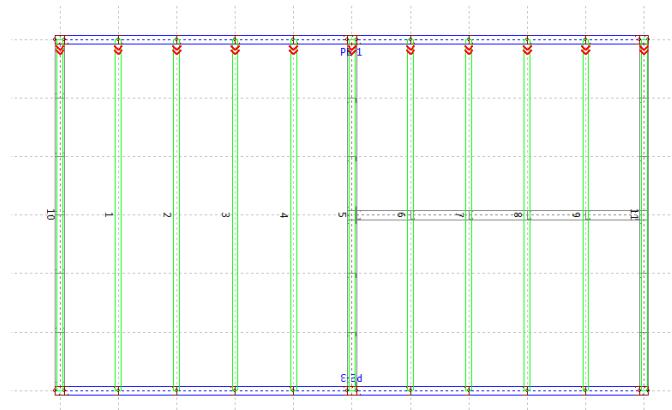
O aplicativo **Telhado**, do mCalcLSF, será acionado ao se clicar no botão



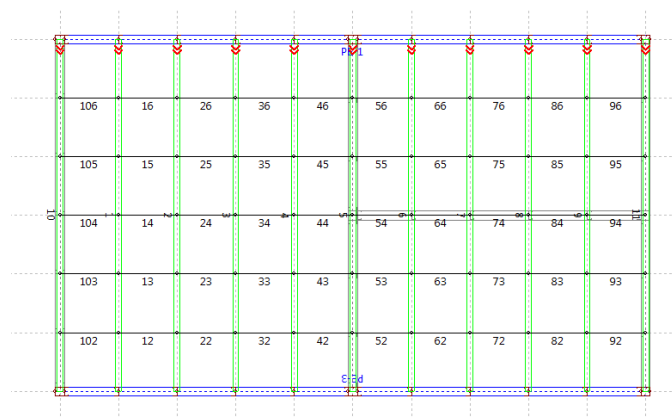
As barras de contraventamento poderão ser inseridas em duas opções:

- Nas terças: contraventando o(s) plano(s) do telhado (no banzo superior das tesouras)
- Nas longarinas: contraventando o plano inferior do telhado, no nível das longarinas de forro.

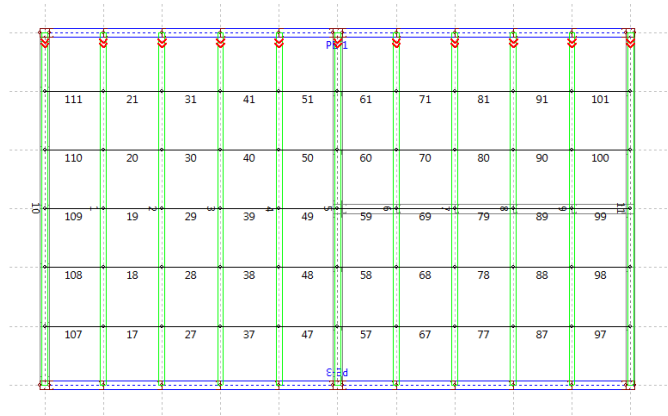
Antes de se seleccionar uma das duas opções o modelo do telhado tem esta forma:



Optando-se por Terças, o modelo ficará:

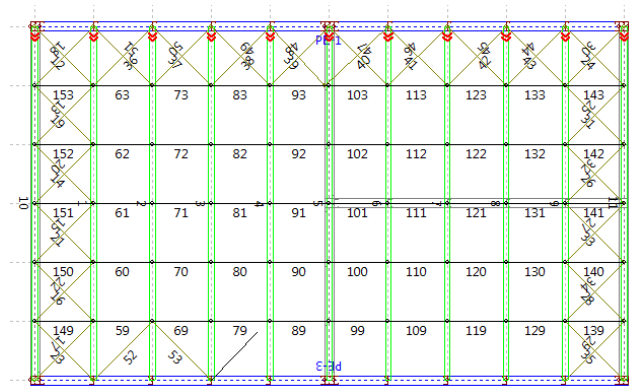


Optando-se por Longarinas, o modelo ficará:



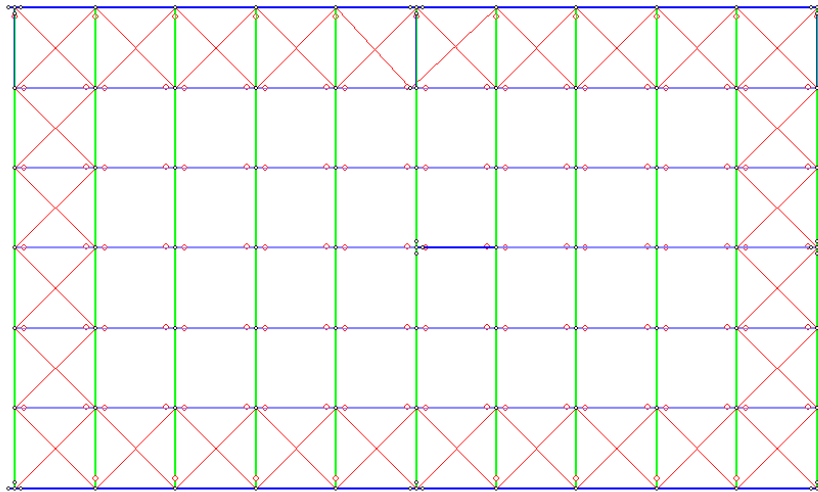
Aparentemente os dois desenhos são iguais, mas observando-se com cuidado, os números dos elementos terças e longarinas são diferentes. Ou seja, estão representadas, ora as terças, ora as longarinas de forro.

Feita a opção, simplesmente desenham-se as barras de contraventamento.

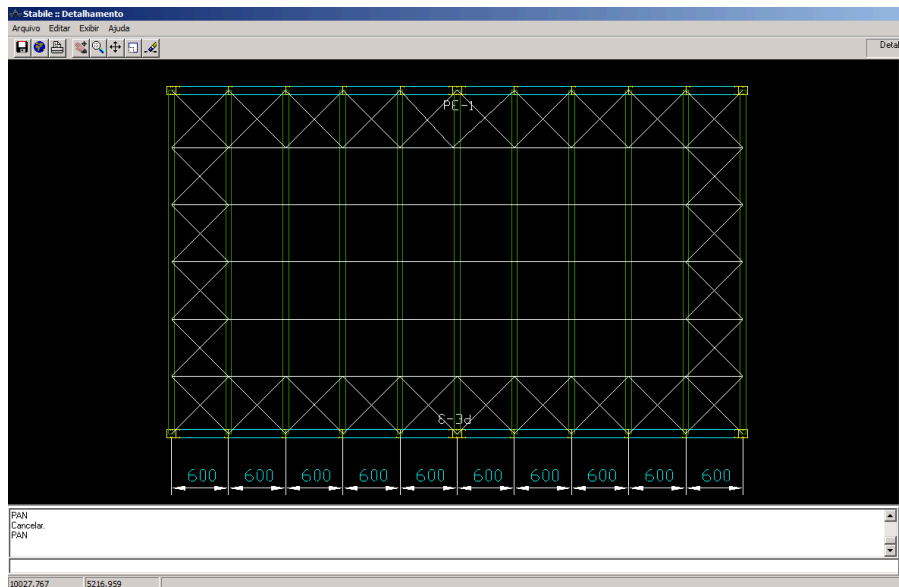


Desenho do contraventamento, nas longarinas, em execução.

O resultado final, no modelo de cálculo, ficará:



Vista do contraventamento do plano inferior do telhado, no modelo de cálculo.



Vista do contraventamento do plano inferior do telhado, no módulo Projeto.



CAPÍTULO 4. mCalc LSF – IMPORTANDO O PROJETO ARQUITETONICO

Embora se possa desenhar qualquer tipo de planta baixa, com o editor gráfico do Modelador LSF, é mais fácil usar o projeto arquitetônico da edificação como referência, para modelar a estrutura.

Para isto, criam-se *máscaras* do desenho arquitetônico, no formato DXF.

Este formato de desenho/arquivo tem a vantagem de, seus elementos, serem abertos à leitura e manipulação, diferentemente dos desenhos do próprio programa *CAD*, que são exclusividade do desenvolvedor do *CAD*.

Com esta *máscara*, usando-se o programa mCalcLSF se terá condições de reproduzir, exatamente, as situações de dimensões e formas da edificação propostas pelo projeto arquitetônico.

4.1 Gerando um desenho DXF a partir do projeto feito num programa CAD

O desenho a ser importado pelo mCalcLSF deve ser feito por linhas (o programa só importará LINES).

Por facilidade de manipulação da *máscara* sugere-se limpar o desenho arquitetônico eliminando mobiliários, efeitos especiais de desenho como sombra, hachuras, cotas, textos, margens etc.

A partir deste ponto o desenho estará pronto para ser salvo em formato DXF (Pode-se, ou não, escalar o desenho transformando sua unidade de comprimento em milímetros.)

Para gerar-se o arquivo DXF, digita-se ,na linha de comando, DXFOUT . Depois digita-se o nome do futuro arquivo DXF: o programa *CAD* vai gerar um arquivo com extensão **DXF**.

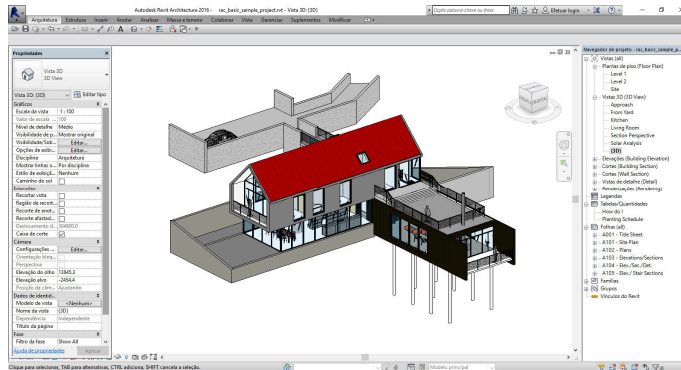
4.2 Criando um arquivo DXF de um modelo REVIT

Os programas *BIM* – Autodesk-REVIT, ArchiCAD, Bentley Architecture, Vectorworks Architect - tem sido usados pelos arquitetos, sendo que o programa da Autodesk é um dos mais conhecidos.

Descreve-se o procedimento para extrair desenhos planos – plantas baixas, cortes e vistas - de um modelo REVIT.



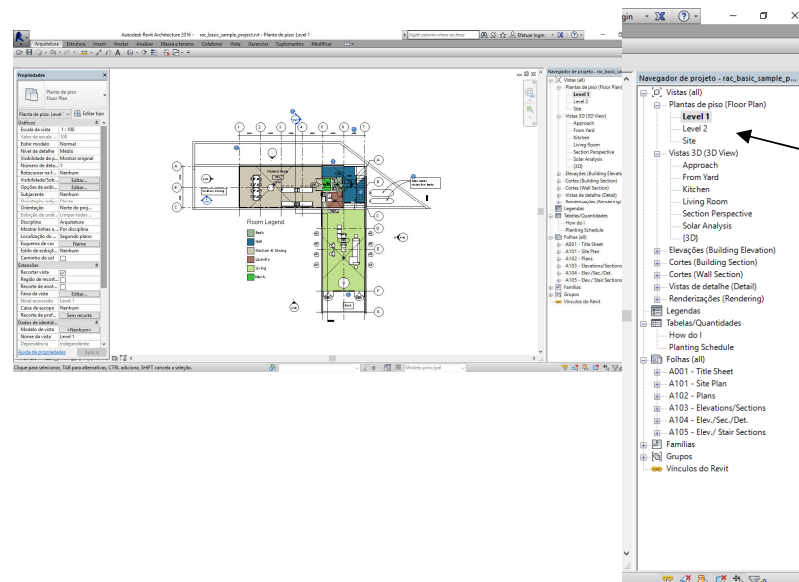
Tendo-se um modelo já criado



É possível gerar-se desenhos de planos de diversas maneiras com o programa REVIT.

Uma das opções é a opção de salvar as plantas de piso.

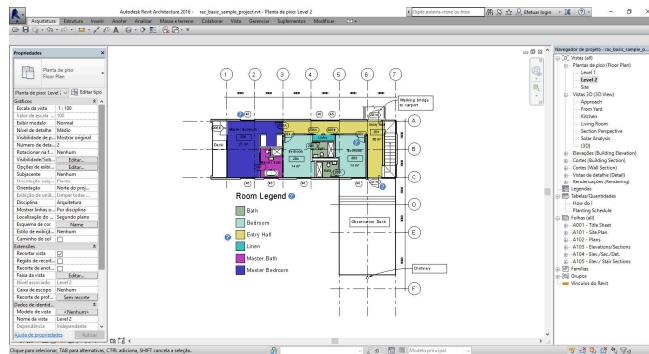
No menu da direita escolhe-se **Vistas Planta de Piso Nivel 1** e depois **Nível II** como apresentado abaixo



Selecione Vistas ... Planta de piso ... Nivel I

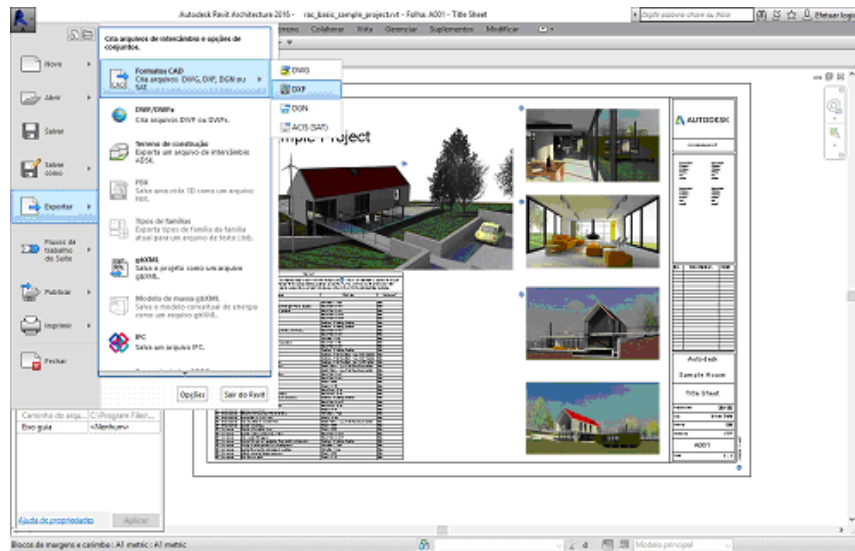
Planta Nivel I





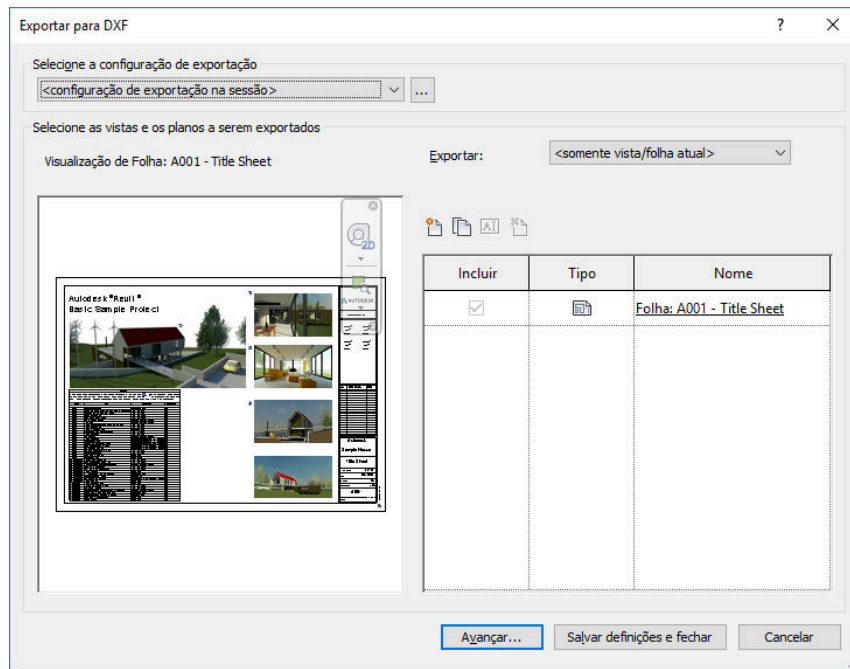
Planta Nivel II

Com as **Plantas de Piso** desenhadas, basta se acessar o menu principal do REVIT, escolher os comandos **Exportar > Formatos CAD > DXF**

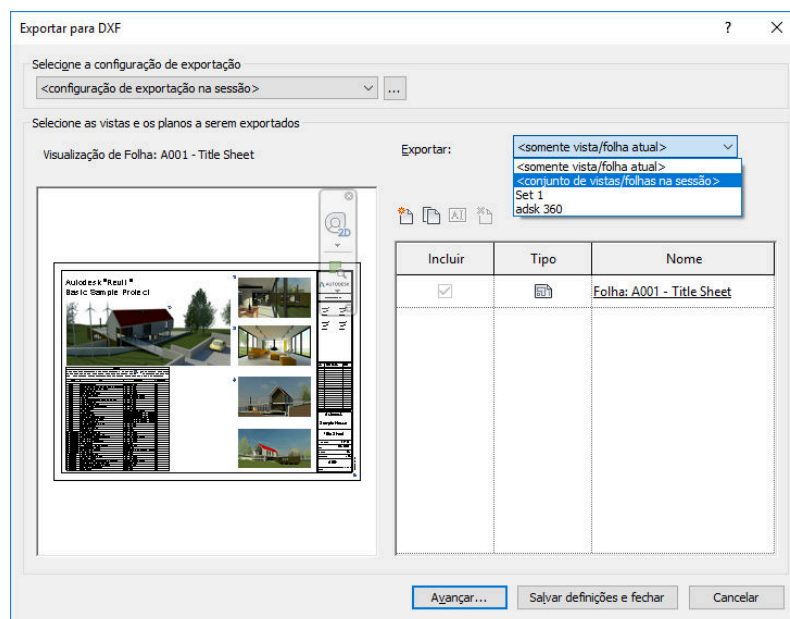


Será exibida uma janela para selecionar o que se quer exportar do modelo:

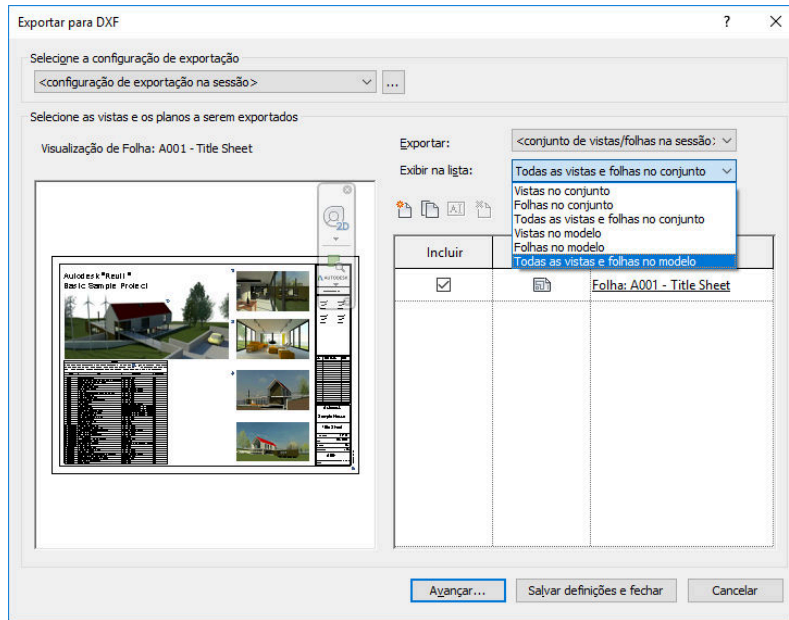




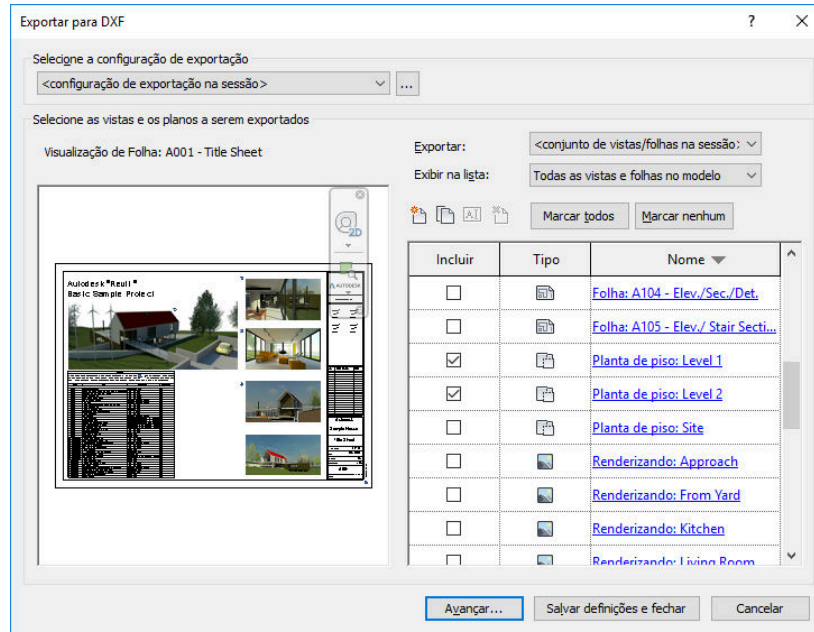
Na guia do comando **Exportar**, deve-se seleccionar a opção **Conjunto de vistas/folhas** na sessão:



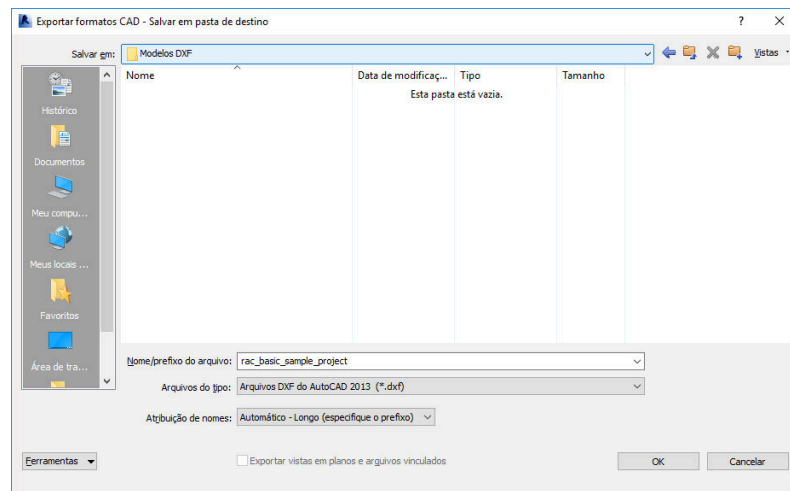
E em **Exibir** na lista seleciona-se **Todas as vistas e folhas do modelo**:



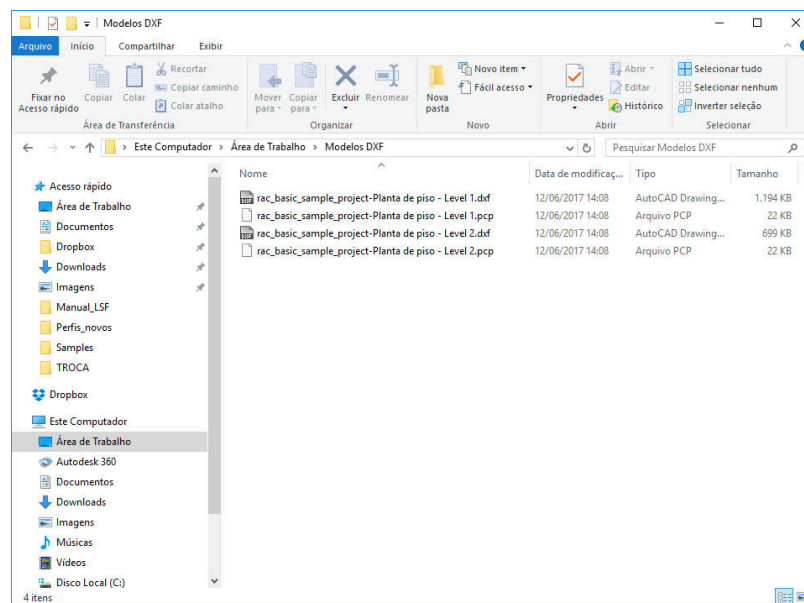
Será aberta uma janela todas as opções para exportar: selecionam-se as plantas de piso:



E clica-se em **Avançar** e seleciona-se a pasta na qual serão salvos os arquivos DXF a serem exportados/criados :



Finalizando: arquivos DXF salvos



CAPÍTULO 5. **mCalc LSF – MÓDULO 3D**

O **módulo 3D** possui alguns comandos que são gerais e que podem ser usados em todos os módulos do sistema.

5.1 Métodos de Seleção

O sistema disponibiliza vários métodos de seleção:

5.1.1 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.

5.1.2 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.

5.1.3 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.

5.1.4 Por Polígono

Pressionando-se a tecla **F9** o **módulo 3D** 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 de 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.



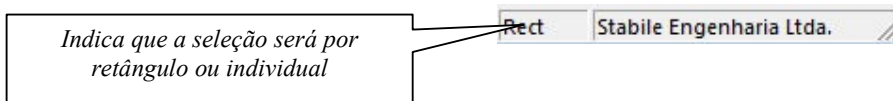
5.1.5 Por “Fence”

Pressionando-se, novamente, a tecla **F9** o **módulo 3D** 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 ser desenhada, indistintamente, da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda. Serão selecionadas as barras que forem cortadas pela linha.

5.1.6 Tecla F9

Recapitulando-se o funcionamento da tecla F9:

Por *default* os tipos de seleção adotados pelo **módulo 3D** serão a seleção individual ou por retângulo. A linha de *status* do programa, barra situada no inferior da tela, terá a seguinte aparência:



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, 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*.

5.2 Métodos de Deseleção

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

Pressionando-se a tecla <Esc> também é possível deselecionar as entidades.

5.3 Ferramentas de Precisão

5.3.1 Nó mais próximo



Ao se modelar/desenhar uma estrutura, o sistema **módulo 3D** atrairá, sempre, a extremidade final da barra que estiver sendo desenhada para o nó mais próximo.

5.3.2 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 plano de visualização em que se está trabalhando.

No caso de se ter trocado a posição dos eixos, o editor gráfico do **módulo 3D** desenhará barras paralelas a essa nova posição de eixos.

5.4 Comandos Gerais

No *menu* principal do sistema tem-se o *menu* Arquivo com 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.

Importar: permite a importação de arquivos padrão *DXF* e a importação de subestrutura, já descritos nos itens 1.7.2.2 e 1.7.2.3, respectivamente.

Exportar: 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.


Os outros recursos/comandos gerais do **módulo 3D** 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:


 **5.4.1 Exporta DXF:** trata-se de um atalho para o comando de exportação de arquivos no padrão *DXF*, descrito anteriormente, permite imprimir a estrutura com várias opções de impressão.


 **5.4.2 Undo e Redo:** desfazer e refazer uma ação respectivamente, comandos padrões dos programas CAD.


 **5.4.3 Mover Tela:** movimenta o desenho em relação à janela de visualização. Esse comando pode ser ativado, também, pelo *prompt* do **módulo 3D** digitando-se **P** e <ENTER> .

 **5.4.4 Orbit:** gira o desenho em relação à janela de visualização.

 **5.4.5 Zoom por Janela:** aumenta o desenho enquadrando-o à janela aberta pelo usuário.

 **5.4.6 Zoom Mais e Zoom Menos:** esse comando, que se assemelha ao *Pan* do AutoCAD, permite que se tenha *Zoom Mais* e *Zoom Menos*.

 **5.4.7 Zoom Enquadrar:** enquadra todo o desenho na janela de visualização. Esse comando assemelha-se ao *Zoom Extended* do AutoCAD.

 **5.4.8 Cópia Propriedades:** copia as propriedades das barras.


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.


CPP 5.4.9 Copia Plano: copia as propriedades, ou ações ou dimensionamento de um plano para outro (somente planos de geometria idênticas).


 **5.4.10 Distância:** esta ferramenta informa a distância entre dois pontos. Basta clicar no ícone e selecionar estes dois pontos, então serão informados no *prompt* a distância e as variações de x (dx), y (dy) e z (dz).


```
Distância do ponto: (582.084 1 600)
Até o ponto: (1981.49 1327.5 0)
Distância = 2019.3899, dx = 1399.4077, dy = 1326.4968, dz = -600.0000
```

 **5.4.11 Selecionar Plano:** esta ferramenta será útil quando se queira selecionar barras em um plano para aplicar algum comando. Aciona-se o ícone e deverão ser apontadas duas barras que estejam contidas no plano que se queira destacar, confirma-se com o botão direito do mouse ou clicando em <ENTER>. Após a confirmação, o plano estará salientado.

 **5.4.12 Inverter Seleção:** este comando seleciona todas as barras ou as deseleciona.


 **5.4.13 Esconder porção da estrutura por plano:** o comando permite que o usuário exiba apenas barras contidas em um plano. No *prompt* o programa pedirá que sejam declarados um ponto contido neste plano e o eixo global que é normal a este plano. Por fim, é necessário selecionar um ponto do plano que ficará visível.


 **5.4.14 Esconder porção da estrutura por seleção:** corta parte da estrutura selecionada pelo usuário, deixando visível somente a região não selecionada.


 **5.4.15 Mostrar tudo:** Este comando exhibe novamente o desenho de toda a estrutura após ela ter sido escondida pelos comandos 1.8.4.14 ou 1.8.4.15.


 **5.4.16 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.


 **5.4.17 Numera Nós:** a qualquer momento (dentro de qualquer módulo) numera os nós.

 **5.4.18 Numera Barras:** a qualquer momento (dentro de qualquer módulo) numera as barras.


 **5.4.19 Numera Ligações:** exhibe o número das ligações dentro do módulo Ligações.


 **5.4.20 Localizar e selecionar barra:** localiza e seleciona uma determinada barra, para isto basta ativar o comando e digitar o número da barra desejada.


 **5.4.21 Localizar e selecionar nó:** localiza e seleciona um determinado nó, para isto basta ativar o comando e digitar o número do nó desejado.


 **5.4.22 Tipo de Estrutura:** esta ferramenta será útil para informar ao usuário o tipo de barra na estrutura. Utilizam-se as seguintes siglas:


- PE: Pórtico Espacial;
- TE: Treliça Espacial;
- GR: Grelha;
- EC: Elemento de Concreto;
- TR: Terça;
- CB: Cabo.

 **5.4.23 Marca Nós:** exhibe os nós por intermédio de um pequeno círculo na posição do nó.

 **5.4.24 Eixos Globais:** exhibe os eixos globais da estrutura.

 **5.4.25 Eixos Locais:** exhibe os eixos locais de cada barra.

 **5.4.26 Exibe Vinculação:** exhibe a vinculação adotada na estrutura.

 **5.4.27 Exibir nós Semi-Rígidos:** exhibe os nós declarados como semi-rígidos por intermédio de um pequeno círculo azul na extremidade da barra.





5.4.28 Exibir Descontinuidades: exhibe as descontinuidades declaradas para as barras por intermédio de um pequeno círculo vermelho na extremidade da barra.

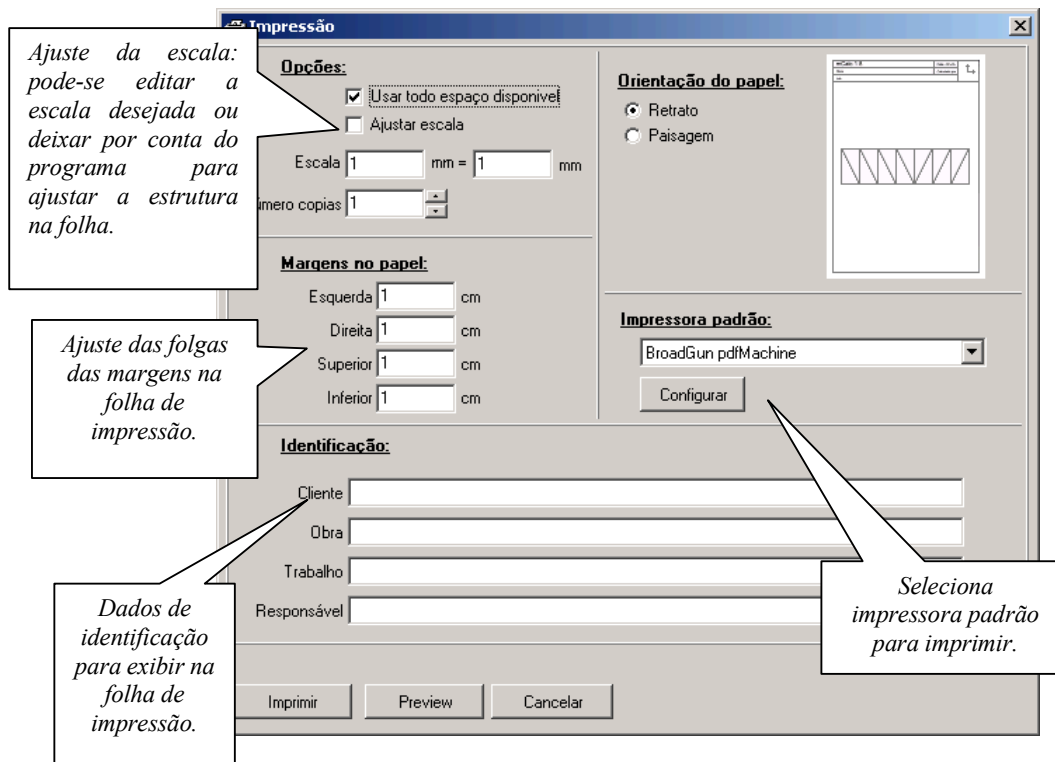


5.4.29 Impressão: esta ferramenta estará ativa em todos os módulos do **módulo 3D**, sempre serão impressas as barras que o usuário selecionar e a mesma imagem que aparece na tela no momento da seleção, ou seja, se estiver exibindo número de nós e barras, estes serão impressos juntamente com as barras da estrutura. Da mesma forma ocorre no módulo de Dimensionamento com o nome ou *performance* dos perfis nas barras; no módulo Ações com o desenho das cargas e respectivos valores; e ainda, no módulo Resultados com os diagramas e deformadas.

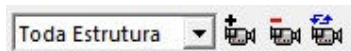
Para imprimir a estrutura, após clicar no ícone da impressão, surgirá uma janela de diálogo para que o usuário configure a página da impressão:


Orientação do papel: selecionar paisagem ou retrato.

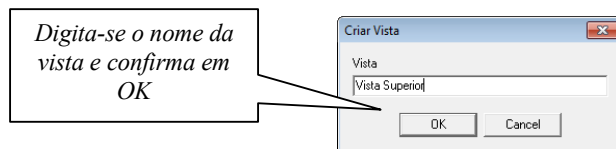




5.4.30 Vistas: esta ferramenta permite que o usuário salve vistas da estrutura e as chame quando quiser, em qualquer módulo.




: clicando neste ícone adicionam-se vistas. O usuário deve posicionar na tela a vista da estrutura e clicar neste comando, então aparece a seguinte janela para nomear:




Toda vez que se queira exibir uma vista deve-se clicar sob o nome dela na lista:






: este comando apaga as vistas criadas. Seleciona-se a vista na lista e aciona este botão para excluí-la.


: sobrescreve as vistas – para utilizar este comando deve-se selecionar a vista que será substituída, posiciona-se a estrutura exibindo a nova vista, posteriormente, aciona-se o comando de sobrescrever vista.


Ainda no menu principal superior, o **módulo 3D** tem ferramentas para a visualização da estrutura, segundo o sistema de eixos globais:



Essas ferramentas estão disponíveis em todos os módulos do programa.

 Mostra a vista da estrutura projetada no plano definido pelos eixos X e Y – vista superior da estrutura.

 Mostra a vista da estrutura projetada no plano definido pelos eixos X e Z – vista frontal da estrutura.

 Mostra a vista da estrutura projetada no plano definido pelos eixos Y e Z – vista lateral da estrutura.

 Mostra a vista em perspectiva do tipo 3D livre.

barrasolta: Este comando serve para identificar se existe alguma barra na estrutura que não esteja conectada. Para ativar este comando, deve-se digitar na barra de status do programa “barrasolta” neste momento o programa selecionará todas as barras que estiverem conectadas aparecendo em vermelho, logo, se alguma barra não estiver conectada a estrutura, ela não será selecionada permitindo que o usuário a identifique rapidamente.

5.5 Sistema de Coordenadas do módulo 3D

Foram implementados dois sistemas de coordenadas no **módulo 3D**: retangulares e polares. Para cada um desses sistemas tem-se coordenadas absolutas e relativas.



5.5.1 Coordenadas Retangulares

O sistema de coordenadas retangulares indexa as coordenadas dos pontos à origem do sistema (coordenadas $0,0,0$). Assim, as coordenadas de um nó que dista da origem 500 unidades na direção do eixo X , 400 unidades na direção do eixo Y e 250 unidades na direção do eixo Z serão $(500, 400, 250)$ ou seja $X=500$, $Y=400$ e $Z=250$.

5.5.2 Coordenadas Absolutas

As coordenadas absolutas são referidas à origem $(0,0,0)$ do sistema global.

5.5.3 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.



CAPÍTULO 6. mCalc LSF – MÓDULO GEOMETRIA

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

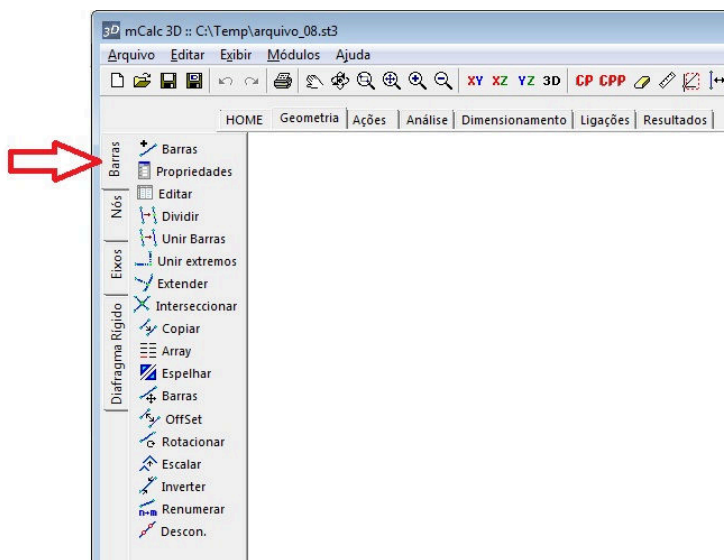
Para acessar esse módulo clica-se sobre a *aba* **Geometria** com o botão esquerdo do *mouse*, sendo exibidos os recursos/comandos desse módulo.

Os recursos estão disponibilizados em quatro menus: barras, nós, eixos e diafragma rígido.

Exploram-se, a seguir, os comandos de cada menu.

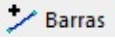
6.1 Menu Barras

Neste menu estão os comandos referentes a operações com as barras:



6.1.1 Comando BARRAS

Para introduzir barras na estrutura.

Após clicar-se sobre o botão  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.

6.1.2 Comando PROPRIEDADES

Será utilizado para fornecer as propriedades de 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) que terão as propriedades editadas com o botão esquerdo do *mouse*.

Todas as barras selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

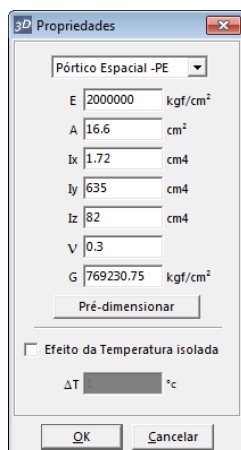
Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Aparecerá a janela com as propriedades da barra que podem ser inseridas ou alteradas.

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

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo fornecer as propriedades.

Para editar as propriedades das barras selecionadas, basta digitar o valor desejado nos *edit-boxes* correspondentes.



Os campos referentes às propriedades estarão habilitados para serem preenchidos, segundo tabela a seguir:

Tipo de Estrutura	E	Área	Ix	Iy	Iz	v	G
Treliça Espacial	sim	sim	não	não	não	não	não
Pórtico Espacial	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Grelha	sim	não	não	sim	sim	sim	sim
Elemento de Concreto	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Terça	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Cabo	sim	sim	não	não	não	não	não

Esses valores devem, obrigatoriamente, ser diferentes de zero. Após o dimensionamento, o **módulo 3D** atualiza as propriedades das barras, adotando então o valor exato da área da seção de cada barra.

6.1.3 Comando EDITAR

O sistema **módulo 3D** publica, em forma de planilha, permitindo edição de:

- *Conetividade de barras*: podem-se alterar as conetividades das barras;
- *Propriedades das barras*: edita propriedades das barras.

Dentro da planilha o **módulo 3D** oferece, também, alguns recursos de visualização que são dados por:


<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 <F5> a barra será salientada com uma linha colorida espessa.

6.1.4 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  com o botão esquerdo do *mouse*.

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

Selecione(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.**

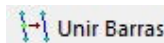
Será necessário digitar o número de quantas partes se deseja dividir a barra. Para confirmar pressione-se na tecla <ENTER>.

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

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

6.1.5 Comando UNIR BARRAS

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

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 Unir.**

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

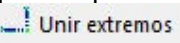
Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

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

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

O módulo 3D só unirá barras que sejam co-lineares, por isso no caso de que não haja resposta do comando, verifique se as barras a serem unidas são, efetivamente, co-lineares.

6.1.6 Comando UNIR EXTREMOS

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.

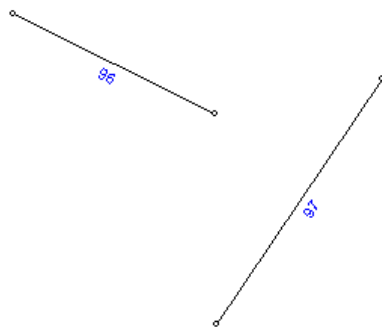


No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione 2 barras para prolongar até a interseção**”

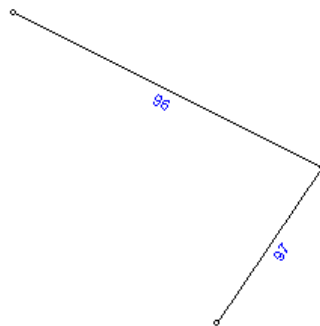
Seleciona-se a(s) barra(s) a serem prolongadas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

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

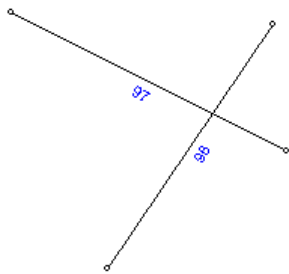
Esse comando ficará ativo até que seja pressionado o botão direito do mouse ou a tecla <esc>.



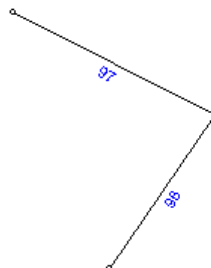
ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO



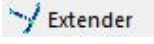
ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

6.1.7 Comando UNIR EXTEND

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

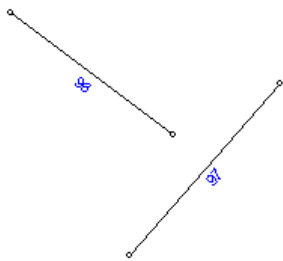
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do mouse.

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

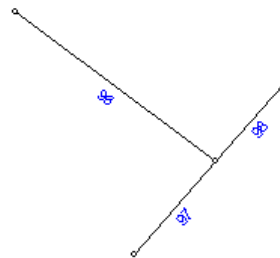
Seleciona-se a(s) barra(s) a ser criado o nó na interseção com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho. Confirma-se a seleção com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

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

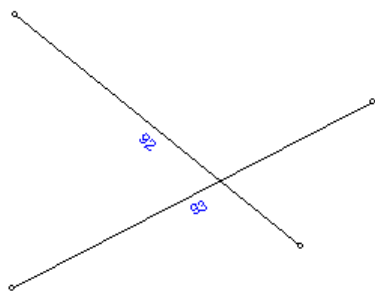
Enquanto o comando estiver ativo ele continuará criando o nó na interseção das barras selecionadas.



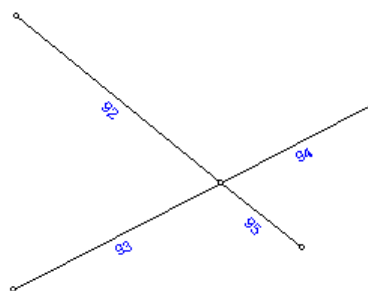
ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO



ANTES DO COMANDO

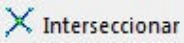


DEPOIS DO COMANDO



6.1.8 Comando INTERSECCIONAR

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.

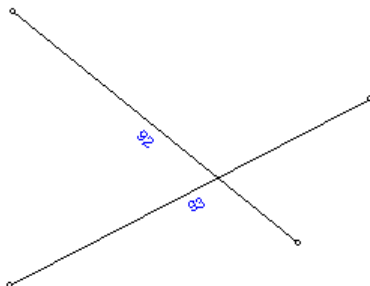
No *prompt* do programa será exibida uma ordem: “**Selecione 2 barras para criar interseção**”

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

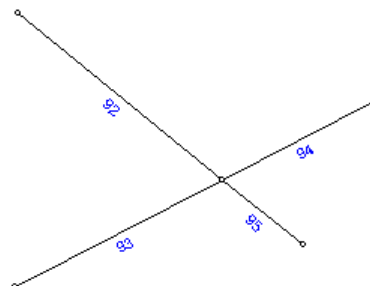
Confirma-se a operação com o botão direito ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

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

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



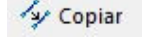
ANTES DO COMANDO



DEPOIS DO COMANDO

6.1.9 Comando COPIAR

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

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 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 dos pontos inicial e final pode ser feita clicando-se o ponto desejado ou pode ser feita através de coordenadas globais ou relativas ao ponto anterior, por exemplo, 200,0,0 (coordenadas globais) ou @350,150,200 (coordenadas relativas) ou ainda por coordenadas polares @200<45.

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

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

6.1.10 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**

Após a seleção e a confirmação, o *prompt* pergunta: **Array Retangular ou polar (<R>/P)**

Caso se escolha array retangular (R e <Enter>), declaram-se: **Número de Linhas e Número de colunas**. Declaram-se: **Distância entre as Linhas e Distância entre as Colunas**


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

Caso se escolha array polar (P e <Enter>), declaram-se: **o ponto central** (pólo) das cópias múltiplas, o **número de itens** e o **ângulo a ser preenchido**.

O comando Array cria as cópias no plano XY global.

6.1.11 Comando *ESPELHAR*

Será utilizado para espelhar uma estrutura.

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, @200,0,0 ou por coordenadas polares @200<45.

Ao confirmar o segundo ponto de referência, o *prompt* do programa exibirá: **Deseja apagar as barras originais (S/<N>)**. Caso se digite S e <Enter>, as barras originais serão excluídas do desenho.


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

Enquanto o comando estiver ativo ele continuará espelhando as barras selecionadas em relação ao plano que se indicar.

Esse comando permite espelhar a estrutura com referência em um plano definido pelos pontos inicial e final e pelo eixo Z global.

6.1.12 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, @200,0,0 ou por coordenadas polares @200<45.

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

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

6.1.13 Comando MOVER OFFSET

Será utilizado para copiar uma barra já existente.

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

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione uma barra para copiar por offset**

Seleciona-se a barra a ser movida com o botão esquerdo do mouse. A barra selecionada ficará desenhada em vermelho.

No *prompt* do programa surgirá um pedido de informação: **Distância**


Deve ser declarada a distância que se quer da barra original e clicar em ENTER.

No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação, a direção para a qual será copiada a barra: **XG (eixo x global), YG (eixo y global), ZG (eixo z global), YL (eixo y local) ou ZL (eixo z local)**

Após indicação do eixo para a cópia, será solicitado que indique-se um lado da barra para qual será aplicada a nova barra. Para isto, deverá clicar-se na tela o lado desejado para a cópia.

6.1.14 Comando ROTACIONAR

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

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

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para rotacionar**



Seleciona-se as barras 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 *@1<Ângulo*.

O ângulo de rotação será medido a partir do eixo X, e a estrutura será rotada em torno do eixo Z.

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 se pressione o botão direito do mouse ou se pressione a tecla <esc>.

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

6.1.15 Comando ESCALAR

Será utilizado para escalar uma barra ou um conjunto de barras já existentes. O comando pode ser usado para aumentar ou diminuir o desenho da estrutura.

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

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para escalar**

Selecionam-se as barras 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 de escala**



Digita-se o valor do fator de escala, ou seja, o fator de multiplicação para as dimensões da estrutura.

6.1.16 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  Inverter com o botão esquerdo do mouse.

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

Selecionam-se as barras 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 se pressione o botão direito do mouse ou se pressione a tecla <esc>.

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

6.1.17 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.

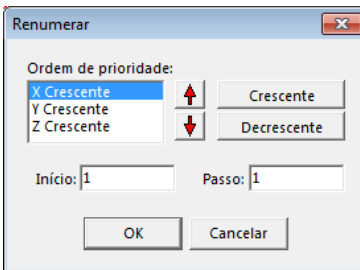
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  Renumerar com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para renumerar**

Selecionam-se as barras 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 do mouse ou pressionando-se a tecla <ENTER>.

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



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, a prioridade para o sentido de renumeração. O exemplo acima renumera com passo crescente primeiro as barras na direção de X, depois Y e finalmente Z, da barra mais próxima para a mais distante da barra de referência.

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

6.1.18 Comando DESCONTINUIDADES


Este comando permite que sejam alteradas as descontinuidades nos extremos das barras. Estes tipos especiais de vinculação dizem respeito às solicitações nos extremos destas peças e são permitidas de acordo com o tipo de estrutura em se queira empregá-las, conforme tabela a seguir:

Tipo de Estrutura	Translação x	Translação y	Translação z	Giro x	Giro y	Giro z
Grelha	não	não	sim	sim	sim	não
Terça	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Elemento de Concreto	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Pórtico Espacial	sim	sim	sim	sim	sim	sim

É importante observar que se todos os extremos de todas as barras conectadas a um nó tiverem uma mesma descontinuidade, ter-se-á um problema de singularidade na



matriz de rigidez global. Assim, para rotular um nó, ao qual concorrem n barras, deve-se articular $n-1$ barras.

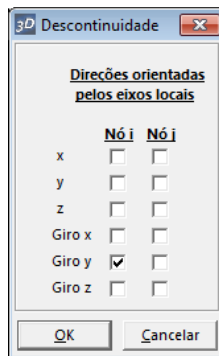
Para usar esta ferramenta basta clicar sob o botão  Descon. com o botão esquerdo do mouse.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para inserir descontinuidades**

Selecionam-se as barras com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

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

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



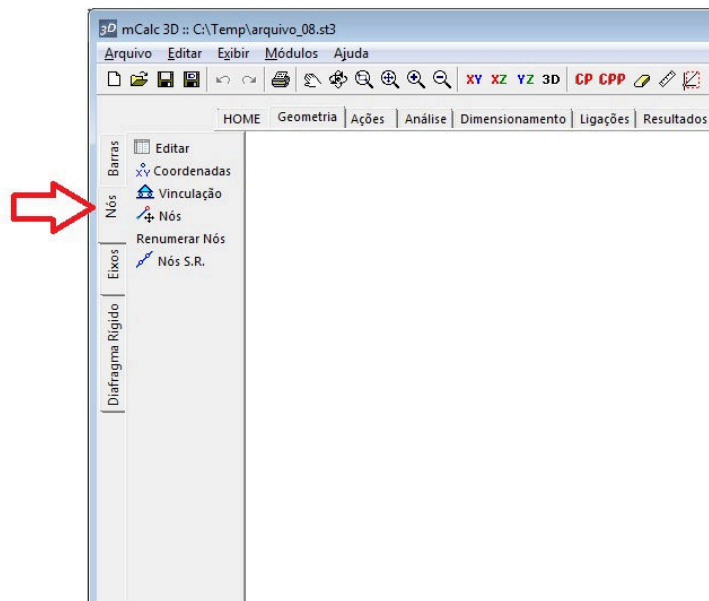
Nesta janela deverão ser marcadas as descontinuidades nos nós inicial e final das barras selecionadas.

Após a confirmação clicando-se sob o botão OK, as barras nas quais foram aplicadas as descontinuidades aparecerão com um círculo em vermelho nas extremidades:

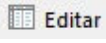


6.2 Menu Nós

Neste menu estão os comandos referentes a operações com os nós:



6.2.1 Comando EDITAR


Este comando permite editar as coordenadas dos nós. Clicando sob o botão  **Editar**, abrirá uma planilha com as coordenadas x, y e z de todos os nós da estrutura:

Clicando sob um nó nesta planilha é possível localizá-lo na estrutura acionando a tecla <F4> ou salientá-lo através da tecla <F5>. Além disso, pode-se editar as coordenadas salientando a célula do respectivo nó e declarando a nova posição. Confirma-se clicando em APLICAR.

Coordenadas dos Nós			
Nó	X	Y	Z
125	599.96	3000	559.96
126	399.98	3000	539.96
127	199.99	3000	519.96
128	1200	3000	579.96
129	1400	3000	559.96
130	1600	3000	539.96
131	1800	3000	519.96
132	0	3000	0
133	0	3000	201
134	0	3000	402
135	1000	3000	0
136	1000	3000	201
137	1000	3000	402
138	2000	3000	0
139	2000	3000	201
140	2000	3000	402
141	0	3500	500
142	1000	3500	600

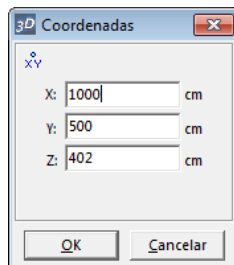
6.2.2 Comando COORDENADA

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**. Selecciona(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:



Coordenadas

X: 1000 cm

Y: 500 cm

Z: 402 cm

OK Cancelar

Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou




pressione-se a tecla <esc>.

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

6.2.3 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) de estruturas já existentes.

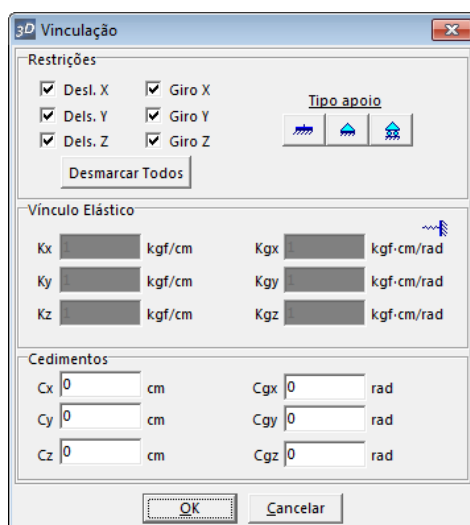
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Vinculação  Vinculação com o botão esquerdo do mouse.

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 <OK>, conforme a figura:



Para utilizar vínculos elásticos, deve-se declarar o valor da constante elástica (k) em cada uma das direções com movimento restringido, permanecendo os demais valores

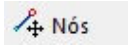
zerados. O mesmo pode ser feito caso os apoios possam ceder.

Esse comando ficará ativo até que se pressione 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.

6.2.4 Comando MOVER NÓS

Será utilizado para esticar um nó de barras já existentes.

Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  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 selecionadas ficarão desenhadas 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.

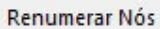
No *prompt* do programa surgirá outro pedido de informação: **Ponto Final**

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, @200,0,0 ou por coordenadas polares @200<45.

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

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

6.2.5 Comando RENUMERAR NÓS

Será utilizado para renumerar nós. Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do *mouse*.

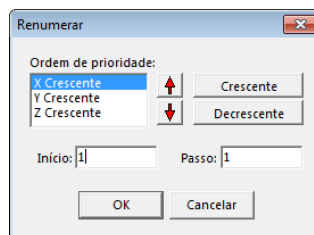


No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione nós para renumerar**

Selecionam-se os nós com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhados em vermelho.

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

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



Deve-se declarar o *Início* – o novo número do primeiro nó selecionado – e o *Passo* a diferença entre números de dois nós consecutivos.

Deve-se declarar, também, a prioridade para o sentido de renumeração. O exemplo acima renumera com passo crescente primeiro os nós na direção de X, depois Y e finalmente Z, do nó mais próximo para o mais distante do nó de referência.

6.2.6 Comando NÓS SEMIRRÍGIDOS

Este comando permite que seja alterada a rigidez dos nós. Gerando para as barras que possuem estes nós, matrizes de rigidez modificadas em relação às matrizes convencionais.


Como fonte de consulta para obtenção das matrizes modificadas foram utilizados os seguintes trabalhos:

- Mello, Wagner Luiz de; Requena, João Alberto Venegas. (1999): Análise de instabilidade de barras planas considerando as ligações semi-rígidas. Faculdade de Engenharia Civil - Departamento de Estruturas - Unicamp, Brasil.

- Monforton, G. R.; Wu, T. S.. Matrix Analysis of semi-rigidly Connected Frames. In: Journal of the Structural Division – Proceedings of the American Society of Civil Engineers, p. 12 -42, 1963.

- Pinheiro, Leonardo; Silveira, Ricardo A. M.. Computational Procedures for Nonlinear Analysis of Frames with Semi-Rigid Connections. Civil Engineering

Program. Federal University of Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ – Brazil. Civil Engineering Graduate Program – PROPEC – Department of Civil Engineering - Federal University of Ouro Preto – Brazil.

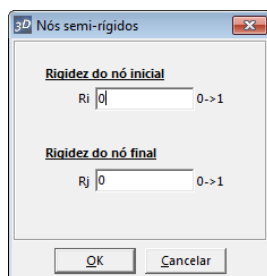
Para usar esta ferramenta o usuário deverá clicar com o botão esquerdo do mouse no botão  Nós S.R.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para inserir nós semi-rígidos**

Selecionam-se as barras com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em vermelho.

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

Surgirá a seguinte *Janela de Diálogo*:



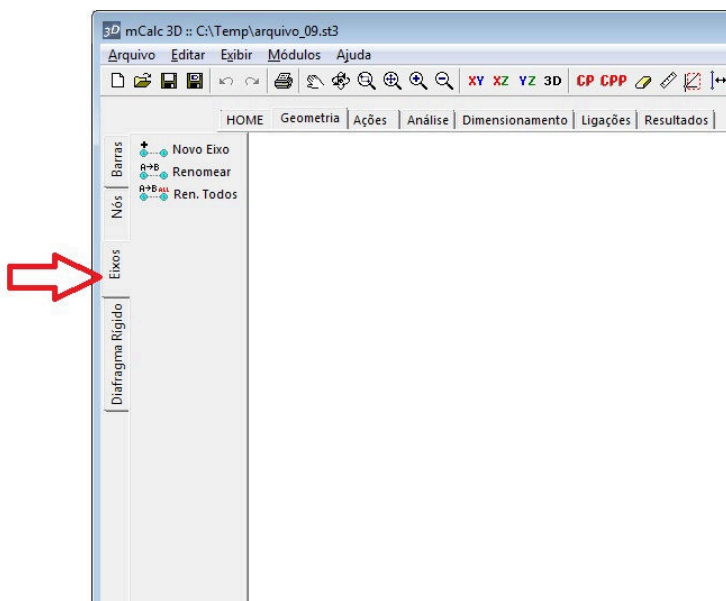
Assim declarar-se-ão as rigidezes nos nós inicial e, ou, final de determinada(s) barra(s). Este valor deve estar no intervalo entre ZERO e UM.

Após a confirmação clicando-se sob o botão OK, as barras nas quais foram aplicados os nós semi-rígidos aparecerão com um círculo em azul nas extremidades:




6.3 Menu Eixos

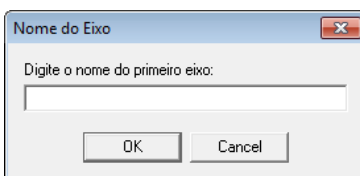
Neste menu estão os comandos referentes a operações com eixos:



6.3.1 Comando NOVO EIXO

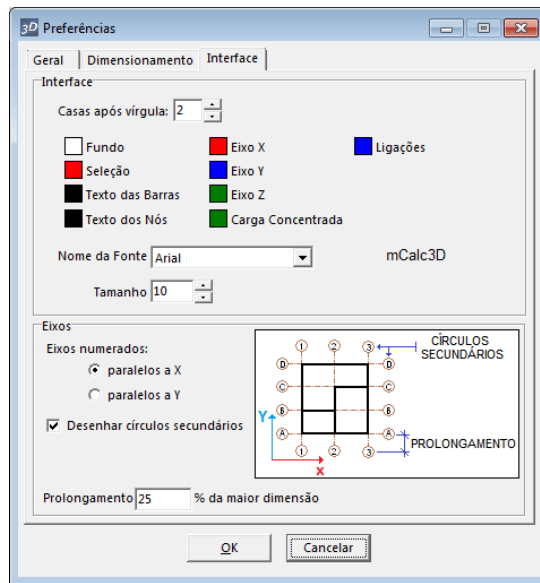
Este comando permite a criação de eixos. Clicando em  **Novo Eixo** surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione a direção do eixo X ou Y**

Após declarar a direção será necessário informar o ponto base para começar a inserção dos eixos. Com o botão esquerdo do *mouse* clica-se no nó para criar o primeiro eixo, então aparecerá a seguinte janela:

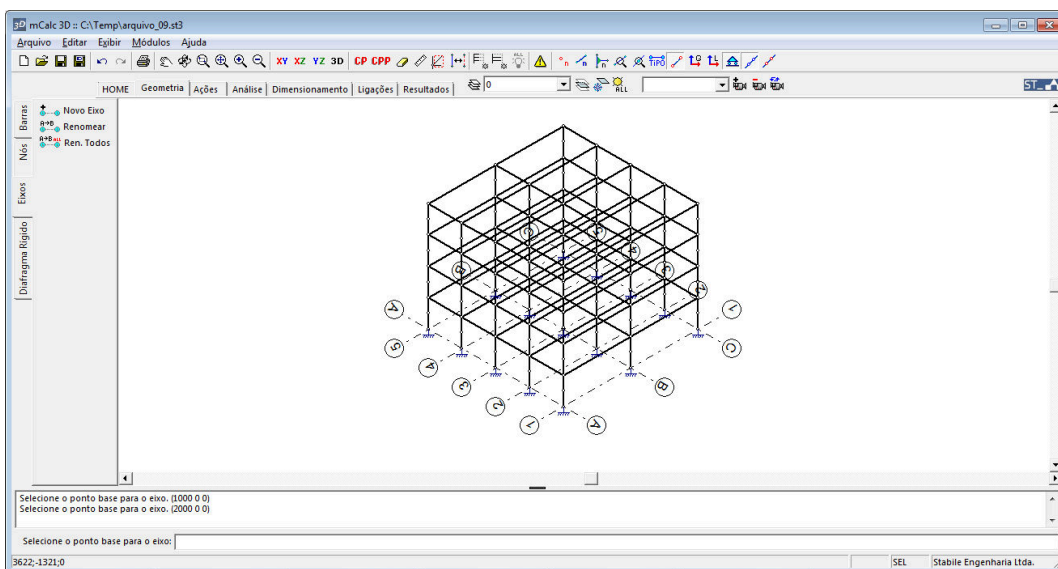


O nome do eixo deve ser informado por letras ou números, conforme for a direção declarada. No menu Exibir>Preferências>Interface deve-se declarar em qual direção


serão numerados os eixos, consequentemente, a outra direção será nomeada por letras:



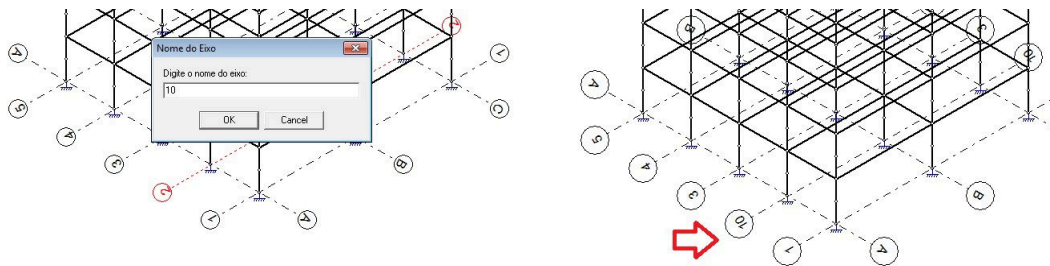
Depois de inserir o ponto base para a inserção dos eixos clica-se nos demais eixos da direção escolhida e serão desenhados na ordem 1,2,3,... ou A,B,C,....




6.3.2 Comando RENOMEAR

Este comando permite editar o nome de um eixo existente. Clicando em  Renomear surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione 1 eixo para renomear**

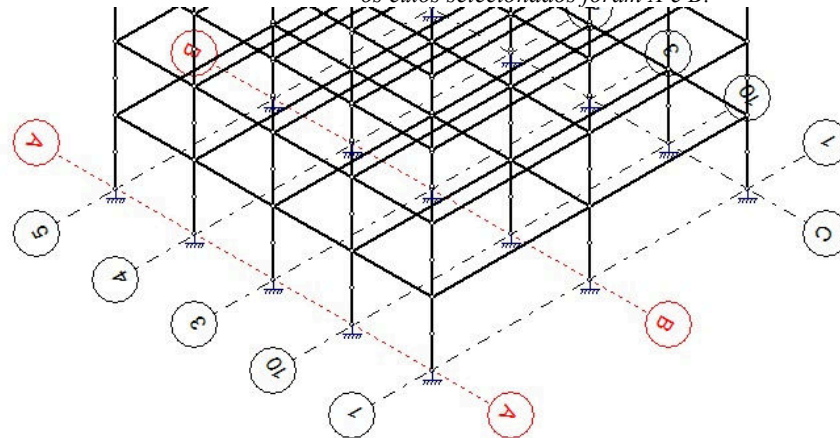
Seleciona-se o eixo com o botão esquerdo do *mouse* e aparecerá uma janela para declarar o novo nome do eixo:



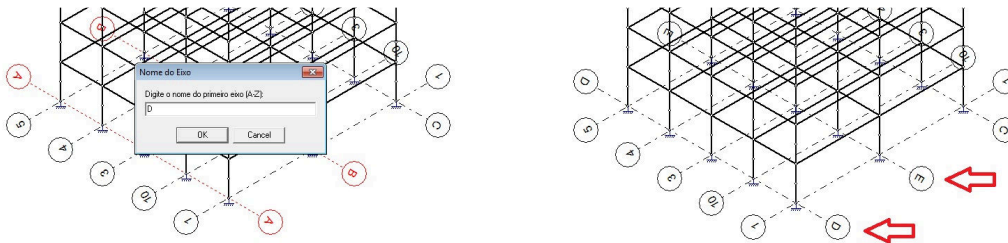
6.3.3 Comando RENOMEAR TODOS

Este comando deverá ser acionado para renomear eixos de uma mesma direção. Clicando em  Ren. Todos surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione a direção do eixo X ou Y**

Depois de declarar a direção deverão ser selecionados, com o botão esquerdo do mouse, os eixos que se quer renomear. No caso abaixo foi escolhida a direção Y e os eixos selecionados foram A e B:



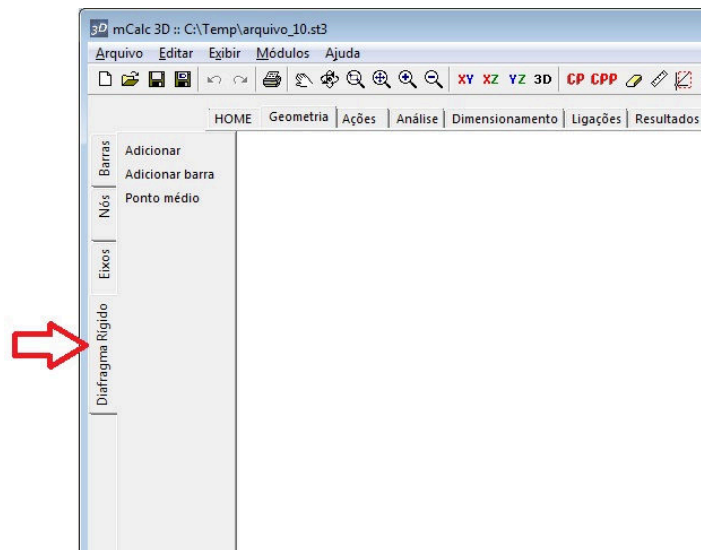
Confirmando a seleção aparecerá a janela para inserir o novo nome dos eixos. Estes nomes serão inseridos na seqüência, por ordem de seleção:



6.4 Menu Diafragma Rígido

As barras de diafragma rígido simulam a rigidez das lajes em pavimentos. Estes elementos, de elevada rigidez, transmitem às paredes de contraventamento esforços originados de ações laterais.

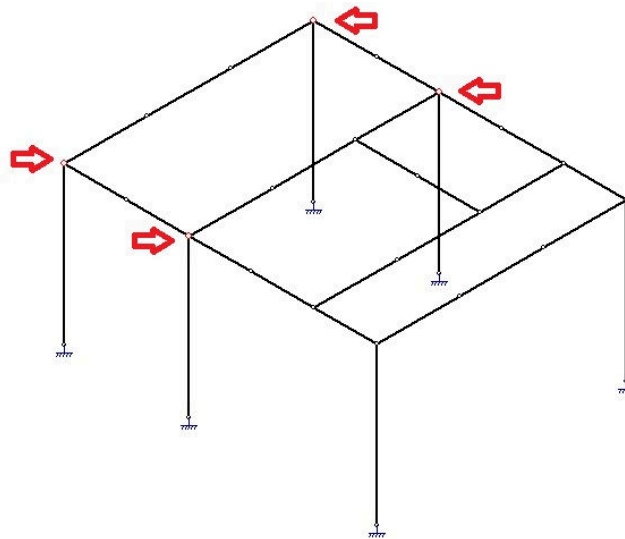
Neste menu estão os comandos referentes às ferramentas para manipular diafragmas rígidos:



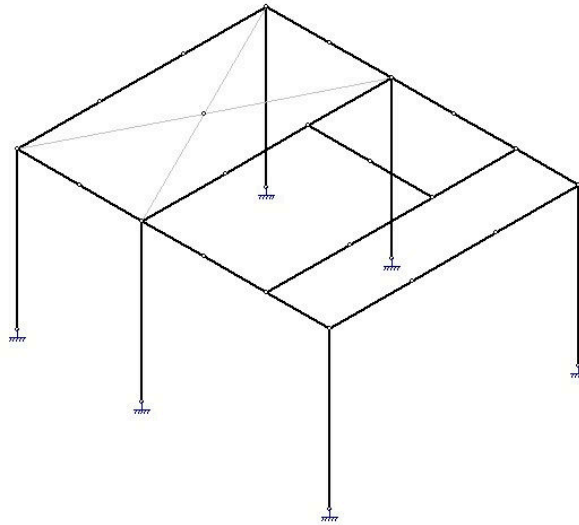
6.4.1 Comando ADICIONAR

Acionando este comando criam-se as barras para compor o diafragma. Clicando em **Adicionar** surgirá no *prompt* do programa uma ordem: **Selecione os nós do diafragma rígido**

Então deverão ser selecionados com o botão esquerdo do *mouse* os nós para compor esta estrutura:

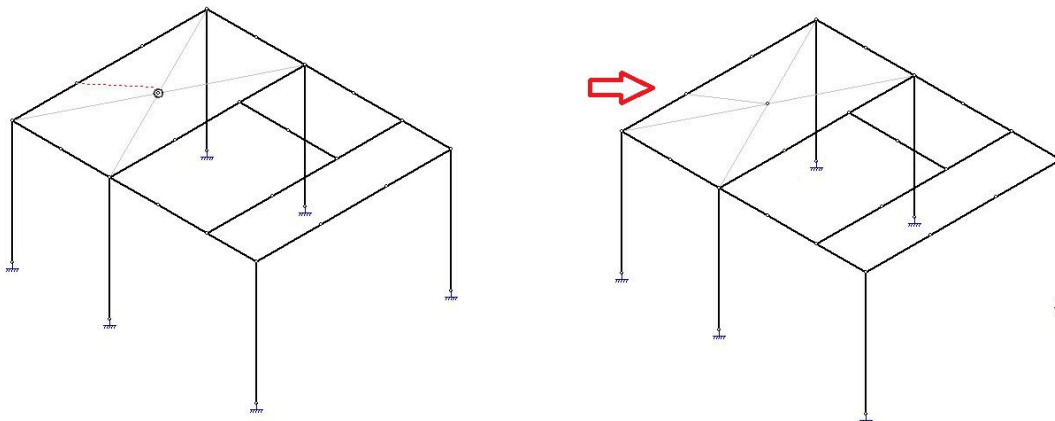


Após selecionar os nós confirma-se a seleção com o botão direito do mouse e as barras do diafragma serão desenhadas, unidas pelo centro de massa da configuração:



6.4.2 Comando ADICIONAR BARRAS

Este comando possibilita adicionar barras a um diafragma já constituído. Clica-se no botão **Adicionar barra** então seleciona-se um nó com o botão esquerdo do *mouse* e em seguida deve ser clicado no centro do diafragma para completar a inserção deste elemento:

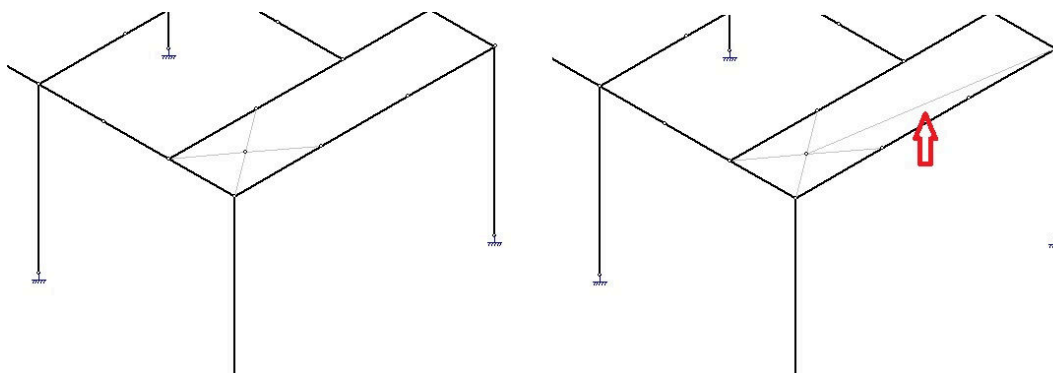


6.4.3 Comando PONTO MÉDIO

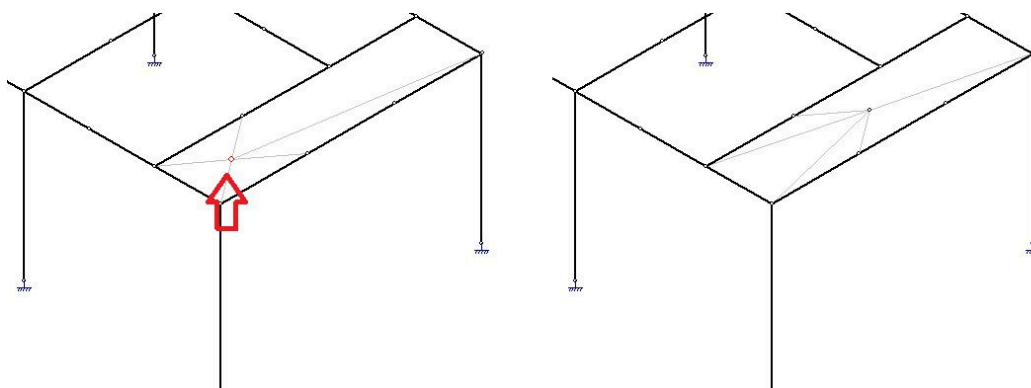
Este comando recalcula o centro do diafragma alterado por inserção ou exclusão de

alguma barra. Clica-se no botão **Ponto médio** então seleciona-se um nó com o botão esquerdo do *mouse* o antigo centro do diafragma e confirma-se a seleção com o botão direito, dessa forma, o centro é recalculado.

Na situação a seguir, primeiramente, foram selecionados 4 nós para inserção do diafragma rígido, em seguida, adicionou-se uma barra:




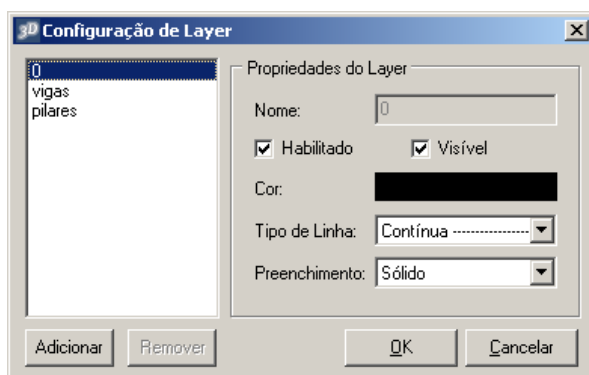
Com esta nova configuração de barras tem-se um novo centro que deverá ser recalculado através do comando Ponto Médio. Clicando no referido botão com o botão esquerdo do mouse e a seguir confirmando com o direito obtem-se o novo centro:



6.5 Edição de *Layers*

Para facilitar o trabalho de edição/manipulação da estrutura, o **módulo 3D** permite que se crie diferentes *layers*, que podem ser aplicados aos elementos estruturais, tornando mais simples a sua identificação e seleção.

Clica-se sobre o botão  para abrir a janela de edição de *layers*.



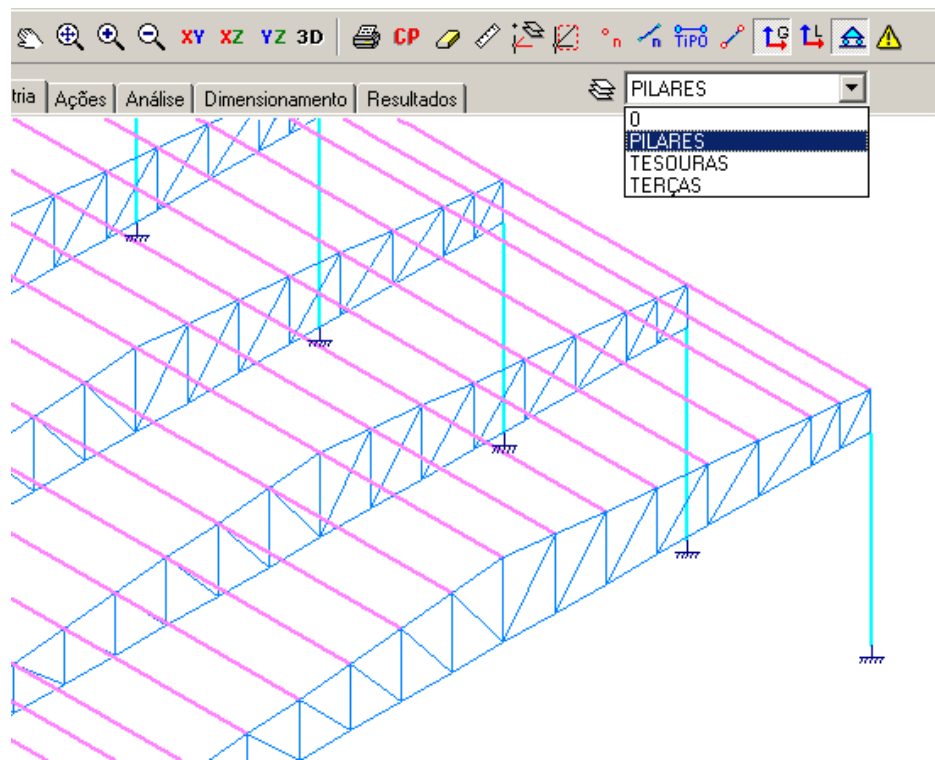
Para acrescentar novos *layers*, clica-se sobre o botão *Adicionar*. Deve-se então digitar um nome para o novo *layer*, escolher sua cor, estilo de linha e preenchimento. Podem-se adicionar quantos *layers* forem necessários.

Para remover um *layer*, basta selecioná-lo com um clique de mouse e clicar sobre o botão *Remover*. O *layer 0* é o *layer* padrão, e não pode ser editado ou removido.

Para tornar um *layer* invisível, deve-se desmarcar a caixa correspondente na janela de configurações. Desmarcando a opção *Habilitado*, as barras desenhadas com esse *layer* permanecerão visíveis, mas não poderão ser selecionadas para edição.

6.5.1 Aplicando *Layers* às barras

Após a criação de novos *layers*, pode-se aplicá-los a barras já existentes. Clicando na caixa de seleção de *layers*, seleciona-se o *layer* a ser aplicado, em seguida, selecionam-se as barras onde se deseja aplicar o *layer* e confirma-se com a tecla <ENTER>.



Novas barras serão criadas no *layer* ativo. Para trocar o *layer* ativo, basta clicar sobre o nome do *layer* na caixa de seleção e confirmar teclando <ENTER>.

CAPÍTULO 7. – MÓDULO AÇÕES

Para o **módulo 3D** as ações são as forças externas aplicadas à estrutura.

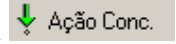
Com o **módulo 3D** podem-se definir infinitos estados de ações distintas, que poderão ser combinados, livremente, no módulo **Análise**.

Em cada estado de ações, a estrutura poderá ser carregada com **Ações Concentradas** nos nós ou **Ações Distribuídas** nas barras. As ações concentradas devem ser declaradas no sistema de eixos global da estrutura, enquanto as ações distribuídas podem ser declaradas no sistema de eixos local de cada barra ou no sistema de eixos global da estrutura.

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

7.1 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**

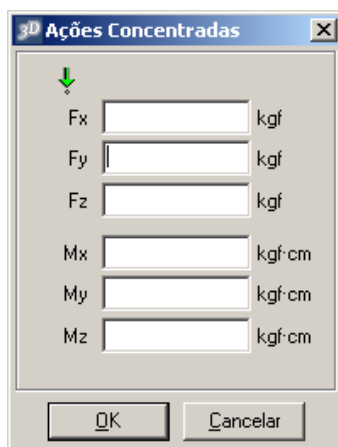
Seleciona-se o(s) nó(s) a serem carregados com as ações concentradas com o botão esquerdo do mouse. Todos os nós que forem selecionados ficarão desenhadas com um círculo vermelho.

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 F_z , além dos momentos em torno dos eixos x , y e z .

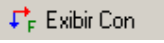
Esse comando ficará ativo até que se pressione o botão direito do mouse ou pressione-se a tecla <esc>.





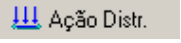
Enquanto o comando estiver ativo ele continuará permitindo que se coloquem as ações concentradas no(s) nó(s) selecionados.

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

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

7.3 Comando AÇÃO DISTRIBUÍDA

Será utilizado para adicionar as ações distribuídas na(s) barra(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: **Selecione barras**

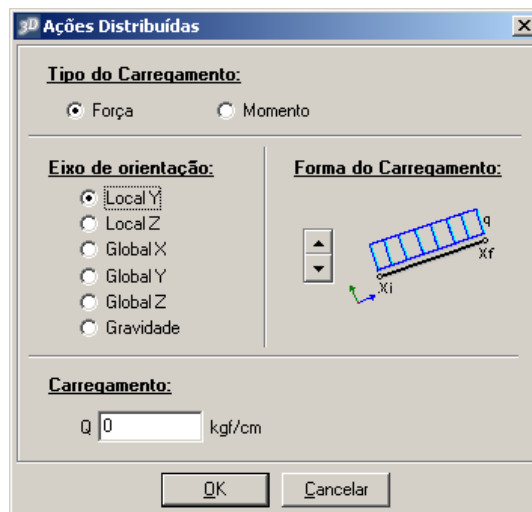
Seleciona-se a(s) barra(s) a serem carregadas com as ações distribuídas com o botão esquerdo do mouse. Todas as barras que forem selecionadas ficarão desenhadas em



vermelho.

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

Aparecerá uma *janela de diálogo* onde se deve informar o tipo de carregamento, o eixo de orientação, a forma e o valor do carregamento.



Em relação ao tipo de carregamento estão disponíveis forças e momentos.

As forças distribuídas podem ser orientadas nos eixos locais Y e Z das barras, ou segundo orientação global X, Y ou Z. E ainda, está disponível força gravitacional (distribuída em relação ao eixo Z global).

Para carregar as barras com momento torsor distribuído ao longo delas deverá ser setada a opção de carregamento tipo momento na janela de ações distribuídas. Este tipo de carregamento estará atuando em torno do eixo X local da barra.

As formas de carregamento para as forças distribuídas podem ser uniformemente distribuída ou não. No caso de caso carregamento uniforme será solicitado um valor Q em unidades de força/comprimento. Já no caso de cargas distribuídas não uniforme será solicitado que o usuário forneça um valor inicial, $Q_{inicial}$, e um valor final, Q_{final} .

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



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

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

7.5 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 de um nó para outro ou de uma barra para outra basta:

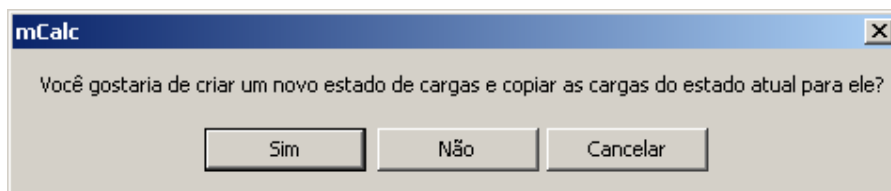
- ativar o comando, clicando-se sobre o botão <CP>
- seleccionar o nó ou barra que se quer copiar a ação
- seleccionar o(s) nó(s) ou barra(s) que se quer aplicar (colar) a ação.

7.6 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:



Clicando em *Sim*, um novo estado de cargas, idêntico ao original, será criado.

Clicando em *Não*, deve-se apontar um estado existente que terá seu carregamento sobreposto pelo do estado copiado.

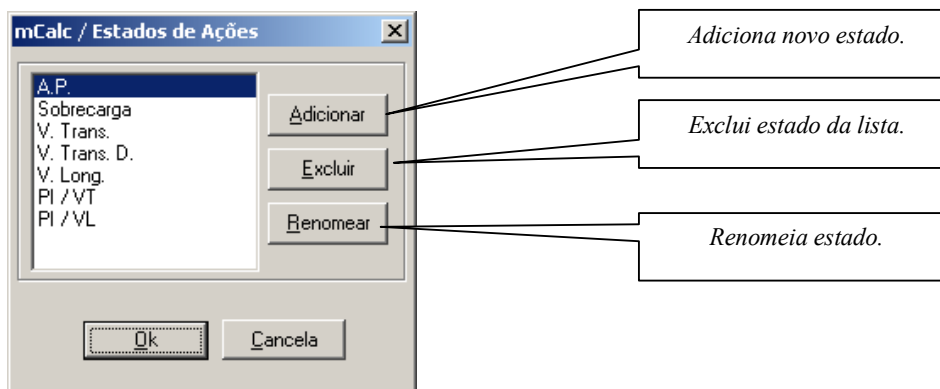
7.7. Comando DEFINIÇÃO DO ESTADO DE AÇÕES

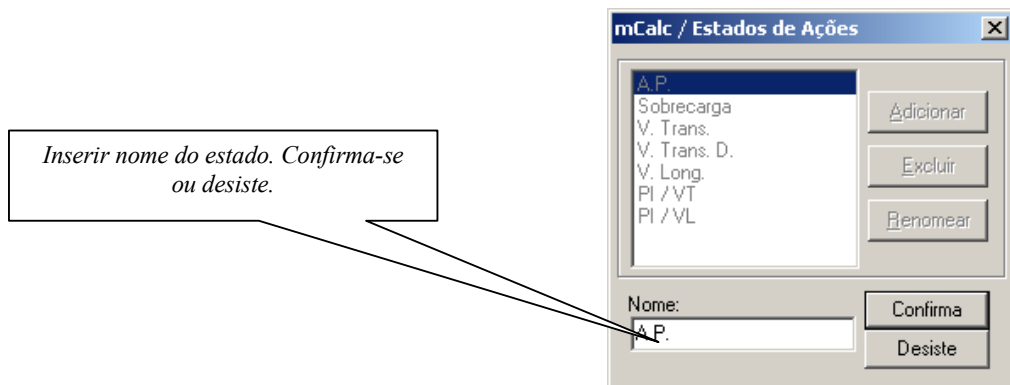
Será utilizado para se editar os diversos estados de ações.

Para adicionar, excluir, renomear ou excluir estados de ações, clica-se duas vezes com o botão esquerdo do *mouse* sobre o nome de um dos estados existentes.



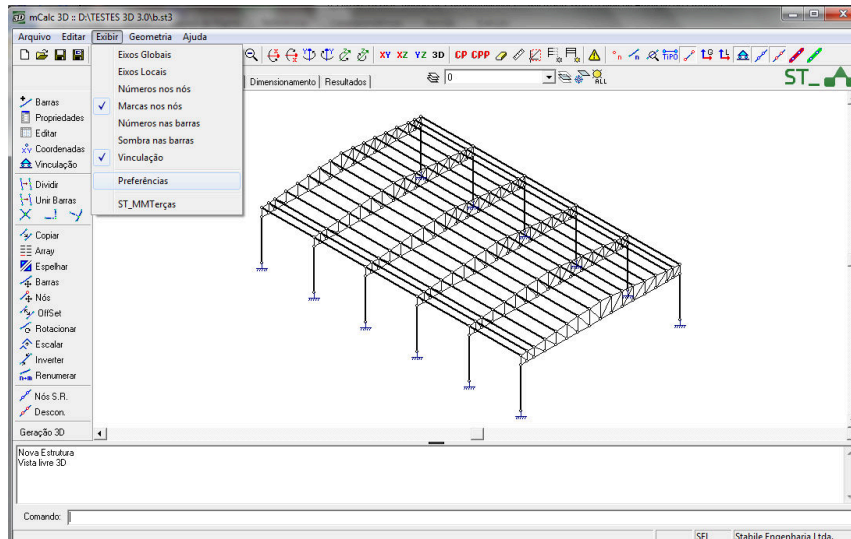
Na janela que se abre, conforme figuras abaixo, pode-se criar e nomear quantos estados forem necessários para o carregamento da estrutura.



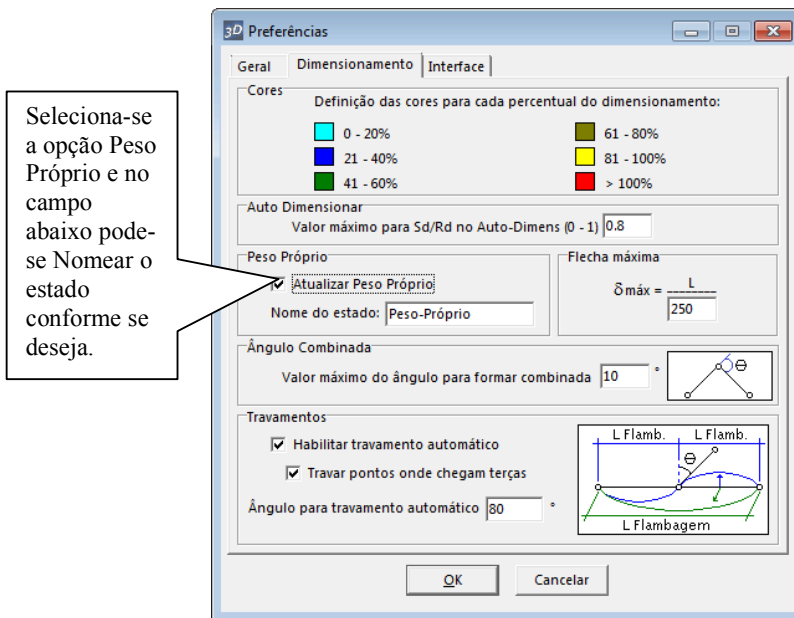


7.8. Comando PESO PRÓPRIO


O Peso Próprio da estrutura poderá ser habilitado caso deseje o usuário. Para habilitar este recurso deve-se selecionar o menu **Exibir – Preferências**.



Na janela de Preferências deve-se clicar na aba Dimensionamento e marcar a opção Atualizar Peso Próprio.



7.9. Comando EDITAR CARGAS DISTRIBUÍDAS

Acionando o botão  Editar aparecerá no canto direito da tela uma planilha que permitirá ao usuário editar o valor das cargas distribuídas na estrutura:

Número da barra com carga distribuída

Eixo de aplicação da carga

Forma do carregamento, retangular ou trapezoidal

Valores dos carregamentos no nó inicial e final da barra.

Barra	Eixo	Forma	Qi	Qf
1	Z Global	Retangular	-0.5	---
2	Z Global	Retangular	-0.5	---
3	Z Global	Retangular	-0.5	---
4	Z Global	Retangular	-0.5	---
5	Z Global	Retangular	-0.5	---
6	Z Global	Retangular	-0.5	---
7	Z Global	Retangular	-0.5	---
8	Z Global	Retangular	-0.5	---

Após editar os valores das cargas clica-se no botão APLICAR para confirmar a edição, ou no botão CANCELAR para manter o carregamento e não assumir as modificações.



CAPÍTULO 8. **Calc LSF – MÓDULO ANÁLISE**

8.1. ANÁLISE LINEAR

A análise do sistema **módulo 3D** - 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 expressa 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* têm-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 3**.

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

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

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

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

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

As etapas 2 até 6 são procedidas pelo módulo **Análise** do sistema **módulo 3D**.

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

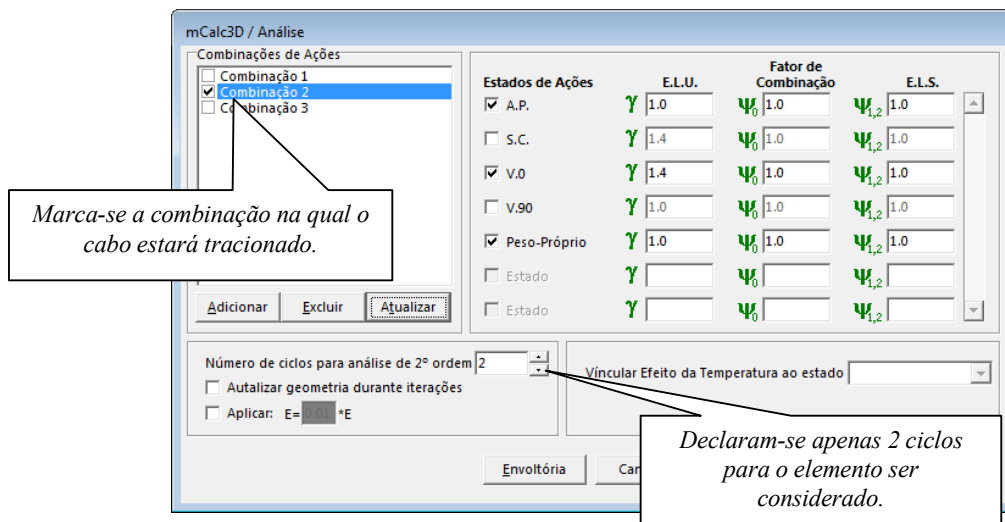
8.2. ANÁLISE NÃO LINEAR

A análise não linear do **módulo 3D** é feita pelo Método Incremental, *simple step*, que consiste em dividir as cargas e aplicá-las progressivamente.

Durante a montagem da matriz de rigidez das barras é inserida a matriz geométrica que é montada utilizando a solicitação do passo anterior (ciclo da análise). O primeiro ciclo não tem solicitações (análise linear).

8.2.1 Elemento de Cabo

Para considerar o elemento de cabo deve-se marcar a combinação na qual este estará tracionado como análise de segunda ordem na janela de análise. Para fazer isto bastam apenas 2 ciclos:



Obs.:

- 1) Para grandes deformações sugere-se que marque a opção “Atualizar geometria durante iterações”;
- 2) Para prédios de média ou alta deslocabilidade deve-se aplicar a redução da rigidez, habilitando $E = 0,8 * E$;
- 3) Bibliografia *Matrix Structural Analysis – William McGuire (Chapter 8)*.

8.3. COMBINAÇÕES DE AÇÕES

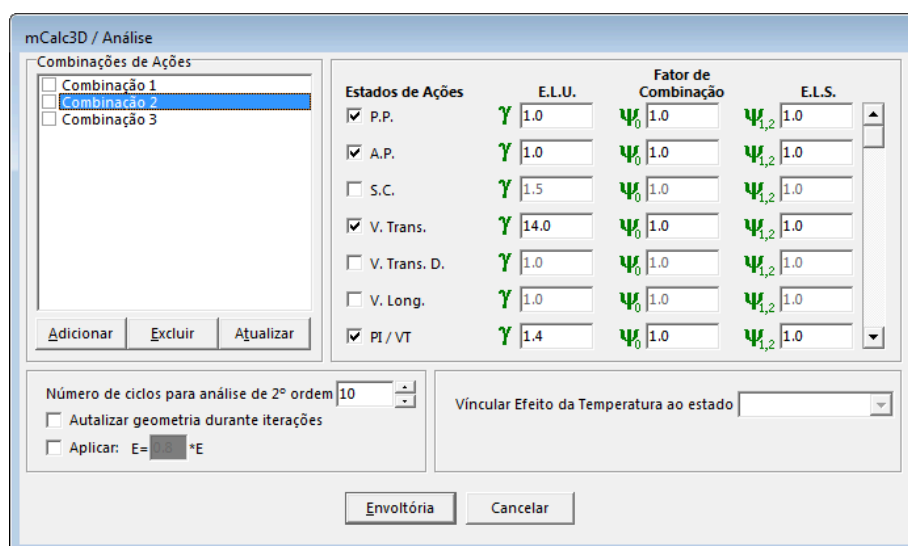
Após de passar pelas 5 etapas, o sistema aguardará que se indique as combinações de ações que o cálculo dessa estrutura requer, i.e., no módulo de **Ações** declararam-se os estados de ações que atuam na estrutura.

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: Ação Permanente (AP) e Vento. Não interessa, para o dimensionamento dessa estrutura, conhecer-se só os resultados da ação AP ou da ação Vento.

O estado de ação Vento **nunca** ocorrerá sozinho, pois ele sempre atuará, na estrutura, junto com o estado AP. 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 AP.

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 existe limitação 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 Coeficiente 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.

Na primeira coluna, declaram-se os coeficientes de ponderação para dimensionamento (estados limites últimos).

Na segunda coluna, declaram-se os fatores de combinação para os estados selecionados.

Na terceira coluna, declaram-se os coeficientes de ponderação para os estados limites de serviço.

Caso deseje-se verificar/editar as combinações, clica-se sobre as diversas combinações existentes. Se houver algum valor para alterar, coloque o valor correto que será alterado e clica-se com o botão esquerdo do mouse sobre <Atualizar>.


Caso o usuário tenha declarado no módulo Geometria que será considerado o efeito da temperatura então ele deverá escolher a qual estado irá ser vinculado este efeito. Dessa forma, o carregamento devido a temperatura se somará ao estado selecionado.

Os Coeficientes de Ponderação e Fator de Combinação informados permitem que se atenda, ao analisar a estrutura, a **NBR 8681:1987- Norma de Ações e Segurança**, possibilitando que cada estado, numa combinação, tenha as forças com a ponderação necessária.

Deverão ser consultados os coeficientes e fatores nas normas de perfis formados a frio e na de projeto de estruturas de aço, tanto para dimensionamento quanto para determinação de flechas.

O **módulo 3D** permite que se crie quantas combinações se queira.

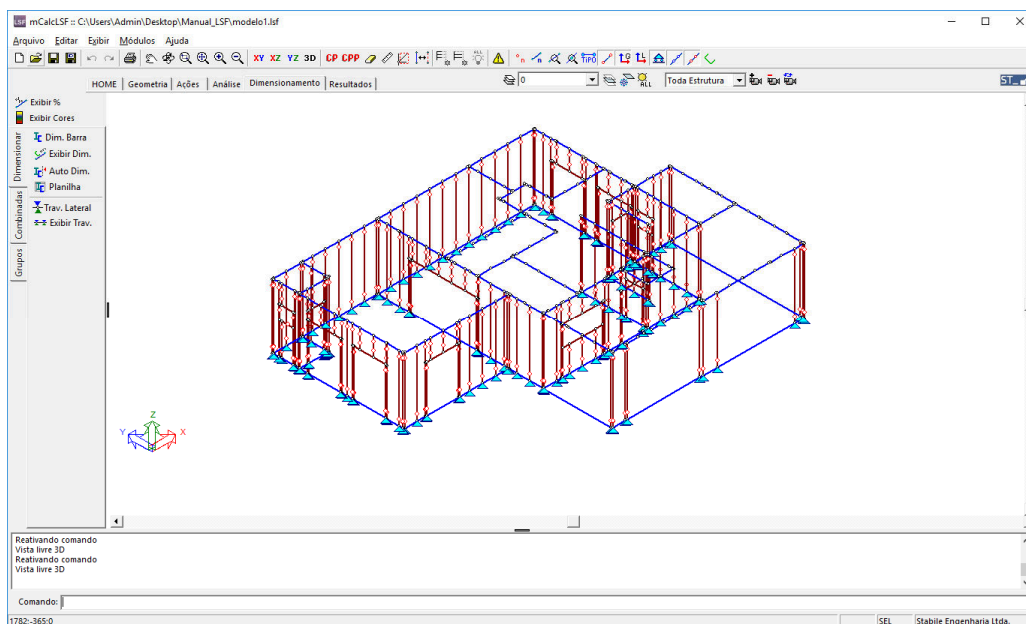
8.4. ENVOLTÓRIA DOS MÁXIMOS E MÍNIMOS

Concluída a informação das Combinações de Ações clica-se sob o botão  para criar, automaticamente, a **Envolvória 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 9. mCalc LSF – MÓDULO DIMENSIONAMENTO

Somente após se ser analisado a estrutura pode-se acessar o módulo **Dimensionamento**.

Ao se entrar nesse módulo, será exibido o ambiente apresentado abaixo:

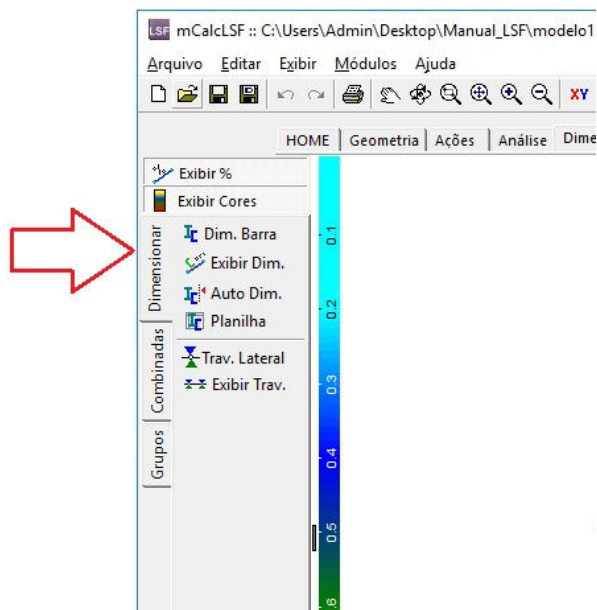


O módulo **Dimensionamento** possui alguns comandos exclusivos, que podem ser visualizados/acessados no menu vertical, à esquerda do ambiente de dimensionamento.

Estes comandos estão divididos nos menus: Dimensionar, Combinadas e Grupos.

9.1 Menu DIMENSIONAR

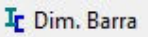
Neste menu estão os comandos referentes ao dimensionamento de barras em geral.



9.1.1 Comando DIMENSIONAR

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.

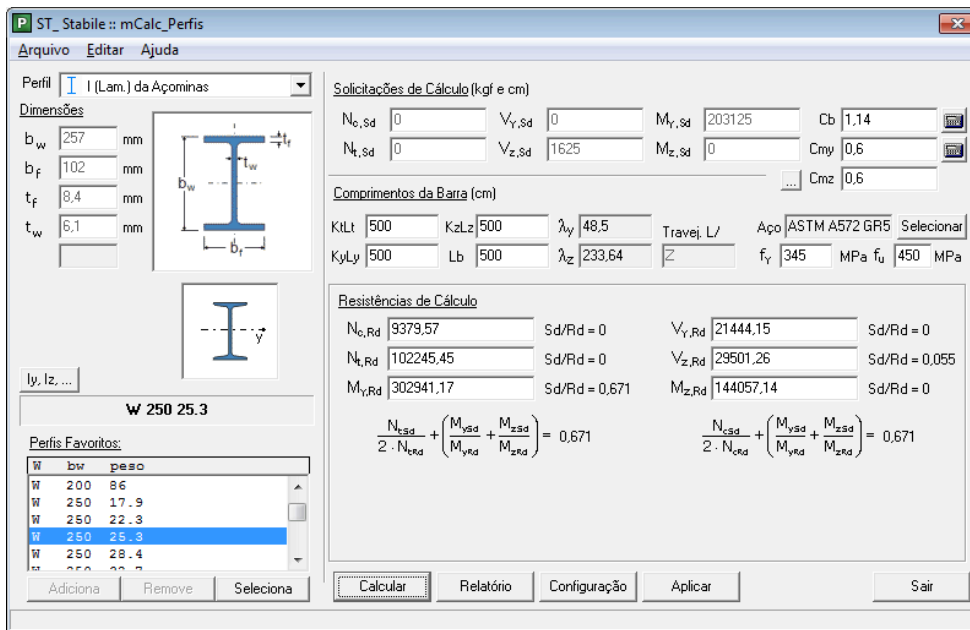
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão  com o botão esquerdo do *mouse*.

No *prompt* do programa será exibida uma ordem: **Selecione barras para dimensionar**

Selecionam-se as barras 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 **Dimensionamento**. Nessa janela será escolhido o tipo de perfil e suas dimensões.



Antes de iniciar o dimensionamento, recomenda-se que sejam setadas as configurações.

Para ajustar as configurações deve-se clicar no botão **Configuração** dessa forma serão padronizadas as principais características para os cálculos que serão executados para fazer as verificações nas peças.

Clicando neste botão abrirá uma janela com dois índices: Unidades e Coeficientes com o seguinte aspecto:



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

*Os campos referentes às unidades estarão desabilitados, pois serão as mesmas unidades que se está trabalhando no ambiente do **módulo 3D**.*

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

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.

Selecionar Aço Padrão para ser sempre auto completado quando abrir um novo arquivo.

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

No ambiente da janela principal do programa existem alguns botões para execução e seleção de valores para posterior verificação.

O primeiro procedimento é a seleção do perfil.

Estão disponíveis perfis laminados, soldados e perfis formados a frio verificados segundo procedimentos de cálculo das normas da NBR 8800:2008 e NBR 14762:2010.



No caso de perfis formados a frio ou soldados, estes campos estarão habilitados para editar as dimensões.

Seleciona-se o perfil entre 42 opções.

Orientar o perfil conforme ele será empregado na estrutura.

Banco de dados de perfis. Podendo ser adicionado ou removido, caso o perfil seja formado a frio ou soldado.

Este botão, quando acionado, exibe as propriedades geométricas do perfil selecionado.

b _f	b _w	t
100	50	4.25
100	50	4.75
100	50	6.3
100	75	2.65
100	75	3
100	75	3.25

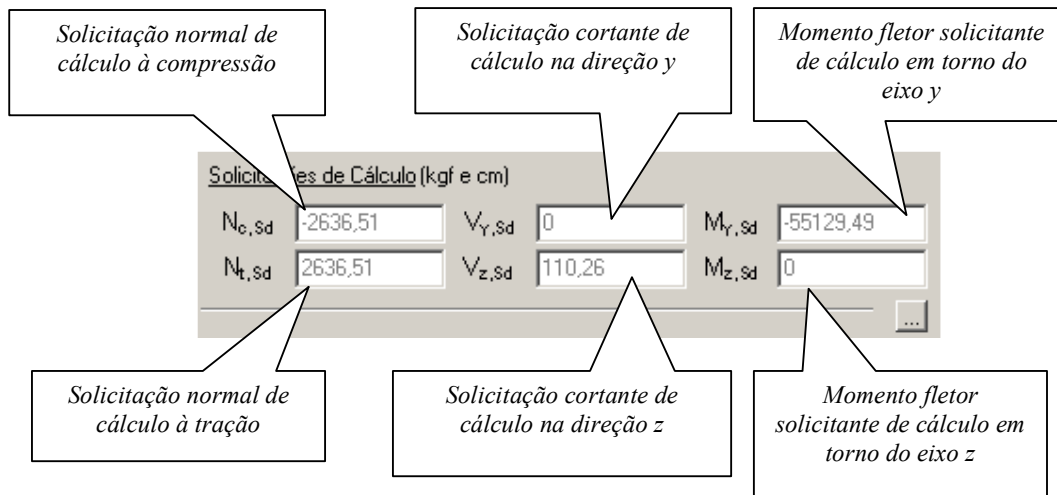
Propriedades geométricas do perfil simples.

Propriedades geométricas do perfil composto.

Perfil Simples		Perfil Composto	
I_y	96,826 cm ⁴	I_y	193,651 cm ⁴
I_z	10,118 cm ⁴	I_z	425,776 cm ⁴
y_g	1,09 cm	y_g	0
z_g	5 cm	z_g	0
Área	6,928 cm ²	Área	13,855 cm ²
I_t	-	I_t	0,878 cm ⁴
C_{w1}	-	C_w	12512,337 cm ⁶
y_0	-	y_0	0 cm
z_0	-	z_0	0 cm
Peso	5,438 kgf/m	Peso	10,876 kgf/m
r_y	3,739 cm	r_y	3,739 cm
r_z	1,209 cm	r_z	5,544 cm



As solicitações de cálculo serão preenchidas pelo próprio **módulo 3D** que as preencherá com os dados obtidos pela análise e não poderão ser editadas pelo usuário.



Os valores exibidos são os valores que resultaram no maior valor nas equações de interação. Os valores obtidos em cada combinação poderão ser visualizados clicando-se sob o botão **...**. Então abrirá uma janela, conforme figura abaixo:

The image shows a window titled 'Solicitações' containing a table with the following data:

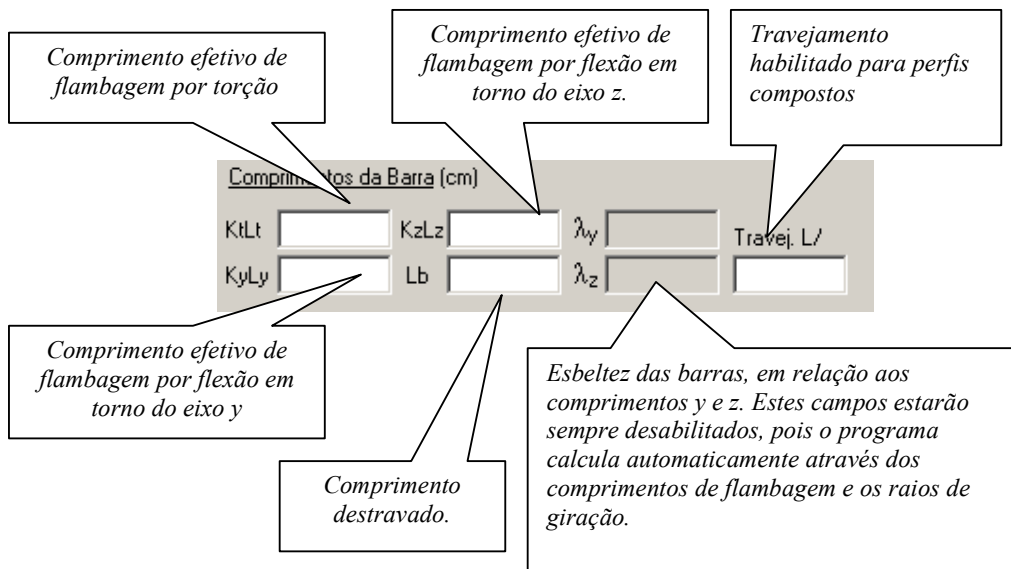
Combinação	N_{cSd}	N_{tSd}	V_{ySd}	V_{zSd}	M_{ySd}	M_{zSd}	Sd/Rd
1	0,00	2636,51	0,00	-12,35	6172,59	0,00	0,07
2	-2422,57	0,00	0,00	110,26	-55129,49	0,00	0,57
3	-1711,17	0,00	0,00	-91,13	45566,58	0,00	0,45
4	-1485,30	0,00	0,00	6,61	-3304,89	0,00	0,16

The value 0,57 in the 'Sd/Rd' column for combination 2 is circled in red. An 'OK' button with a checkmark is located at the bottom center of the window.

Neste caso as solicitações que apareceram na janela de entrada de dados são os referentes à combinação 2, pois resultou no maior valor de equação de interação.

Os comprimentos também serão preenchidos pelo programa.





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



Tabela de Aços

Aço	f_y (MPa)	f_u (MPa)	Espessuras Disponíveis (mm)	Características
ASTM A36	250	400	2,0 - 150	Estrutural
ASTM A570 GR36	250	365	2,0 - 5,84	Estrutural
COS-AR-COR 400	250	380	2,0 - 100	Aço Patinável
A572-GR42	290	415	19 - 19	Estrutural
COS-CIVIL 300	300	400	150 - 150	Estrutural Especial
USI-SAC-300	300	400	12,7 - 12,7	Aço Patinável
COS-AR-COR 400 E	300	380	12,7 - 12,7	Aço Patinável
CSN-COR 420	300	420	6,3 - 6,3	Aço Patinável
COS-CIVIL 350	350	490	50,8 - 50,8	Estrutural Especial
ASTM A570 GR50	345	450	5,84 - 5,84	Estrutural
USI-SAC-350	350	485	12,7 - 12,7	Aço Patinável
A588	345	485	19 - 19	Estrutural
USI-LN 380	380	490	12,7 - 12,7	Estrutural Especial
COS-AR-COR 500	375	490	50,8 - 50,8	Aço Patinável
USER	-	-	-	Definido pelo u

f_y 250 f_u 400

OK Cancelar

Seleciona-se o tipo de aço para obter as tensões f_y e f_u .

Caso o usuário queira editar valores para f_y e f_u , basta preenchê-los nos respectivos campos. Observando que deverão ser declarados valores em unidades de MPa.

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

Aço ASTM A36 Selecionar

f_y 250 MPa f_u 400 MPa

FATORES DE MODIFICAÇÃO DO MOMENTO: para determinar o momento fletor resistente de cálculo para o estado limite de flambagem lateral com torção (FLT). O **módulo 3D** calcula estes fatores considerando o comprimento da barra e a distância entre travamentos. Mas se usuário quiser ele poderá editá-los.

C_b 1

C_{mx} 1

C_{my} 1

Quando forem selecionados perfis laminados ou soldados, deverá ser determinado apenas o coeficiente C_b , editando o valor neste campo ou clicando neste botão C_b 1 aparecerá uma janela para que sejam declarados os momentos solicitantes necessários para o cálculo do fator C_b :



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_{my} e C_{mz} , que são os coeficientes de equivalência de momento da flexão composta, em relação aos eixos y e z.

C_{my} 0,6

C_{mz} 0,6

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.

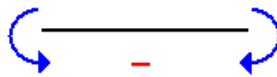
Valores dos coeficientes calculados



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.

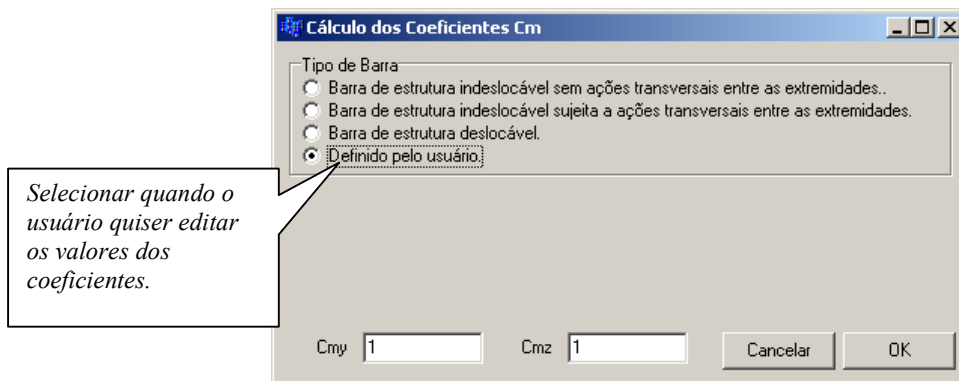
Para barras com as extremidades engastadas os coeficientes serão 0,85. Caso contrário serão 1,00.

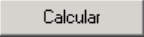
O diálogo 'Cálculo dos Coeficientes Cm' mostra o tipo de barra selecionado como 'Barra engastada em ambas extremidades' e 'Demais casos'. Os campos de entrada para C_{my} e C_{mz} estão preenchidos com o valor 0,85. Há botões 'Cancelar' e 'OK'.

Barras de estrutura deslocável os coeficientes serão sempre 1,00

O diálogo 'Cálculo dos Coeficientes Cm' mostra o tipo de barra selecionado como 'Barra de estrutura deslocável'. Os campos de entrada para C_{my} e C_{mz} estão preenchidos com o valor 1. Há botões 'Cancelar' e 'OK'.





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

Resistências de Cálculo					
$N_{c,Rd}$	6899,67	Sd/Rd = 0,334	$V_{y,Rd}$	4346,59	Sd/Rd = 0
$N_{t,Rd}$	20028,41	Sd/Rd = 0	$V_{z,Rd}$	6903,41	Sd/Rd = 0,053
$M_{y,Rd}$	78462,84	Sd/Rd = 0,585	$M_{z,Rd}$	11511,9	Sd/Rd = 0
$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} = 0,918$			$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,585$		
$\frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zSd}}{M_{zRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,585$					
Calcular		Relatório		Configuração	
		Aplicar		Aplicar a Todos	
				Sair	

Onde:

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

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
$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{C_{mx} \cdot M_{ySd}}{M_{xRd} \left(1 - \frac{N_{cSd}}{N_{ex}}\right)} + \frac{C_{my} \cdot M_{xSd}}{M_{yRd} \left(1 - \frac{N_{cSd}}{N_{ey}}\right)} = 0,538$			$\frac{N_{cSd}}{N_{cRd}} + \frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} = 0,539$		
$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} + \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,466$			$\frac{M_{xSd}}{M_{xRd}} + \frac{M_{ySd}}{M_{yRd}} - \frac{N_{tSd}}{N_{tRd}} = 0,247$		

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. 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 **Aplicar** ou aplicar o perfil a todas as barras selecionadas pressionando **Aplicar a Todos**.

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

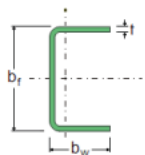
Enquanto o comando estiver ativo ele continuará dimensionando as barras selecionadas.

Perfis disponíveis:

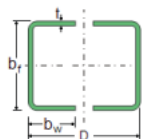
A verificação dos perfis formados a frio será baseada nos procedimentos prescritos pela NBR 14762:2010.



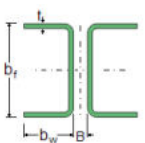
Estão disponíveis 19 perfis formados a frio:



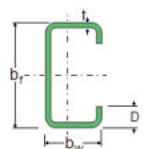
U formado a frio



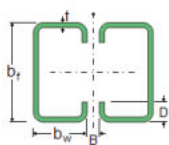
2 U (FF) opostos pelas mesas



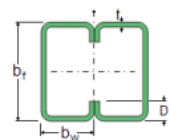
2 U(FF) opostos pelas almas



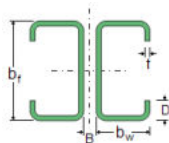
U formado a frio enrijecido



2 U (FF) enrijecidos

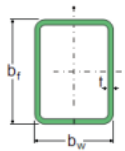


Caixa (FF)

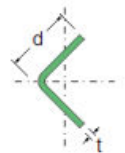


I (FF) enrijecido

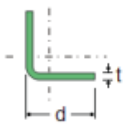




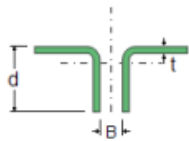
Box (FF)



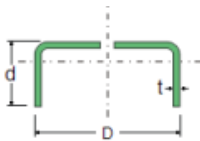
Cantoneira (FF)



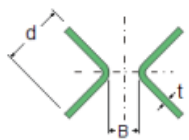
Cantoneira (FF)



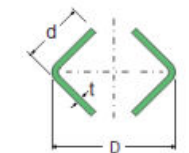
2 Cantoneiras (FF) opostas pelas abas



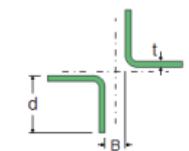
2 Cantoneiras (FF) opostas pelas mesas



2 Cantoneiras (FF) opostas pelos vértices

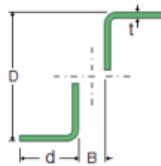


2 Cantoneiras (FF) em caixa

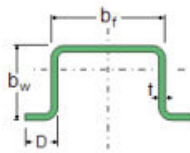


2 Cantoneiras (FF) em cruz

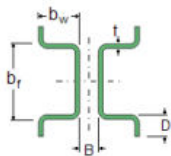




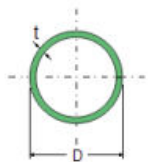
2 Cantoneiras (FF) em Z



Cartola (FF)



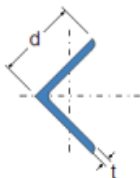
I cartola (FF)



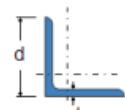
Tubo circular (FF)

O dimensionamento dos perfis vai ser dado de acordo com a norma a qual ele se adequou. No caso de seleccionar perfis laminados ou soldados, será baseado nos procedimentos de cálculo da NBR 8800:2008.

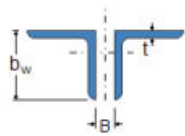
Estão disponíveis 23 perfis entre laminados e soldados:



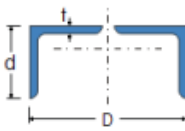
Cantoneira laminada



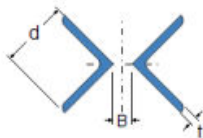
Cantoneira laminada



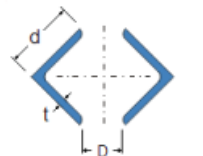
2 (2LLM) Cantoneiras laminadas opostas pelas abas



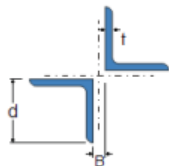
2 (LLM) Cantoneiras laminadas opostas pelas mesas



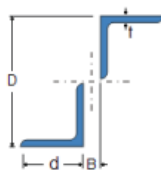
2 (VVLM) Cantoneiras laminadas opostas pelos vértices



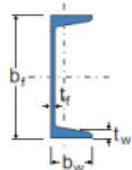
2 (LVLM) Cantoneiras laminadas em caixa



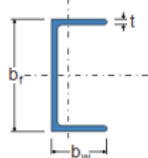
2 (LXLM) Cantoneiras laminadas em cruz



2 (LXLM) Cantoneiras laminadas em Z

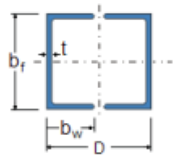


U laminado (ULAM)

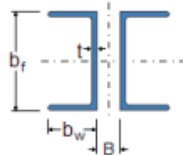


U laminado de abas paralelas (UAP)

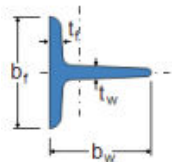




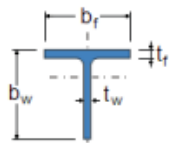
2U laminado de abas paralelas opostos pelas mesas



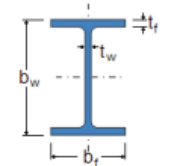
2 U laminado de abas paralelas opostos pelas almas



Tee laminado (TEE)



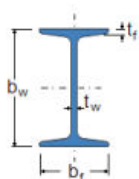
Tee laminado-metade do açomina (TW)



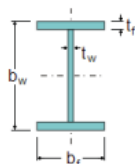
I laminado (ILAM)



Redondo (RED)

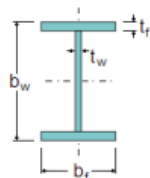


I açomina (W)

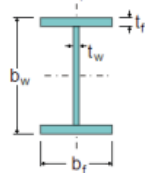


I soldado (PS)

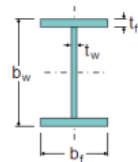




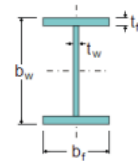
I coluna soldada (CS)



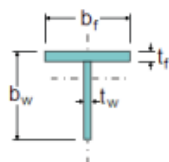
I viga soldada (VS)



I viga eletro-soldada (VSE)



I coluna-viga soldada (CVS)



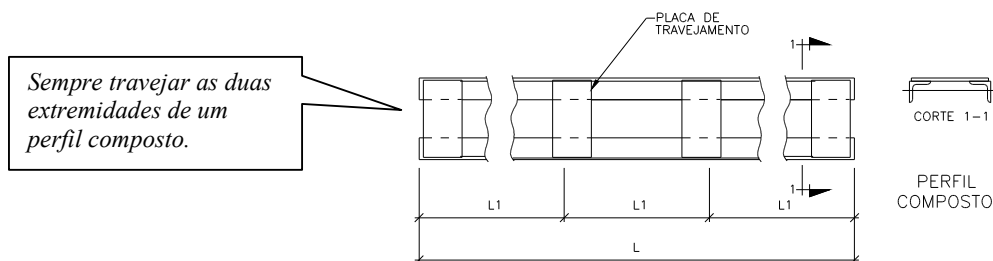
T soldado (TS)

Perfis Compostos

Fazem-se, nesse momento, alguns comentários sobre os perfis compostos. Essa categoria de perfis merece uma especial atenção, já que são perfis eficientes e muito utilizados, mas quando 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*.





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 travessamento " 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 travessamento e o outro eixo perpendicular.

É costume comporem-se os perfis de tal maneira que se travejem 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 travessamento, 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 travessamento, 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 esbeltez 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 ao plano de travejamento seja o eixo Y a esbeltez final será uma esbeltez ideal λ_{y_i} .

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

onde:

$\lambda_y = \frac{K_y L_y}{r_y}$ esbeltez 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 I)

sendo L_1 a distância entre placas de travejamento e

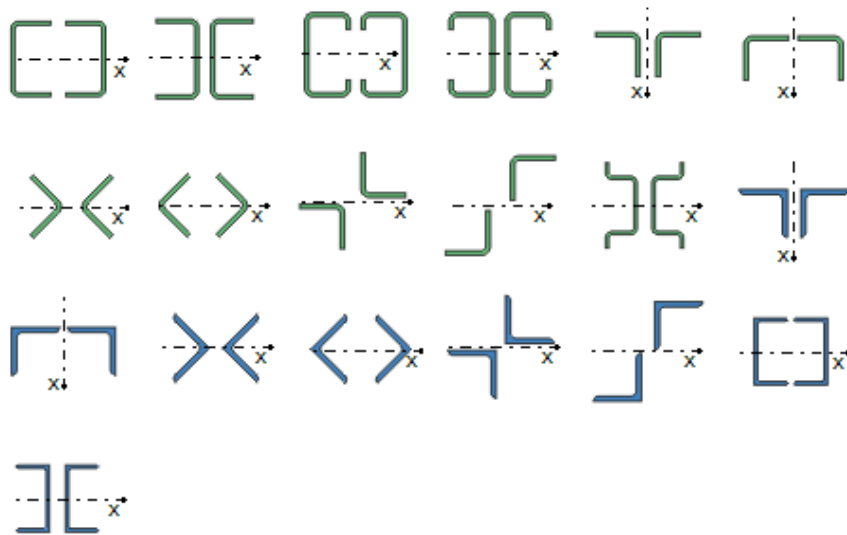
m = número de perfis simples que formam o perfil composto.

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 $L/3$.

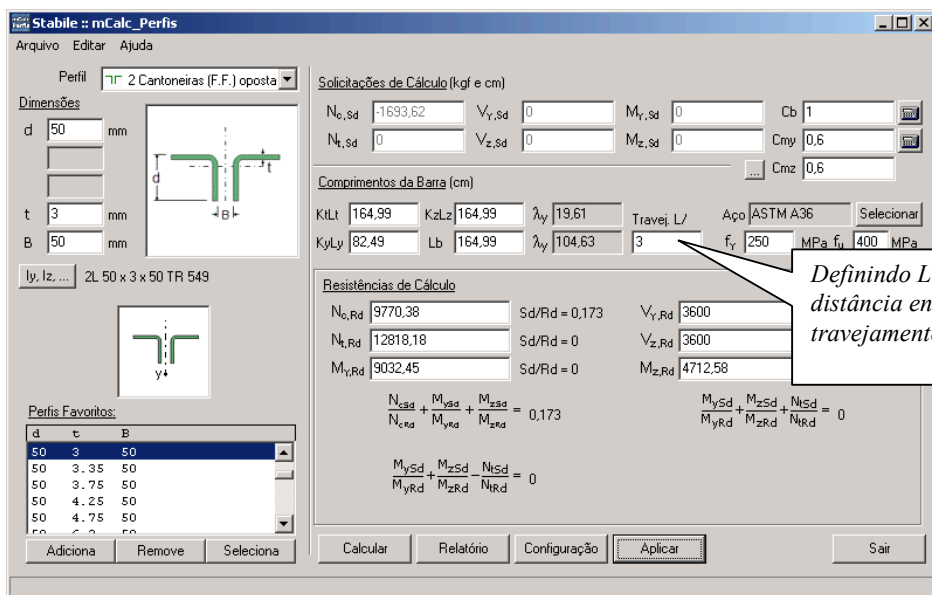
Outra recomendação da DIN 4114 é a de afastar as placas de travejamento, L_1 , em distâncias menores que $50 r_{min}$ é oferecida ao usuário, embora essa recomendação possa ser negligenciada.

O **módulo 3D** 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 L1, que é o comprimento de flambagem da barra isolada, ou a distância entre travejamentos, ficará definida por L/XX . Por *default* o travejamento das barras é adotado como a cada $L/3$.

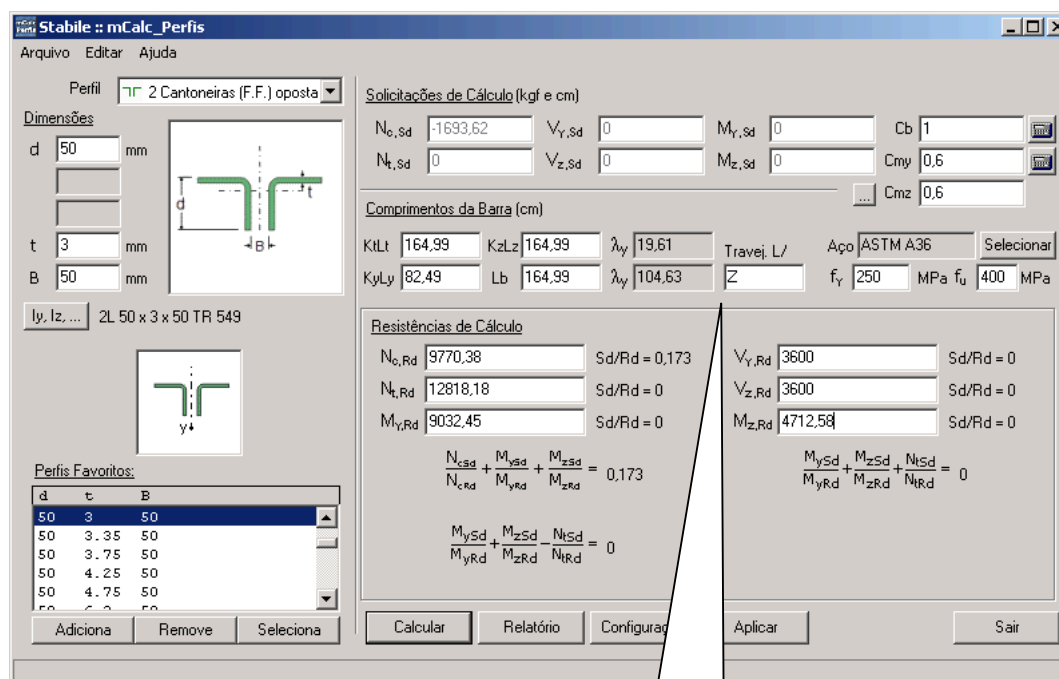


Perfis Duplos Isolados

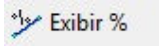
No item anterior viu-se que é possível dimensionar barras usando *Perfis Compostos* com o **módulo 3D**. Entretanto para barras com comprimento pequeno, ou em barras solicitadas somente à tração, é interessante adotá-las com perfis duplos, porém não travejados entre si, ou seja: perfis duplos isolados.

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 isolados.



9.1.2 Comando EXIBIR %

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

Este comando exibe a performance dos perfis em termos de %.

9.1.3 Comando EXIBIR DIM.

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

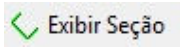
Este comando exibe os perfis adotados nas barras que já foram dimensionadas.

9.1.4 Comando EXIBIR CORES


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

Este comando exibe a performance dos perfis conforme escala de cores configuradas pelo usuário.

9.1.5 Comando EXIBIR SEÇÃO

Ativa-se o comando clicando-se no botão  com o botão esquerdo do mouse. Este comando exibe a orientação em que os perfis encontram-se na estrutura.

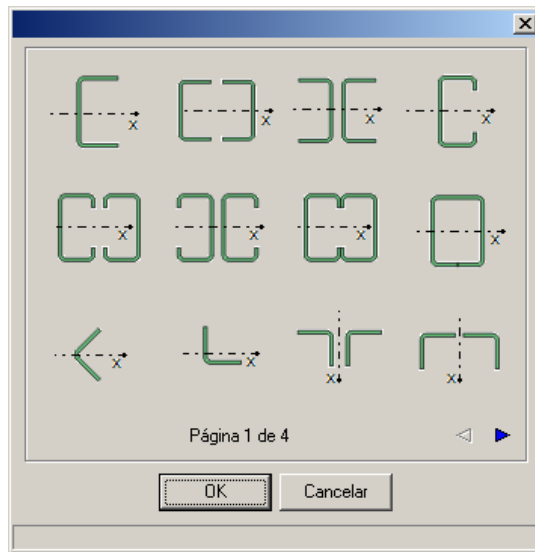
9.1.6 Comando AUTO DIM.

Ativa-se o comando de *Autodimensionar* clicando 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:



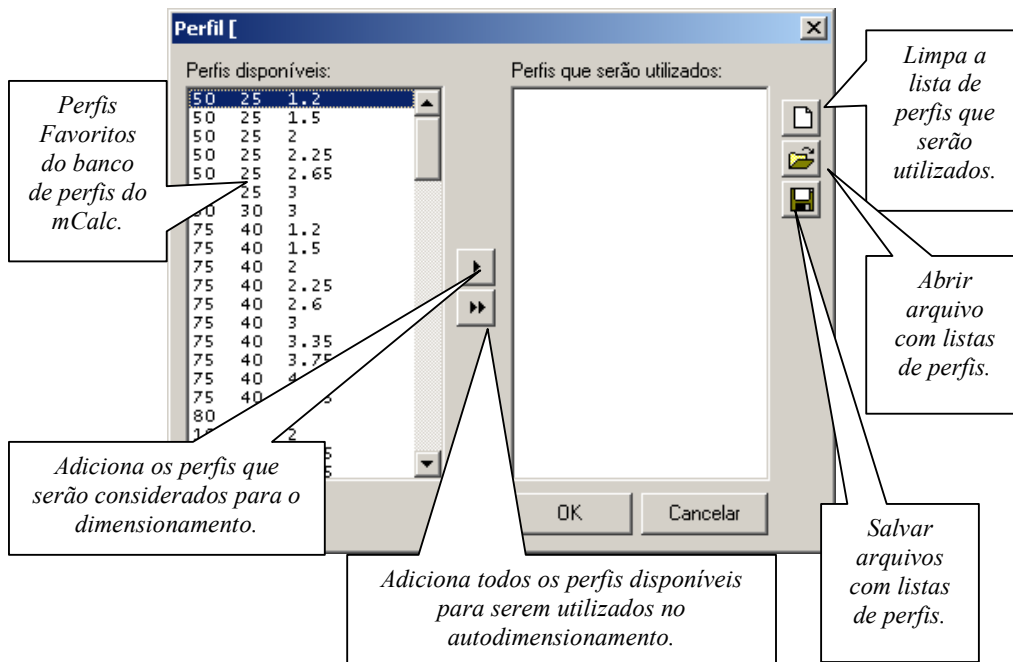


Deverá ser escolhido o tipo de perfil clicando-se sob ele com o botão esquerdo do mouse e posteriormente clicando em OK.

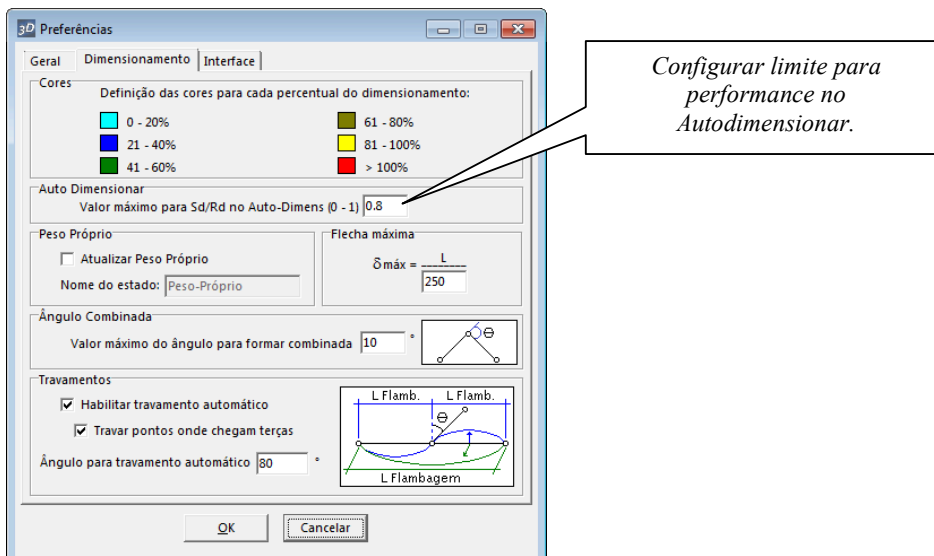
Então surgirá outra janela para que seja escolhida a orientação do perfil na estrutura:



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 **módulo 3D**.



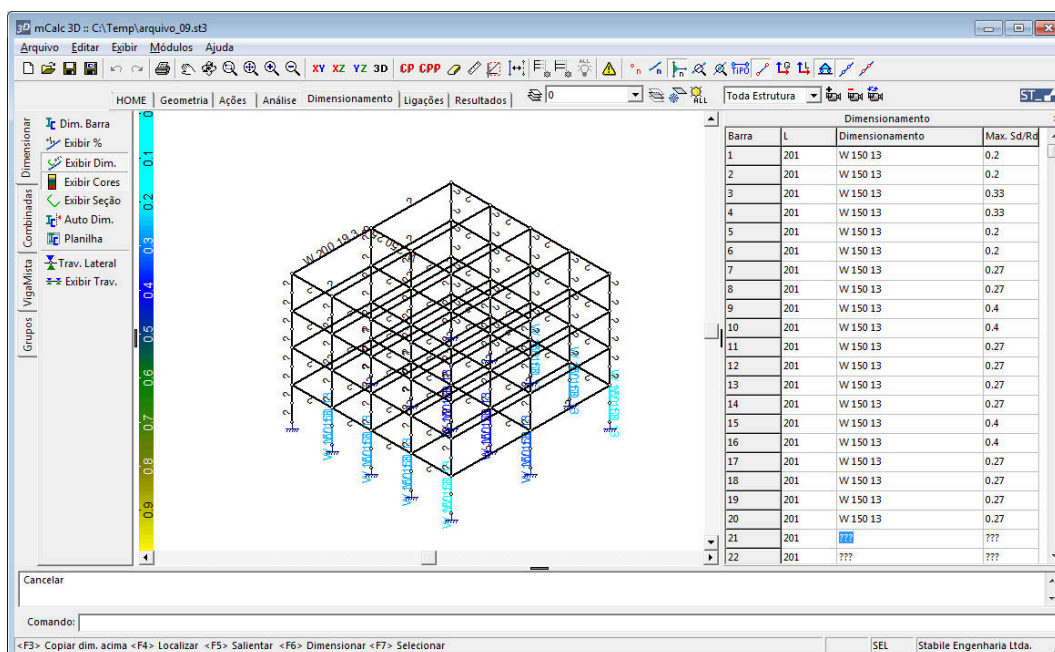
Após selecionados os perfis que serão utilizados, o **módulo 3D** fará de forma otimizada o dimensionamento entre os perfis listados. Observa-se ainda que o usuário deverá informar nas configurações qual é o máximo valor da performance que deseja ser atingida por *Autodimensionamento*. Deve-se ir ao menu Exibir, *Preferências...*, *Dimensionamento*:



9.1.7 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:

Barra	L	Dimensionamento	Max. Sd/Rd
1	82.5	W 150 13	2.68E-2
2	82.5	W 150 13	4.78E-2
3	140	W 150 13	8.34E-2
	140	W 150 13	0.1
	140	W 150 13	0.1
	140	W 150 13	0.1
	140	W 150 13	0.1

Callouts in the image point to specific cells: 'Comprimento da barra (cm)' points to the 'L' column; 'Perfil Adotado' points to the 'Dimensionamento' column; and 'Relação Solicitação/ Resistência dos perfis adotados em percentuais' points to the 'Max. Sd/Rd' column.

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:

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

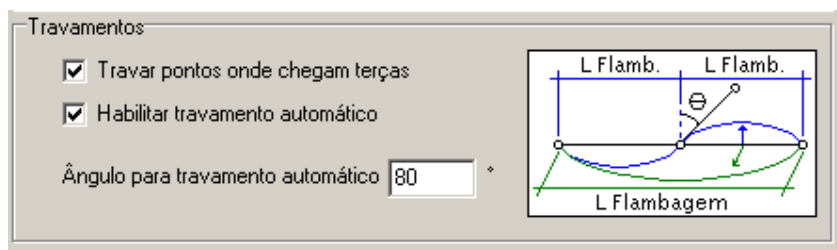
F4: a barra *atual* será localizada no centro da tela com cor diferenciada

F5: a barra em que se está com o *foco*, se selecionada: será destacada com uma cor diferente no desenho geral da estrutura.

9.1.8 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.

O **módulo 3D** fará o travamento automático das barras. Os critérios para isto estão no menu *Exibir > Preferências > Dimensionamento*.

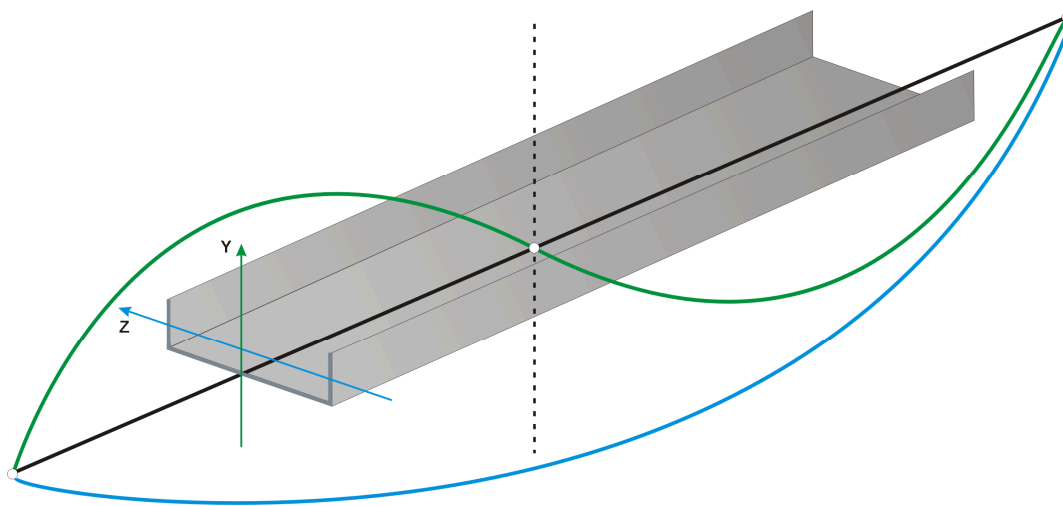


Por *default* estarão sempre habilitadas as opções do travamento automático.

A primeira opção “*Travar pontos onde chegam terças*” quando estiver habilitada vai considerar as terças, geradas através da geração automática, como pontos de travamento em relação ao eixo y global da estrutura.

A opção “*Habilitar travamento automático*” vai considerar o ângulo para travamento das barras da estrutura. Este ângulo refere-se à chegada das barras nos nós da estrutura. São verificadas as barras em duas direções, nos eixos y e z do perfil.



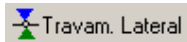


No caso da estrutura da figura acima, o comprimento de flambagem em relação ao eixo z do perfil será equivalente a $2L$, enquanto que para o eixo y do perfil será L .

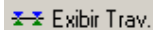
Em relação ao ângulo para travamento automático, este deverá ser configurado de acordo com os critérios do usuário.

Este ângulo servirá para testar se as barras que chegam em determinado nó funcionam como travamento.

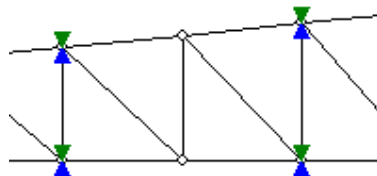
Caso o usuário queira declarar os pontos de travamento segundo seus critérios, então deverá desabilitar a opção de travamento automático e clicar no botão



O programa 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 triângulos de cor verde e, ou azul dependendo da direção do travamento. Para exibir estes triângulos deverá ser clicado o botão

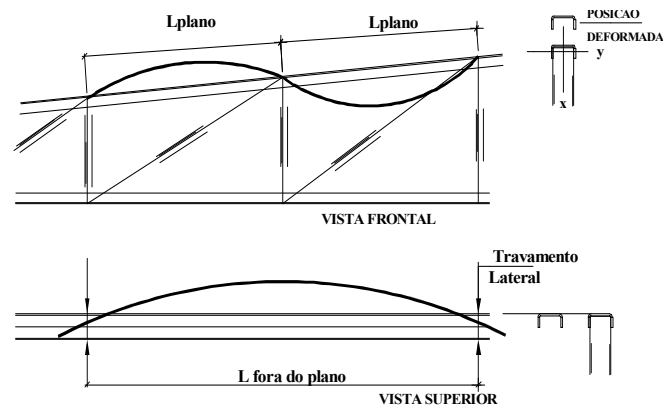


Os triângulos azuis indicam travamento no eixo y do perfil e os verdes no eixo z.



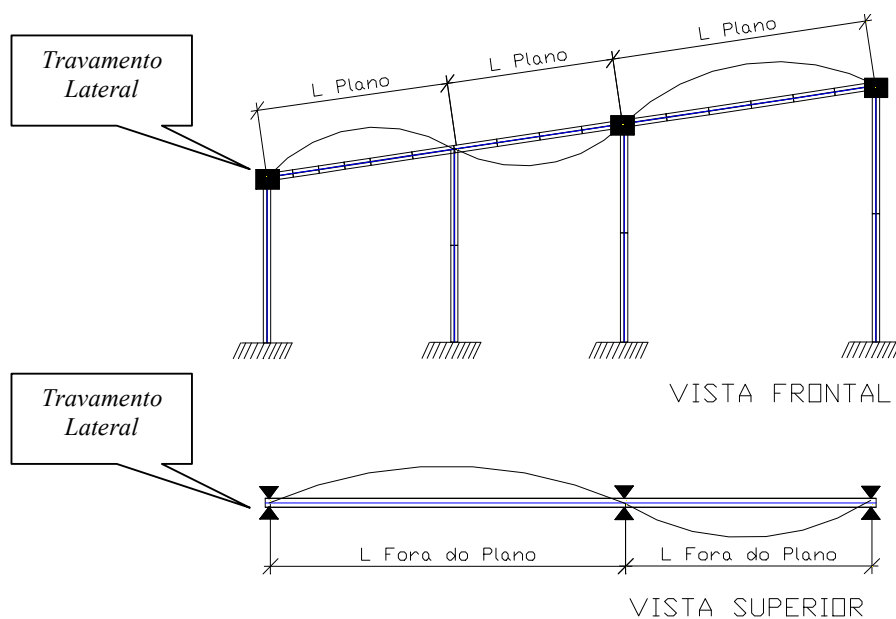
Em banzos de treliças os comprimentos de flambagem das barras são:

- 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:

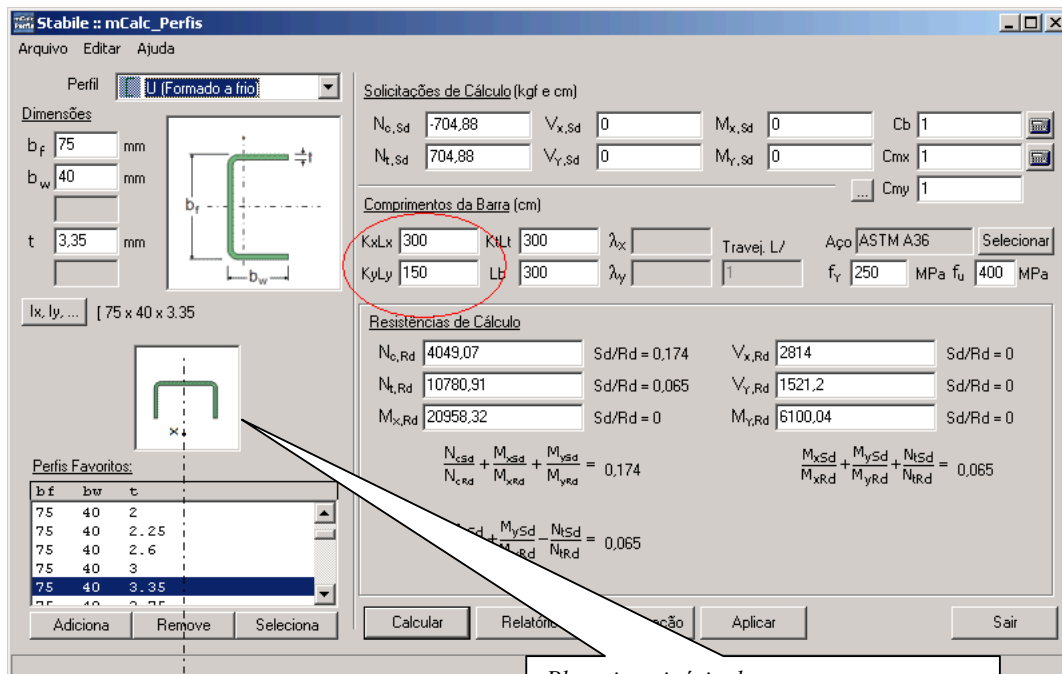
- No plano do pórtico: a distância entre dois nós que impedem o deslocamento da barra no plano do pórtico, i.e. a distância entre a interseção de duas barras que cruzam ou chegam nas barras que se está dimensionando.
- Fora do plano do pórtico: a distância entre dois nós travados lateralmente.



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.

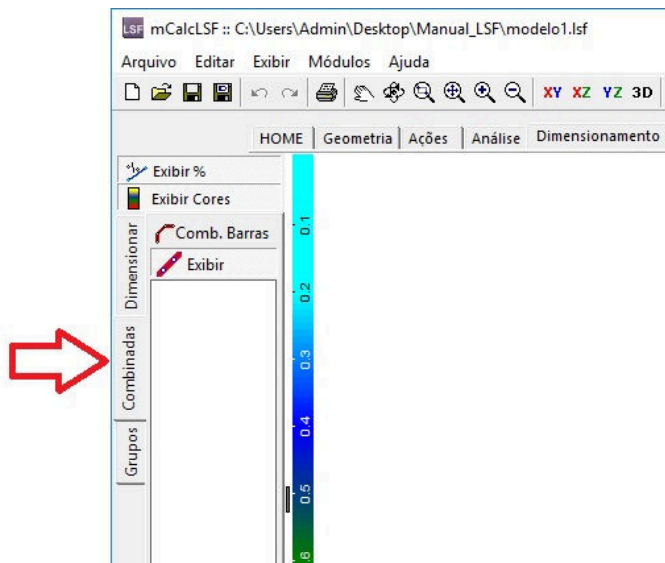
A importante interpretação de que a flambagem em torno do eixo *Y* ou *Z* será a flambagem *no plano* ou *fora do plano* será feita automaticamente com base na declaração dos travamentos e da orientação (posição) que o usuário escolheu para aplicar o perfil na estrutura.

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.




9.2 Menu COMBINADAS

Neste menu serão declaradas 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.



9.2.1 Comando COMBINAR BARRAS

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

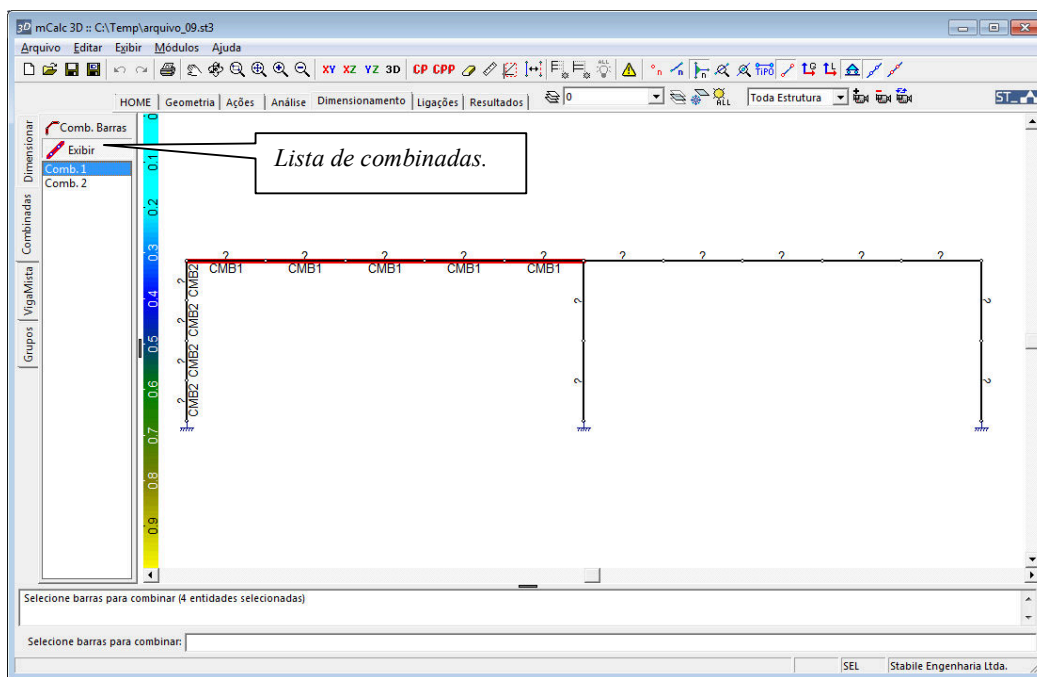
Podem-se criar ilimitadas combinações de barras. Para apagar uma combinação, seleciona-se a Combinação e pressiona-se a tecla *Delete*.

IMPORTANTE:


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

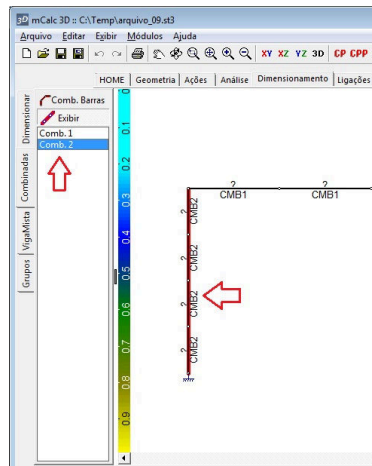
- o comprimento de flambagem *fora do plano* será a distância entre os pontos de travamento lateral e no plano;
- o comprimento de flambagem *no plano* será o comprimento de cada barra.

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



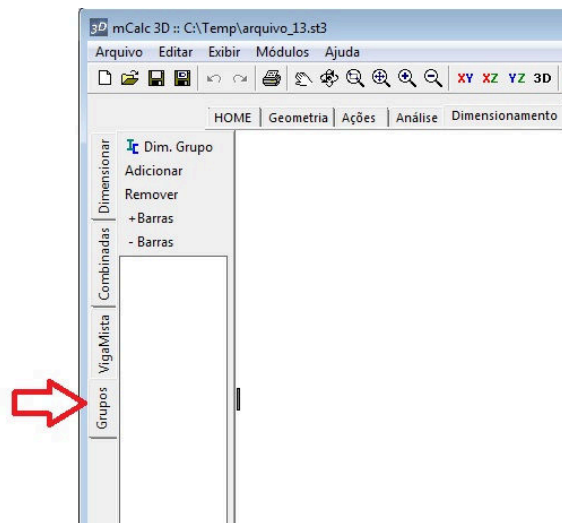
9.2.2 Comando EXIBIR COMBINADAS

Este comando possibilita que as barras combinadas sejam exibidas destacadas. Clique no botão  **Exibir** e selecione-se na lista de combinadas a combinada que se quer evidenciar:



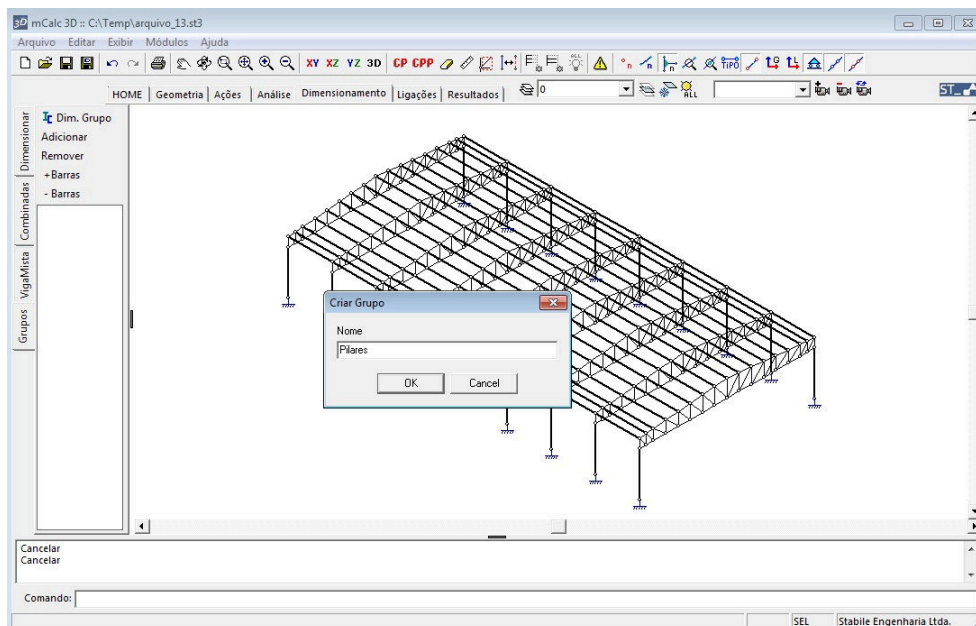
9.3 Menu GRUPOS

Neste menu estão as ferramentas para dimensionar grupos de barras.

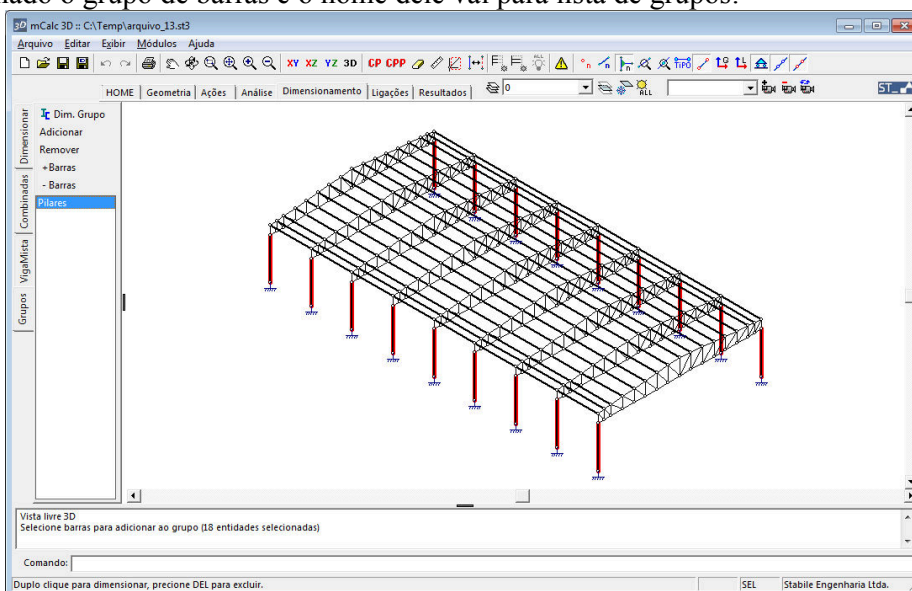


O primeiro passo para dimensionar grupos de barras é criar os grupos. Para isso, deve-se acionar o botão **Adicionar**, então aparecerá uma janela para que seja inserido o nome do grupo:



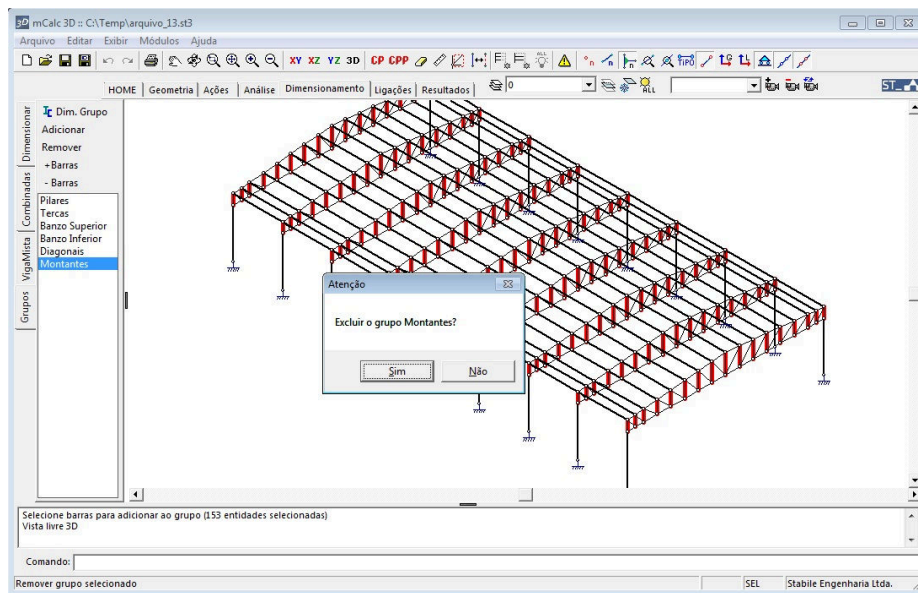


Depois de declarar o nome do grupo deve-se selecionar as barras com o botão esquerdo do mouse e depois confirmar a seleção com o botão direito. Então estará formado o grupo de barras e o nome dele vai para lista de grupos:



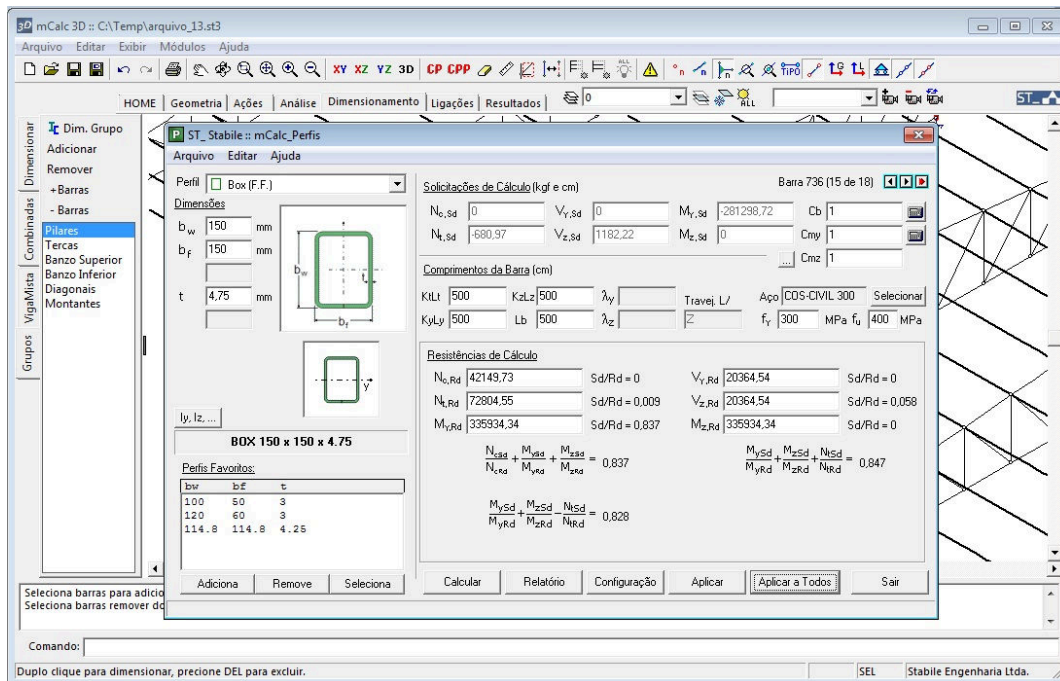
Para excluir um grupo da lista basta selecioná-lo clicar no botão **Remover**, clicando em SIM para confirmar a exclusão:





Os botões **+Barras** e **-Barras** tem a função, respectivamente, de adicionar e remover barras em grupos existentes. Para utilizá-los basta clicar sob o grupo na lista e chamar um dos comandos. Posteriormente, deve-se marcar a barra que será adicionada ou removida a este grupo.

Depois de criar os grupos deve-se dimensioná-los. Isto pode ser feito dando um duplo clique sob o grupo ou marcando-o na lista e clicando no botão **Dim. Grupo**. Então abrirá a janela do dimensionamento e procede-se o dimensionamento como é feito no menu Dimensionar.

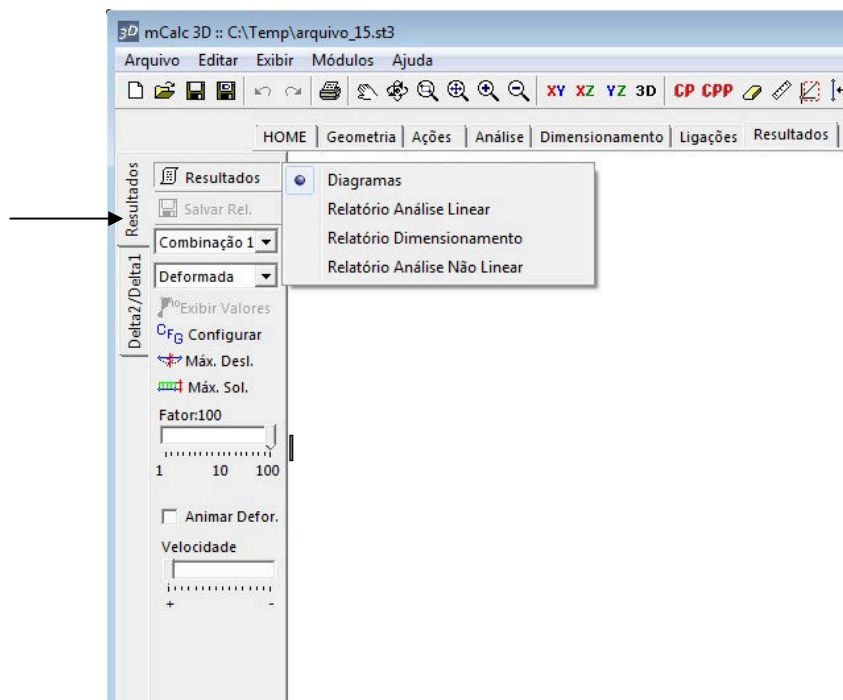


Todas as barras que estão inseridas em um grupo receberão o mesmo perfil e tipo de aço selecionado.



CAPÍTULO 10. mCalc LSF – MÓDULO RESULTADOS

Ao término das etapas de **Análise** ou de **Dimensionamento** o sistema **módulo 3D** disponibiliza os relatórios da Análise Linear, do Dimensionamento, da Análise Não Linear e os diagramas das combinações criadas na Análise. Para se ter acesso clica-se sobre o módulo **Resultados**. Neste módulo deve-se clicar no botão resultados e selecionar a opção desejada:



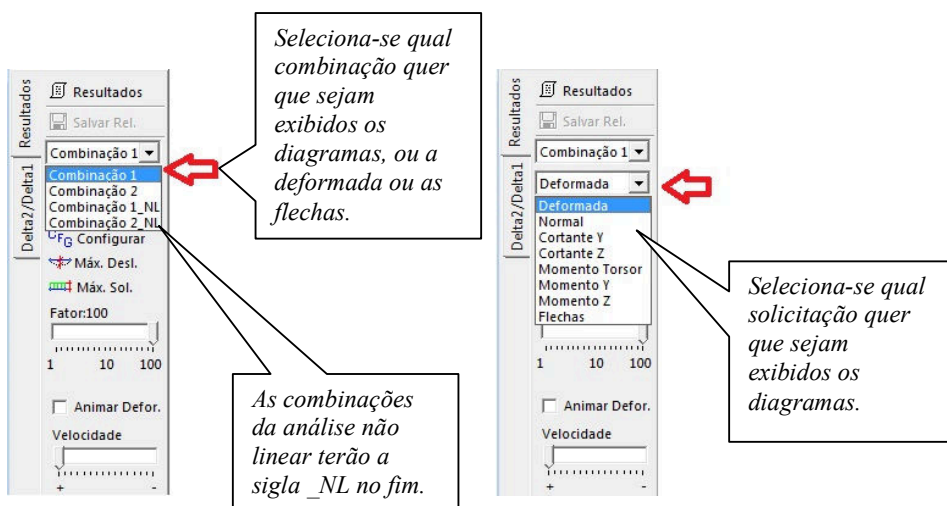
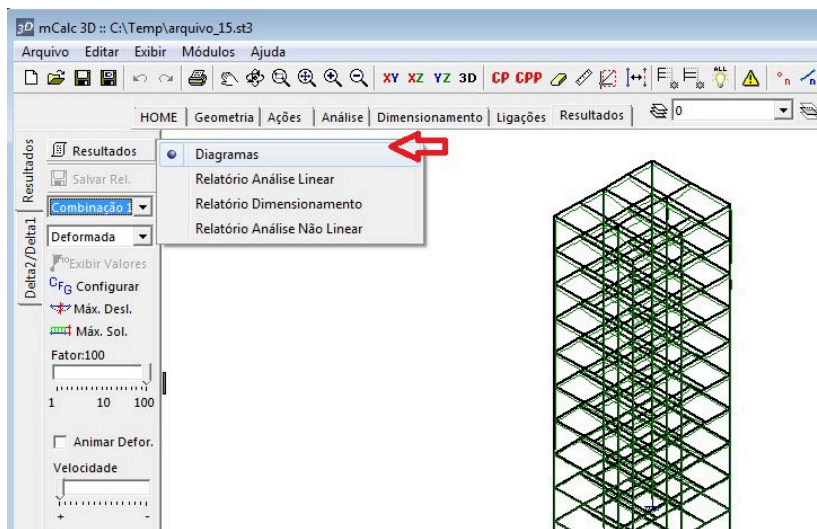
Existem 2 menus verticais: Resultados e Delta2/Delta1. Este último exibirá a classificação da estrutura quanto a deslocabilidade (para os casos em que foi feita análise não linear).



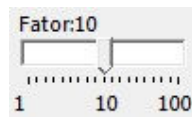
10.1. Menu RESULTADOS - DIAGRAMAS

Será utilizado para a visualização da deformada, dos diagramas das solicitações e das flechas nas vigas de cada combinação calculada.

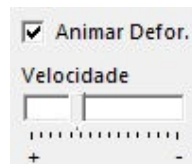
Ativa-se esse comando clicando sobre o botão Diagramas, então habilitará uma lista para escolher a combinada e outra para escolher a deformada ou o tipo de solicitação.




Para efeito de melhor visualização, pode-se acentuar ou reduzir o desenho da deformada ou diagrama através de uma régua:



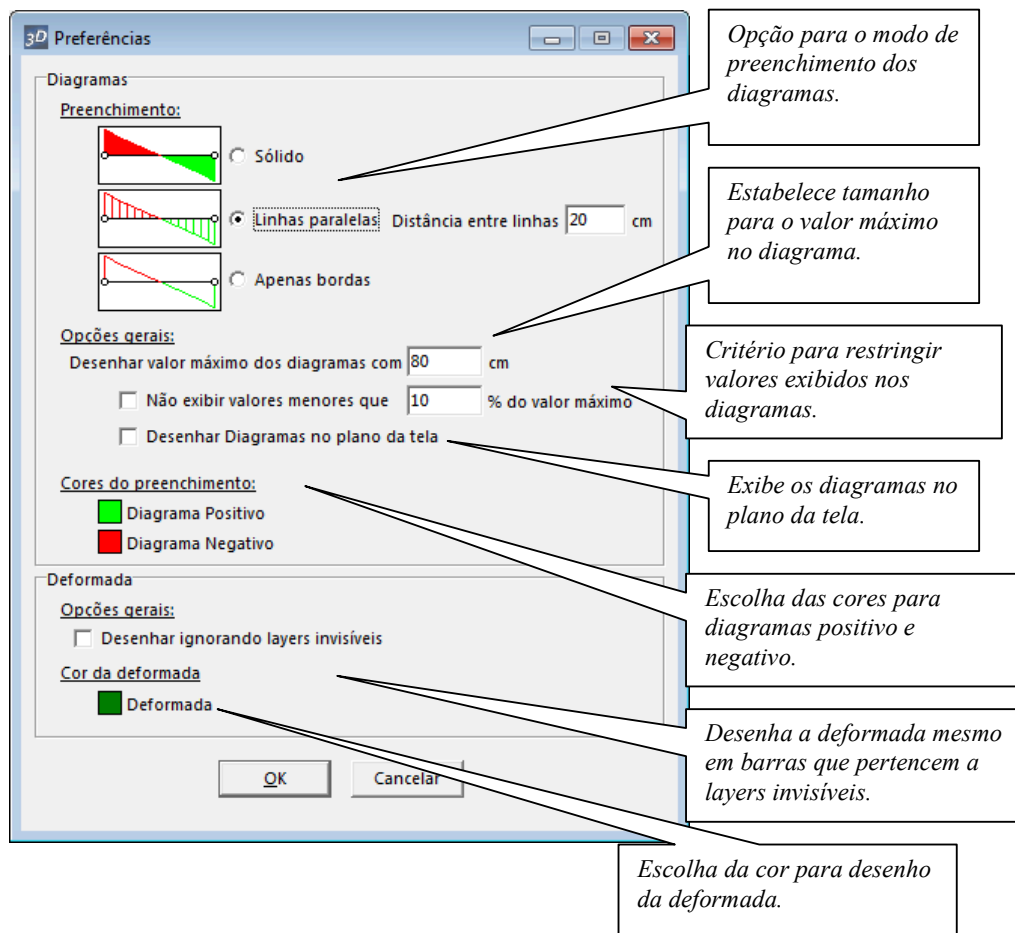
No caso de selecionar a deformada para ser exibida, estará habilitada a opção de animar a deformada:



Este comando permite que o desenho da deformada mova-se, com velocidade configurável.

No caso de selecionar a exibição de um dos diagramas, deve-se configurá-lo, clicando no botão  Configurar .

Nesta janela também poderão ser configuradas algumas opções referentes à deformada.



Quando estiver sendo exibido algum diagrama de solicitações, o botão de exibir valores estará habilitado. Clicando sobre Exibir Valores, os valores da solicitação selecionada serão exibidos nos extremos da barras.

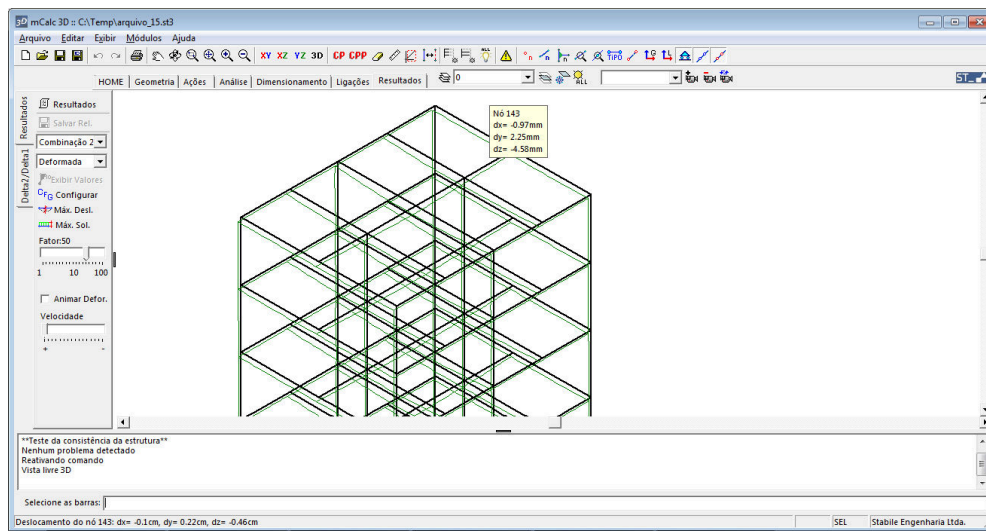
É possível obter-se os valores das solicitações máximas e dos deslocamentos máximos nas barras da estrutura. Clicando sobre Máx. Desl., o usuário deverá selecionar quantas barras desejar e então será exibido a barra que possui o maior deslocamento entre as selecionadas com o respectivo valor do deslocamento.

O mesmo acontece para obter-se as solicitações máximas, basta clicar sobre o botão Máx. Sol., selecionar um conjunto de barras e então será exibida uma janela com as solicitações de momento fletor, esforço cortante e esforço normal máximos e a

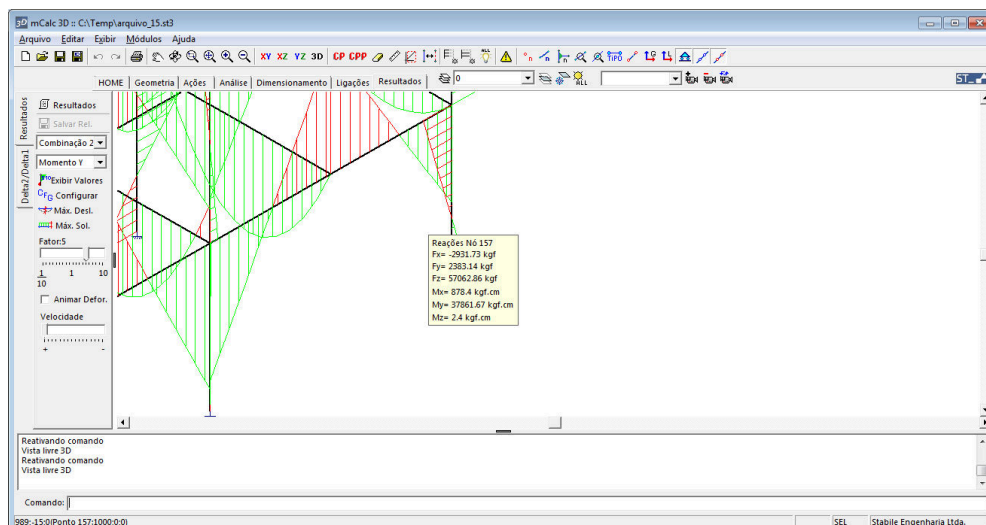


respectiva barra em que estes ocorrem.

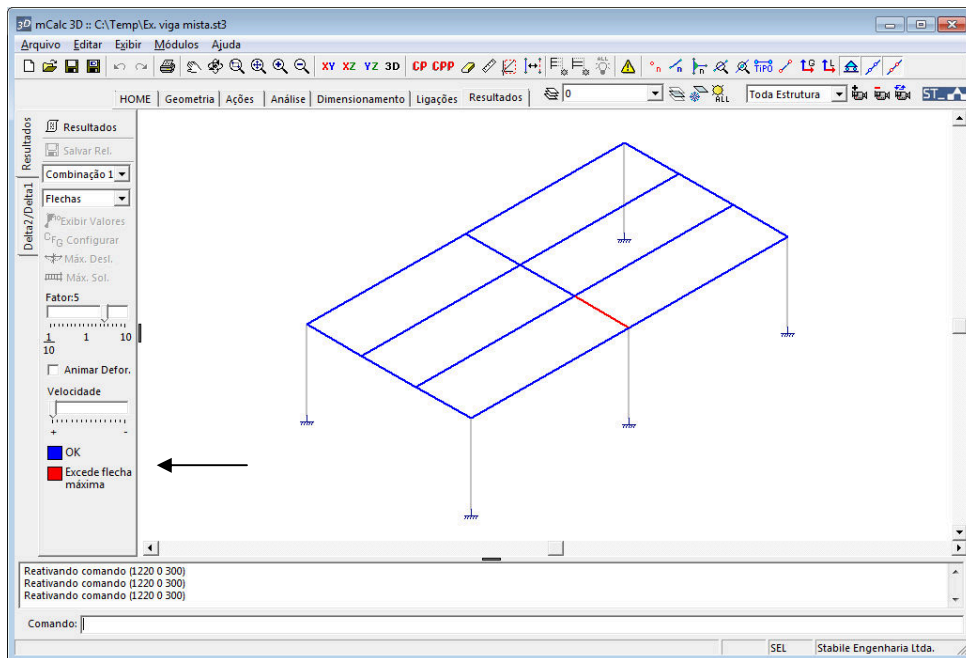
Quando a opção Deformada estiver ativada, ao se aproximar o cursor de um determinado nó da estrutura, será exibida uma janela com o valor do deslocamento nas direções X, Y e Z bem como o número do respectivo nó.



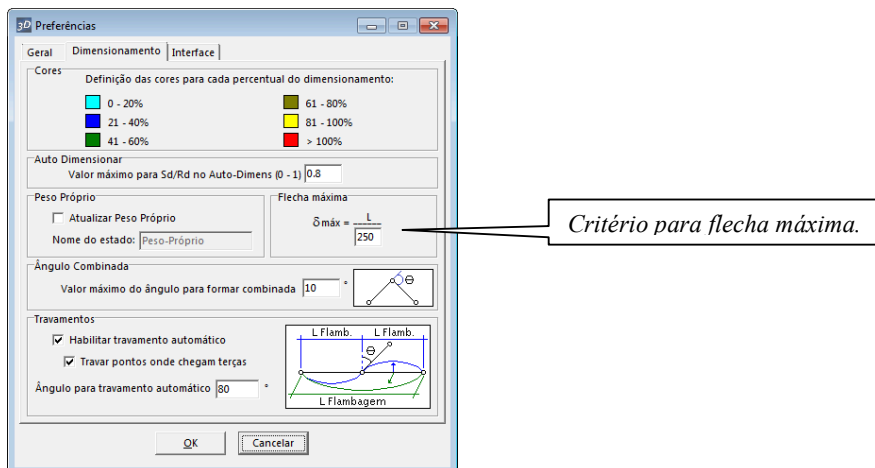
Da mesma forma quando estiver ativa alguma das solicitações, seja de esforço cortante, esforço normal, momento fletor ou momento torsor, ao aproximar o cursor dos apoios da estrutura, obtém-se os valores das reações de apoio nas direções X, Y e Z.



Quando a opção Flechas estiver ativada as vigas da estrutura serão desenhadas em azul ou em vermelho. As vigas desenhadas em azul estão de acordo com o limite da flecha máxima. Já as exibidas em vermelho excedem o limite:



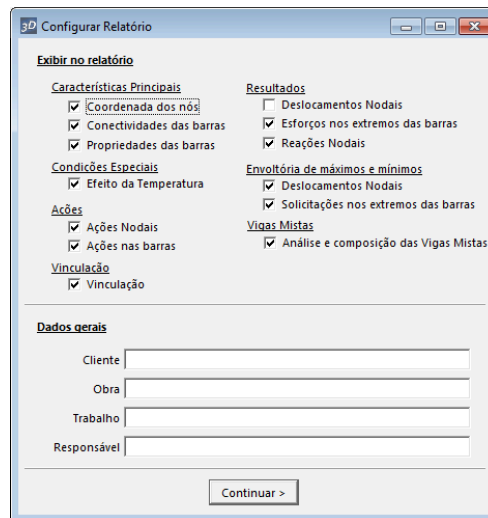
Lembrando que este critério de flecha máxima deverá ser declarado pelo usuário no menu Exibir > Preferências > Dimensionamento:



10.2. Menu RESULTADOS – ANÁLISE LINEAR

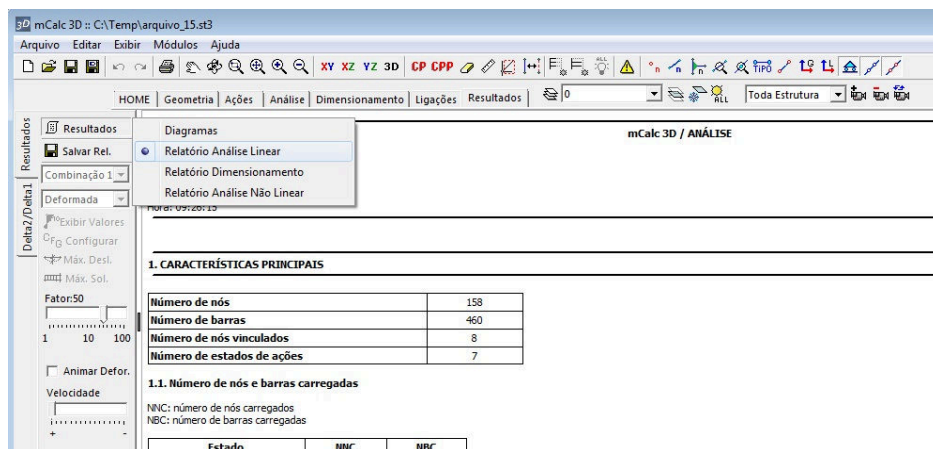
Apresenta o relatório completo da análise linear estrutural.

Quando se processa a análise da estrutura, em seguida surge uma janela, na qual seleciona-se que dados desejam-se que sejam exibidos no relatório de análise:



Os itens marcados serão apresentados, posteriormente, no módulo de Resultados no Relatório de Análise.

Ativa-se esse comando clicando sob o botão Resultados:




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.

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

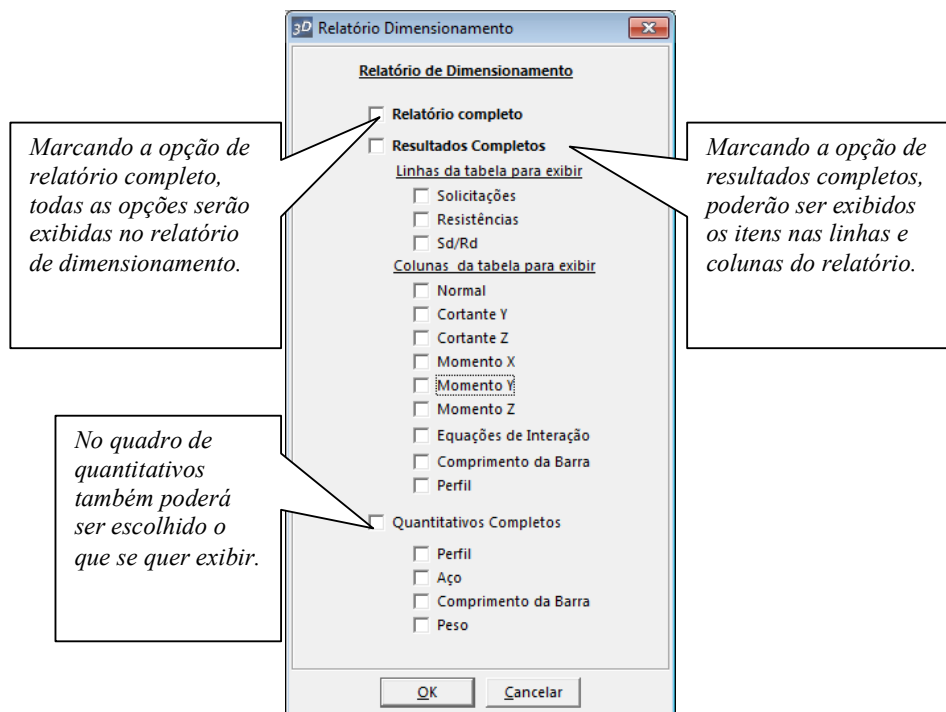
Esse relatório poderá ser gravado num arquivo como: NomeArquivo_.RTF. Para isso, basta clicar com o botão esquerdo do mouse sob  **Salvar Rel.** .E pode-se editá-lo com qualquer editor de textos e da mesma forma imprimi-lo como tal.

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.

10.3. Menu RESULTADOS – DIMENSIONAMENTO

Será utilizado para mostrar o relatório do dimensionamento.

Ativa-se esse comando clicando sob o botão Resultados e escolhendo a opção Relatório Dimensionamento. Então surgirá uma janela para que selecionem o que se desejam ser exibido no relatório:



Ao se pressionar o botão *OK* o sistema **módulo 3D**, automaticamente apresentará na tela o relatório do Dimensionamento, apresentando os dados que foram seleccionados para exibição.

mCalc 3D - CA Temp/arquivo_15.st3

Arquivo Editar Exibir Módulos Ajuda

HOME Geometria Ações Análise Dimensionamento Ligações Resultados

mCalc 3D / DIMENSIONAMENTO

Cliente:
Obra:
Trabalho:
Responsável:
Data: 04/06/2013
Hora: 10:11:05

1. DIMENSIONAMENTO

Unidades: kgf-cm

Barra		Normal	Cortante Y	Cortante Z	Momento X	Momento Y	Momento Z	Eq. Int. Max.	Comp.	Dimensionamento
1	Sol.	-242,58	759,08	1904,8	0	-133127,02	-172493,67	0,2	400	W 410 85
	Res.	340609,09	82447,84	85534,28	0	5476482	970484,63			
	Sd/Rd	0	0,01	0,02	---	-0,02	-0,18			
2	Sol.	-2495,29	775,15	1886,59	0	-131711,73	172814,02	0,21	400	W 410 85
	Res.	340609,09	82447,84	85534,28	0	5476482	970484,63			
	Sd/Rd	-0,01	0,01	0,02	---	-0,02	0,18			
3	Sol.	1432,07	-1,73	2527,52	0	-349223,63	385,89	0,07	250	W 410 85
	Res.	340609,09	82447,84	85534,28	0	5476482	970484,63			
	Sd/Rd	0,00	0	0,03	---	-0,06	0			
4	Sol.	878,15	2,35	2838,61	0	351846	-324,18	0,07	250	W 410 85
	Res.	340609,09	82447,84	85534,28	0	5476482	970484,63			
	Sd/Rd	0,00	0	0,03	---	0,06	0			
5	Sol.	-161,42	-2,15	2848,99	0	357585,5	551,2	0,07	250	W 410 85
	Res.	340609,09	82447,84	85534,28	0	5476482	970484,63			
	Sd/Rd	0,00	0	0,03	---	0,06	0			

Nenhum problema detectado
Realizando comando
Vista livre 3D
Cancelar

Comando:

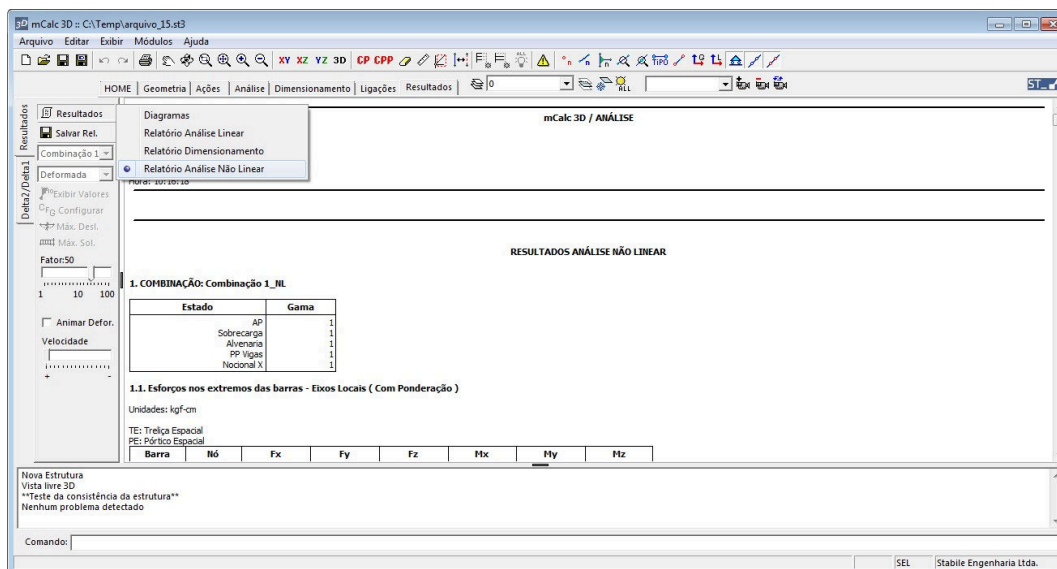
mCalc3D SEL Stabile Engenharia Ltda.

O relatório do Dimensionamento poderá, também, ser salvo como arquivo tipo.RTF que poderá ser exportado para qualquer editor de texto. Pode-se editá-lo com qualquer editor de textos e da mesma forma imprimi-lo como tal.



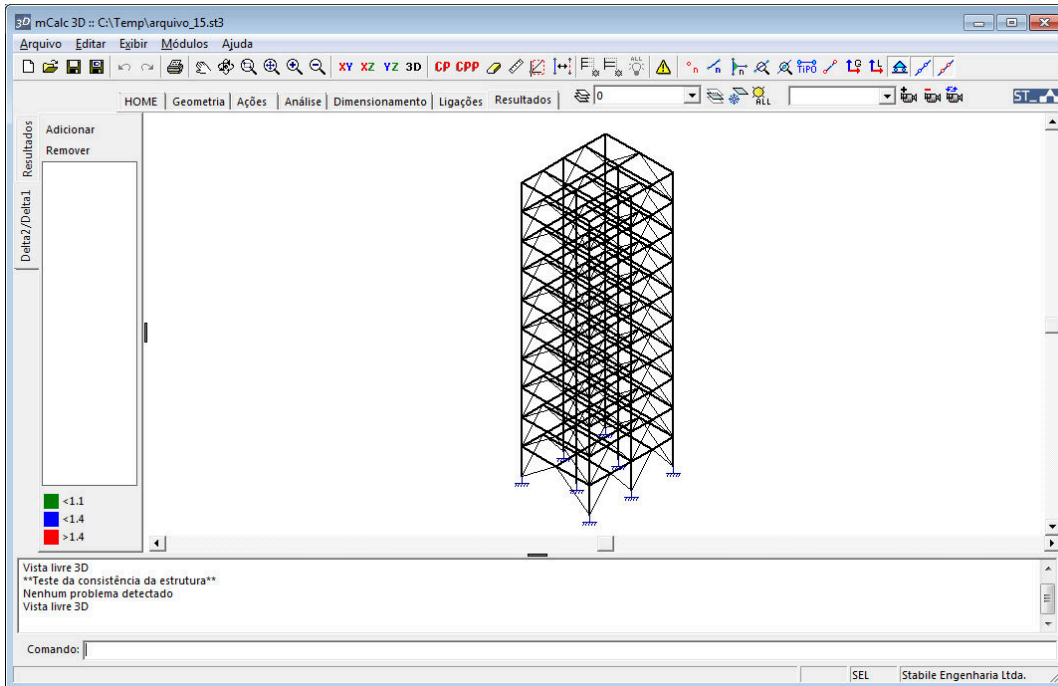
10.4. Menu RESULTADOS – ANÁLISE NÃO LINEAR

O relatório de análise não linear tem a exibição similar ao relatório de análise linear. A diferença que existe na exibição é que na análise não linear todos os resultados são referentes a combinações, não possui resultados dos estados isolados. Outra observação que deve ser feita é que todos os resultados são ponderados, inclusive as reações nodais.

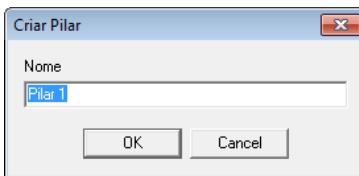


10.5. Menu DELTA2/DELTA1

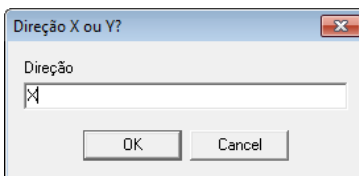
Esta ferramenta permite classificar a estrutura quanto a deslocabilidade. A estrutura é classificada como de pequena deslocabilidade quando a relação entre os deslocamentos de segunda ordem e os deslocamentos de primeira ordem não ultrapassarem 1,1 em todos os andares. Será de média deslocabilidade quando essa relação estiver entre 1,1 e 1,4 em pelo menos um dos andares. E será de grande deslocabilidade quando a relação ultrapassar 1,4 em pelo menos um dos andares.



Para verificar a deslocabilidade deve-se adicionar os pilares para o cálculo de Δ_2/Δ_1 . Clicando no botão **Adicionar** surgirá uma janela para declarar o nome do pilar:



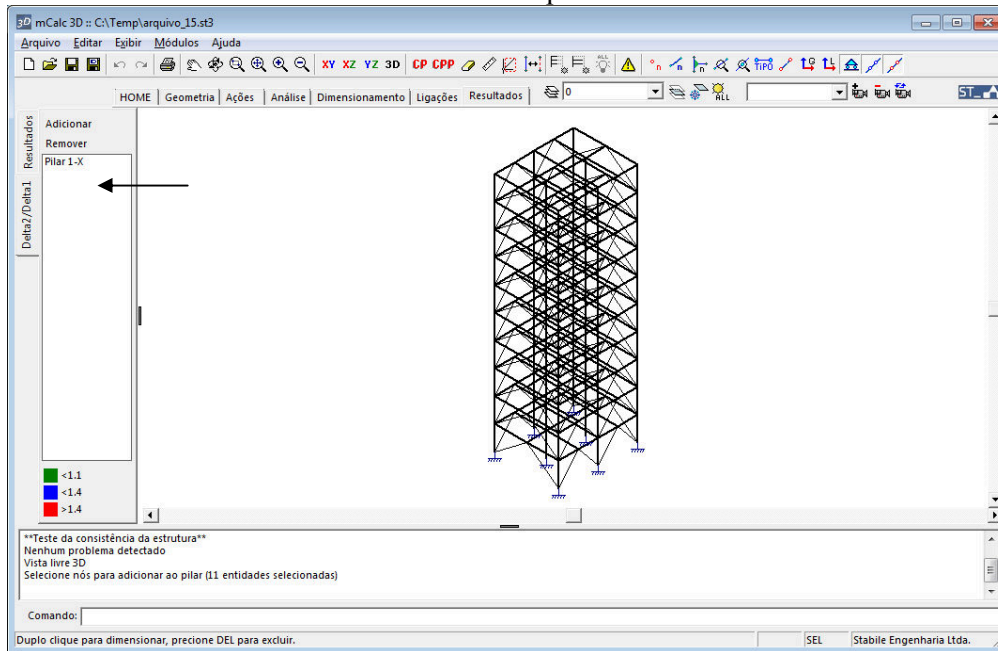
Após declarar o nome do pilar clica-se em OK para confirmar e então aparecerá uma segunda janela para declarar se os deslocamentos avaliados serão na direção x ou y:



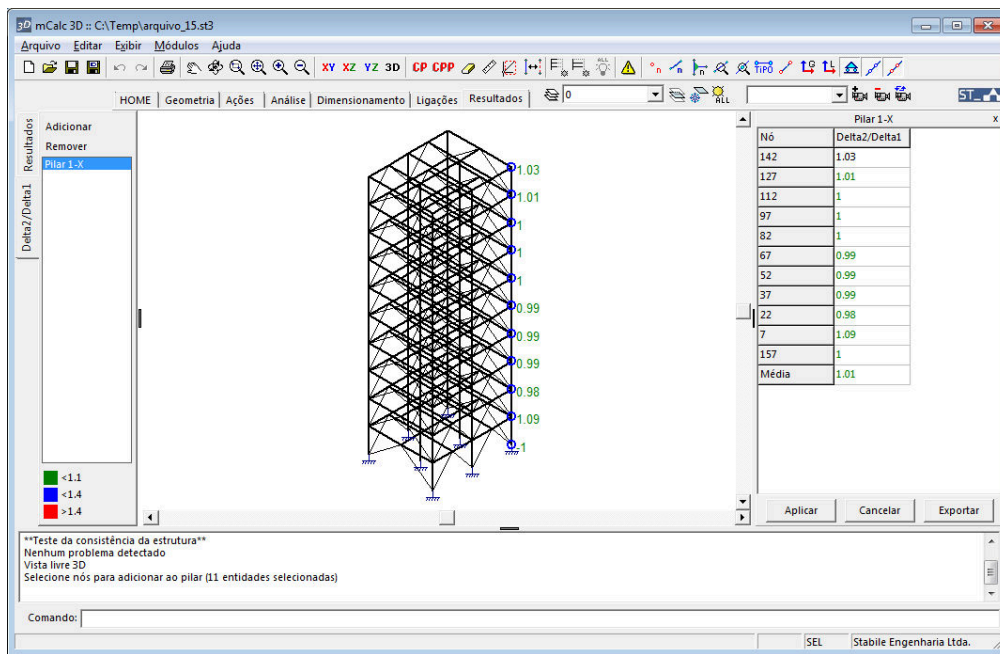
Depois de confirmar a direção clicando em OK, no *prompt* do programa aparecerá a mensagem: Selecione nós para adicionar ao pilar



Então selecionam-se os nós do pilar com o botão esquerdo do *mouse* e confirmando com o botão direito será adicionado a lista do pilar:



E clicando sob ele na lista aparecerão os valores da relação Δ_2/Δ_1 ao longo dos nós do pilar e também aparecerá uma planilha com o número dos nós, o valor da relação e a deslocabilidade média:



Para apagar um dos pilares basta seleccioná-lo na lista e clicar sob o botão **Remover**.
A planilha com os valores das relações e da deslocabilidade média pode ser exportada e aberta no Excel:

Pilar 2-X	
Nó	Delta2/Delta1
138	1
123	0.99
108	0.98
93	0.98
78	0.98
63	0.98
48	0.98
33	0.98
18	0.97
3	1.03
152	1
Média	0.99

At the bottom of the table, there are three buttons: **Aplicar**, **Cancelar**, and **Exportar**. An arrow points to the **Exportar** button.

O arquivo será salvo no formato .csv.

