

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

**ESTRUTURA DE COBERTURA METÁLICA  
EM MALHA TRELIÇADA ESPACIAL**

RENATA JARDIM MARTINI

## **Resumo**

O uso das estruturas metálicas treliçadas tipo espacial tem ganhado espaço nos últimos anos, principalmente quando aplicadas em estruturas de cobertura. Sua divulgação ainda é pouca, bem como a abordagem deste tipo de estrutura no Programa de Pós-graduação Lato-sensu do Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG. Essas estruturas apresentam maior viabilidade econômica, quando empregados em grandes áreas que exigem elevados vãos livres, se comparadas às estruturas metálicas treliçadas planas.

Neste trabalho é feita uma revisão bibliográfica a cerca destas estruturas, abordando os aspectos históricos, os sistemas de ligação dos elementos de barra, o comportamento estrutural, dimensionamento dos elementos de barra e as particularidades de projeto. Como forma de aplicação dos conhecimentos teóricos, é realizado neste trabalho um estudo de caso hipotético de uma estrutura de cobertura metálica treliçada tipo espacial. Inicialmente por meio de compilação numérica é analisado o comportamento estrutural da cobertura, em seguida dimensionam-se os elementos de barra (banzos e diagonais) e os pilares tubulares metálicos de sustentação da mesma.

## Conteúdo

Lista de Figuras.....	6
Lista de Tabelas.....	9
Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos.....	10
1 Introdução.....	12
2 Objetivos.....	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3 Revisão Bibliográfica.....	14
3.1 Histórico das Estruturas Espaciais.....	14
3.1.1 Situação Atual.....	15
3.2 Estrutura Espacial Reticulada.....	16
3.2.1 Treliças Espaciais Planas.....	16
3.2.2 Estruturas Espaciais com Superfície Curva.....	17
3.2.3 Cúpulas Treliçadas Espaciais.....	18
3.3 Sistema de Treliça Espacial.....	18
3.3.1 Material.....	18
3.3.2 Barras.....	19
3.3.3 Ligações.....	19
3.3.4 Arranjos Geométricos.....	26
3.3.5 Apoios.....	28
3.3.6 Princípios de Montagem.....	30
3.4 Projeto de Treliças Espaciais.....	31
3.4.1 Critérios de Planejamento.....	31
3.4.2 Sistema Geométrico.....	31
3.4.3 Regras Básicas.....	31
3.4.4 Estrutura secundária.....	32

3.5	Dimensionamento Elementos de Barra.....	33
3.5.1	Ações.....	33
3.5.2	Método dos Estados-Limites .....	34
3.5.3	Estado Limite Último.....	34
3.5.4	Estado Limite de Serviço .....	39
3.5.5	Barras Tracionadas em Seção Tubular Circular .....	42
3.5.6	Barras Comprimidas em Seção Tubular Circular.....	43
3.5.7	Fatores que Influenciam na Resistência.....	48
3.5.8	Barras Fletidas em Seção Tubular Circular .....	51
3.5.9	Barras de aço sob combinação de esforços solicitantes .....	56
4	Metodologia.....	58
5	Modelagem do Arranjo Estrutural Proposto .....	59
5.1	Descrição da estrutura analisada.....	59
5.2	Descrição do Arranjo Estrutural Proposto .....	59
5.3	Carregamento .....	60
5.3.1	Ações permanentes.....	61
5.3.2	Ações Variáveis.....	61
5.3.3	Ações devido ao vento .....	61
5.3.4	Resumo das ações aplicadas na estrutura.....	67
5.4	Lançamento da estrutura .....	68
5.4.1	Pré-dimensionamento.....	68
5.4.2	Combinação de ações .....	70
6	Análise Estrutural .....	72
7	Dimensionamento dos elementos de barra e Discussão de Resultados ..	74
7.1	Análise dos Resultados Encontrados na 1ª Tentativa.....	74
7.1.1	Estado Limite Último – Esforço Axial nas Barras.....	74
7.1.2	Dimensionamento das Barras da Estrutura de Cobertura .....	75



7.1.3	Discussão dos Resultados .....	76
7.2	Análise dos Resultados Encontrados na 2ª Tentativa.....	77
7.2.1	Estado Limite Último – Esforço Axial nas Barras.....	77
7.2.2	Dimensionamento das Barras da Estrutura de Cobertura .....	78
7.2.3	Variação da seção transversal nos esforços solicitantes resultantes 78	
7.2.4	Combinações Raras de Serviço - Deslocamentos.....	78
8	Dimensionamento dos Pilares Tubulares Metálicos.....	80
8.1	Estado-limite de Serviço – Deslocamentos .....	80
8.2	Verificação do Estado-limite Último.....	81
8.2.1	Verificação de Barras Prismáticas submetidas a combinação de esforços solicitantes .....	83
	Referências Bibliográficas .....	84
	Apostilas .....	85
	Normas Técnicas.....	85
	Sites.....	86
	Anexos .....	87

## Lista de Figuras

Figura 1: Estrutura espacial de Alexander Graham Bell.....	14
Figura 2: Estrutura em treliça metálica espacial do Centro de Exposições do Anhembi - SP .....	15
Figura 3: Vista aérea do Centro de Exposições do Anhembi - SP .....	15
Figura 4: Expominas – Centro de Convenções e Feiras .....	16
Figura 5: Pavilhão do Expominas durante o evento do Encontro do BID .....	16
Figura 6: Elementos de uma Estrutura Espacial Plana .....	17
Figura 7: Fotos da Cobertura de ABCZ - Uberaba - MG .....	17
Figura 8: Cúpulas Esféricas .....	18
Figura 9: Estrutura Espacial de curvatura Dupla – “Epcot” .....	18
Figura 10: (a) Cantoneiras; (b) Perfis “I” soldados e laminados (c) perfis com seção transversal tubular circular e retangular.....	19
Figura 11: Modelagem da extremidade do banzo de um nó típico.....	20
Figura 12: Nó típico central .....	20
Figura 13: Modelagem da extremidade do banzo com chapa de ponteira .....	21
Figura 14: Nó com chapa de ponteira .....	21
Figura 15: Detalhe do Nó de Aço - Expominas - Belo Horizonte - MG.....	22
Figura 16: Nó de aço.....	22
Figura 17: Planta e elevação do centro esportivo na Espanha (Cuenca, 2002).....	23
Figura 18: Fotos do centro esportivo da Espanha (Cuenca, 202) .....	23
Figura 19: Elementos da estrutura espacial de Cuenca (2002).....	24
Figura 20: Detalhe construtivo da ligação de Cuenca (2002).....	24
Figura 21: Sistema Mero .....	25
Figura 22: Sistema Mero .....	25
Figura 23: Arranjo Quadrado sobre quadrado com defasagem de meio módulo .....	27
Figura 24: Arranjo Quadrado diagonal sobre quadrado diagonal com defasagem de meio módulo.....	27
Figura 25: Arranjo Quadrado diagonal sobre quadrado diagonal com defasagem de meio módulo.....	28
Figura 26: Tipos de restrições .....	29

Figura 27: Tipos de apoios mais empregados em estruturas espaciais planas - Apoios: no banzo inferior, no banzo superior, tipo “pé-de-galinha” e tipo “engaste” .....	30
Figura 28: Fotos das Etapas do Método “lift-slab” - Expominas - Belo Horizonte - MG .....	30
Figura 29: Fotos Panorâmica - Expominas - Belo Horizonte - MG.....	31
Figura 30: Relação – Vão x Módulo x Altura Construtiva .....	32
Figura 31: elementos de estrutura secundária .....	33
Figura 32 - Tensões no nó típico - vértice superior (canto) – vista superior e inferior .....	50
Figura 33: Tensões no nó típico - vértice superior (canto) .....	50
Figura 34: Configuração deformada da diagonal de apoio.....	50
Figura 35: representação da formação da rótula plástica .....	52
Figura 36: Formação de rótula plástica na seção central.....	52
Figura 37: Módulo plástico de uma seção tubular circular .....	54
Figura 38: Superfície de colapso das barras submetidas à combinação de esforços solicitantes .....	57
Figura 39: Módulo básico .....	59
Figura 40: Corte Longitudinal e Transversal .....	59
Figura 41: Plano do Banzo Superior .....	60
Figura 42: Plano do Banzo Inferior.....	60
Figura 43: Configuração de carregamento da estrutura.....	60
Figura 44: Coeficientes de pressão externo para vento a 90°, 45° e 0° .....	63
Figura 45: Coeficientes de pressão externo para vento a -90° e -45°. .....	63
Figura 46: Coeficientes de pressão externo considerados nos cálculos – vento a 0°.....	64
Figura 47: Diagrama de $C_{pe}$ do plano dos banzos superiores.....	64
Figura 48: Coeficiente de pressão total da camada do banzo superior ( $C_{p,Total}$ ). .....	65
Figura 49: Legenda dos nós da camada superior (banzos superiores).....	66
Figura 50: coeficientes de pressão totais médios de cada nó da camada superior .....	66
Figura 51: Eixo de coordenadas para decomposição da carga de vento no nó. ....	67

Figura 52: Pré-dimensionamento das seções das barras .....	69
Figura 53: Seções transversais de cada barra – 1ª Tentativa .....	69
Figura 54: Lançamento da estrutura no programa SAP2000 14 com a liberação dos movimentos .....	72
Figura 55: Eixos locais das barras .....	73
Figura 56: Diagrama de esforço axial na estrutura - vista 3D.....	74
Figura 57: Diagrama de esforço axial na estrutura – vista plano ZX.....	74
Figura 58: Diagrama de momento fletor das barras da estrutura.....	75
Figura 59: Trecho da treliça (vista do plano xz) – destaque para a seção transversal aplicada TC60,3x8,6mm. ....	77
Figura 60: Carregamento dos pilares de sustentação da estrutura de cobertura – nó 01 e nó 10. ....	82
Figura 61: Carregamento dos pilares de sustentação da estrutura de cobertura – nó 91 e nó 100. ....	82

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Relação – Vão x Módulo x Altura Construtiva .....	32
Tabela 2: Valores dos coeficientes de ponderação das ações $\gamma_f = \gamma_{f1}\gamma_{f3}$ .....	37
Tabela 3: Valores dos fatores de combinação $\psi_0$ e de redução $\psi_1$ e $\psi_2$ para as ações variáveis.....	38
Tabela 4: Deslocamentos Máximos .....	41
Tabela 5: Valor de Ne em função da condição de contorno da barra .....	44
Tabela 6: Valor de K em função da condição de contorno da barra.....	46
Tabela 7: Valores do coeficiente de flambagem em função da configuração de extremidades.....	51
Tabela 8: Parâmetros para cálculo do momento fletor resistente .....	54
Tabela 9: Cálculo e decomposição da carga de vento nos nós da cobertura ..	67
Tabela 10: Resumo do Carregamento da estrutura por área (kN/m <sup>2</sup> ).....	68
Tabela 11: Resumo do Carregamento dos nós superiores da estrutura (kN) ..	68
Tabela 12: Seções Transversais Pré-dimensionadas adotadas na estrutura ..	69
Tabela 13: Movimentos liberados nas barras da estrutura analisadas pelo SAP2000 14 .....	72
Tabela 14: Esforços Axiais Resultantes nas barras da estrutura .....	74
Tabela 15: Variação dos valores dos esforços solicitantes resultantes nas Diagonais .....	78
Tabela 16: Variação dos valores dos esforços solicitantes resultantes nos Banzos .....	78
Tabela 17: Deslocamentos máximos – eixo Z – da estrutura de cobertura obtidos pelo SAP2000 .....	79
Tabela 18: Reações nos nós.....	80
Tabela 19: Reações nos nós.....	81
Tabela 20: Resultados dos dimensionamentos dos pilares .....	83

## Lista de Abreviaturas, Siglas e Símbolos

### Letras romanas maiúsculas

$A_e$	área líquida efetiva da seção transversal
$A_g$	área bruta da seção transversal
$F$	Reação de apoio
$F_x$	Reação de apoio ao longo do eixo x
$F_y$	Reação de apoio ao longo do eixo y
$F_{G,k}$	valores característicos das ações permanentes
$F_{Q,k}$	valores característicos das ações variáveis secundárias
$F_{Q,exc}$	valor da ação variável transitória excepcional
$H$	altura total do pilar (distância do topo à base)
$K$	coeficiente de flambagem
$L$	vão; distância; comprimento
$M$	reação de apoio – Momento Fletor ao longo do eixo z
$N_e$	força axial de flambagem elástica
$N_{c,Rd}$	força axial de compressão resistente de cálculo
$N_{c,Sd}$	força axial de compressão solicitante de cálculo
$N_{t,Rd}$	força axial de tração resistente de cálculo
$N_{t,Sd}$	força axial de tração solicitante de cálculo
$Q$	fator de redução total relacionado à flambagem local
$R_d$	esforço solicitante resistente de cálculo
$R_k$	esforço resistente nominal
$S_d$	esforço solicitante de cálculo
$S_{lim}$	deslocamentos limites da estrutura
$S_{ser}$	deslocamentos de serviço da estrutura

### Letras romanas minúsculas

$f_u$	resistência à ruptura do aço
$f_y$	valor da resistência ao escoamento do aço
$h$	altura construtiva
$h$	altura do andar
$r$	raio de giração
$S$	módulo

## Letras gregas

$\gamma_a, \gamma_{a1}, \gamma_{a2}$	coeficiente de ponderação da resistência do aço
$\gamma_{gi}$	coeficiente de ponderação das ações permanentes
$\gamma_q$	coeficientes de ponderação das ações variáveis
$\delta$	deslocamentos máximos
$\Theta$	ângulo entre esforços
$\lambda$	índice de esbeltez
$\psi_0$	fatores de combinação
$\psi_{0,ef}$	fatores de combinação efetivos
$\psi_1, \psi_2$	fatores de redução para ações variáveis
$\chi$	fator de redução associado à resistência de compressão

## **1 Introdução**

As estruturas metálicas espaciais de cobertura têm aspectos diferenciados de projeto quando comparadas às estruturas metálicas convencionais, como por exemplo, apresentam uma repartição de esforços mais favorável para a estabilidade e rigidez do conjunto. Além disso, a diminuição de esforços normais e momentos fletores nas barras da estrutura, assim como a supressão de elementos secundários (terças, travamentos, etc.) permitem uma redução significativa do peso, em comparação com as estruturas tradicionais. Em caso de colapso de um dos elementos da estrutura, o esforço solicitante automaticamente reparte-se entre os demais elementos do sistema estrutural. São deste modo, distintas das estruturas metálicas tradicionais, que se caracterizam por todos os elementos (terças, travamentos, etc.) resistirem independentemente aos esforços neles aplicados.

Existem diversos arranjos geométricos possíveis para as estruturas espaciais, cuja escolha está associada, entre outros fatores, às formas e dimensões do contorno, aos pontos de apoio e aos sistemas de conexões empregados.



## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

Ao longo do curso de Especialização em Estruturas adquiriu-se conhecimentos generalizados a respeito do dimensionamento de elementos estruturais metálicos segundo NBR8800:2008. Neste trabalho aplicam-se essas informações de maneira mais objetiva na análise numérica do comportamento estrutural de uma estrutura metálica treliçada tipo espacial e no dimensionamento das barras dessa estrutura e pilares de sustentação da mesma.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Realizar revisão bibliográfica sobre o tema estruturas metálicas treliçadas tipo espacial com abordagem em histórico, situação atual, tipos de estruturas espaciais reticuladas, elementos do sistema estrutural, projeto de treliças espaciais. Analisar o comportamento estrutural de uma cobertura metálica treliçada tipo espacial utilizando o programa SAP2000, dimensionar os elementos de barra da estrutura de cobertura e dimensionar os pilares de sustentação da mesma.

### 3 Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Histórico das Estruturas Espaciais

As estruturas reticuladas surgiram por volta do século XVIII. O conhecido Alexander Graham Bell, em meados de 1907, desenvolveu um reticulado espacial com elementos modulares tetraédricos. A estrutura era composta por barras de mesma dimensão ligadas entre si por um único tipo de conexão. (ver figura 1).

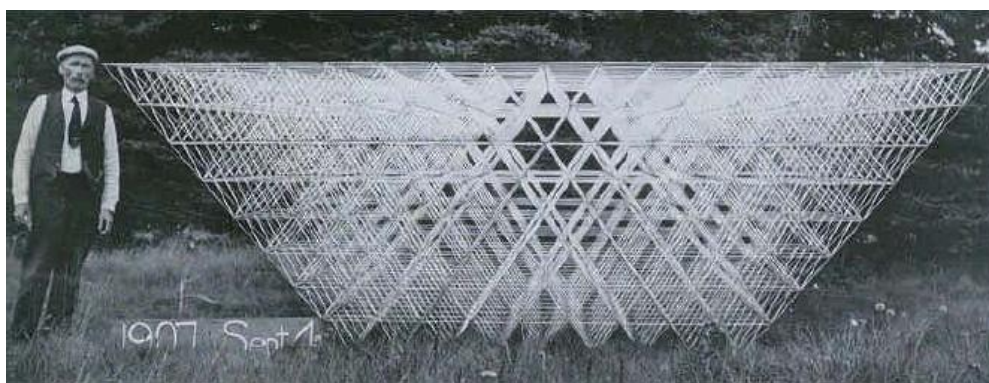


Figura 1: Estrutura espacial de Alexander Graham Bell  
Fonte: DU CHATEAU (1984).

Mais tarde, o engenheiro alemão August Foepppl tornou públicas suas ideias a respeito das malhas espaciais. Apesar da repercussão ainda não havia sido possível engrenar um avanço nas pesquisas e obter o sucesso esperado, em função das poucas alternativas de ligação das barras (na época eram somente parafusos e rebites), das dificuldades dos processos existentes de cálculo das estruturas espaciais e também da maior eficiência (sob as mesmas condições) das estruturas de concreto armado e da construção metálica com vigas de alma cheia. Podemos dizer que após o aperfeiçoamento da solda utilizada como elemento de ligação, entre 1930 e 1940, iniciou-se o desenvolvimento das estruturas de reticuladas.

Durante os anos de 1942 a 1943 uma equipe de colaboradores do engenheiro Max Mengerlinghausen desenvolveu um sistema, primeiramente chamado de Mengerlinghausen-Rohrbauweise, ou como atualmente é conhecido mundialmente MERO. Este sistema tem aplicação comercial, empregado em edifícios industriais, permite a ligação de até dezoito barras sem resultar em excentricidade na ligação. O sistema MERO obteve tanto sucesso e apresentou tantas vantagens, que acabou por induzir a produção de diversos outros

sistemas. Nos dias de hoje, temos dezenas de sistemas patenteados e de uso comercial ao redor do mundo a disposição dos interessados.

### 3.1.1 Situação Atual

No Brasil, no final dos anos 60, a construção do Centro de Exposições do Anhembi, na cidade de São Paulo, foi o marco da construção em treliça metálica espacial no Brasil. A estrutura existente conta com uma área de 62.500m<sup>2</sup>, composta por aproximadamente de 60.000 barras tubulares circulares de alumínio, resultando num peso total de cerca de 360 toneladas. (ver figura 2 e 3).



Figura 2: Estrutura em treliça metálica espacial do Centro de Exposições do Anhembi - SP  
Fonte: <http://www.anhembi.com.br>



Figura 3: Vista aérea do Centro de Exposições do Anhembi - SP  
Fonte: <http://eventoemfoco.files.wordpress.com/2009/04/parque-anhembi.jpg>

Em Brasília, no início da década de 80 as estruturas espaciais surgiram juntamente com a construção de obras que necessitavam de grandes vãos, como os Terminais Rodoviários.

Em 2006 foi inaugurado em Belo Horizonte o Centro de Feiras e Esposições George Norman Kutova – Expominas. No período de 2003 a 2006, o Expominas passou por uma grande reforma em que os dois pavilhões construídos em 1998, durante o governo de Eduardo Azeredo, deram lugar a novas instalações.

Segundo o site *Wikipédia*, foram necessárias aproximadamente 4.900 toneladas de aço para erguer o empreendimento. Recentemente o centro conta com 72 mil metros quadrados de área construída com área disponível para feiras e eventos de aproximadamente 27 mil metros quadrados (ver figuras 4 e 5).



Figura 4: Expominas – Centro de Convenções e Feiras  
Fonte: <http://minascentro.com.br/br/belohorizonte/index.php>

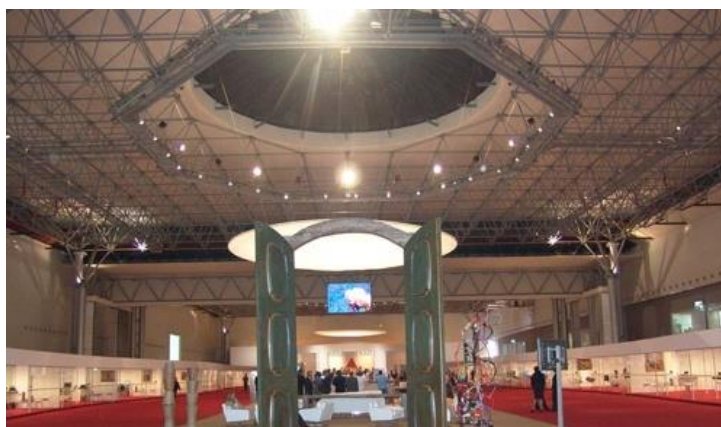


Figura 5: Pavilhão do Expominas durante o evento do Encontro do BID  
Fonte: <http://minascentro.com.br/br/belohorizonte/index.php>

Atualmente, o uso das estruturas espaciais está focado nas coberturas, apesar de haver registros do uso dessas estruturas em pontes e em pisos. Por conta da estética singular, as estruturas espaciais também são utilizadas em ornamentos de fachadas, sem finalidade estrutural. Verifica-se também a aplicação das mesmas como uma alternativa de estrutura auxiliar visando “esconder” instalações elétricas e de refrigeração em coberturas.

## **3.2 Estrutura Espacial Reticulada**

### **3.2.1 Treliças Espaciais Planas**

As treliças espaciais planas são formadas por uma ou mais camadas planas de barras. Estas barras são denominadas banzos, e as barras responsáveis pela ligação entre os diversos planos são denominadas diagonais. Os pontos de



encontro entre banzos e diagonais são denominados “nós” e neles são realizadas as conexões. Na figura 6 pode-se observar que as barras em vermelho são as diagonais, as em azul são os banzos inferiores e as em verde são denominados banzos superiores.

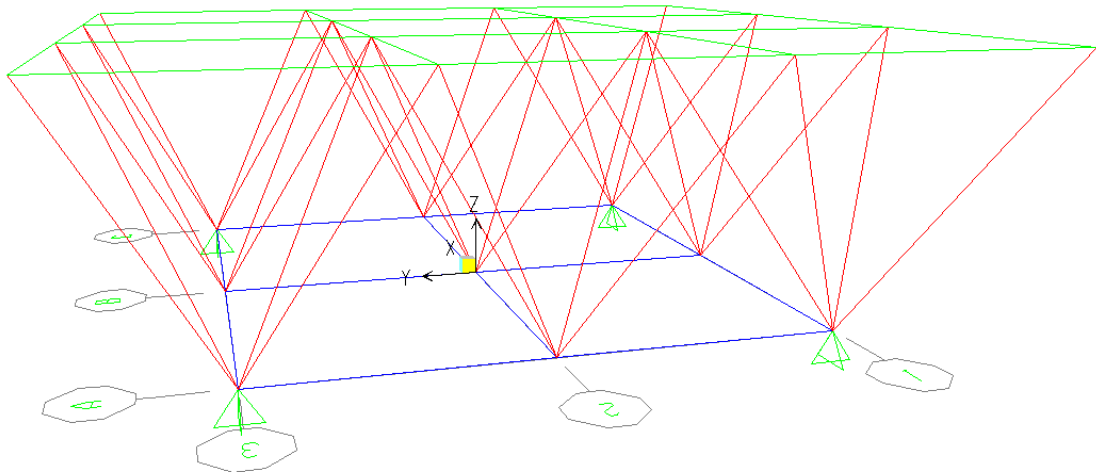


Figura 6: Elementos de uma Estrutura Espacial Plana  
Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

A FIGURA 7 apresenta estrutura espacial de cobertura da ABCZ e Uberaba, Minas Gerais, nela podemos distinguir cada elemento da treliça citado no parágrafo anterior.



Figura 7: Fotos da Cobertura de ABCZ - Uberaba - MG  
Fonte: <http://www.techneaco.com.br>

### 3.2.2 Estruturas Espaciais com Superfície Curva

São também denominados arcos Treliçados Espaciais. E são obtidos pelo arqueamento da treliça espacial plana ao longo de uma direção. O resultado é uma forma cilíndrica que pode ser constituída por uma ou mais camadas de banzo.

### 3.2.3 Cúpulas Treliçadas Espaciais

São treliças espaciais formada por uma ou mais camadas de banzos em forma de cúpula (ver figuras 8 e 9). A superfície de uma cúpula normalmente é parte de uma superfície única tal como uma esfera ou um parabolóide.

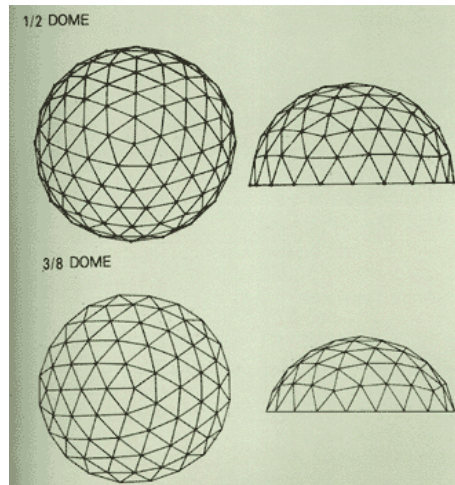


Figura 8: Cúpulas Esféricas

Fonte: [http://www.aluaco.com.br/images/padroes\\_formas02a.gif](http://www.aluaco.com.br/images/padroes_formas02a.gif)



Figura 9: Estrutura Espacial de curvatura Dupla – “Epcot”

Fonte: [http://www.themeparkreview.com/wedding/epcot/wdw\\_epcot02.jpg](http://www.themeparkreview.com/wedding/epcot/wdw_epcot02.jpg)

## 3.3 Sistema de Treliça Espacial

### 3.3.1 Material

Quanto ao material, os mais utilizados são o aço e o alumínio, sendo que o uso do alumínio vem caindo acentuadamente nos últimos anos devido ao elevado custo. Além disso, o aço resiste mais ao fogo, escoando a  $1.200^{\circ}\text{C}$ , quase o dobro da resistência do alumínio. No entanto, o alumínio é mais leve e resiste melhor em ambientes agressivos, como o litoral. O aço precisa de galvanização ou pintura, o que, em geral, é feito ainda na fábrica.

### 3.3.2 Barras

As barras podem ser diversos tipos de perfis, tais como perfis de seção transversal tubular circular e retangular, “I” soldados e laminados, cantoneiras, entre outros (ver figura 10). A escolha do perfil está ligada ao nível de solicitação da barra, ao sistema de conexão, à concepção arquitetônica, à finalidade da estrutura ou a alguma função que o perfil deverá exercer, por exemplo, suporte para fixação de telhas.

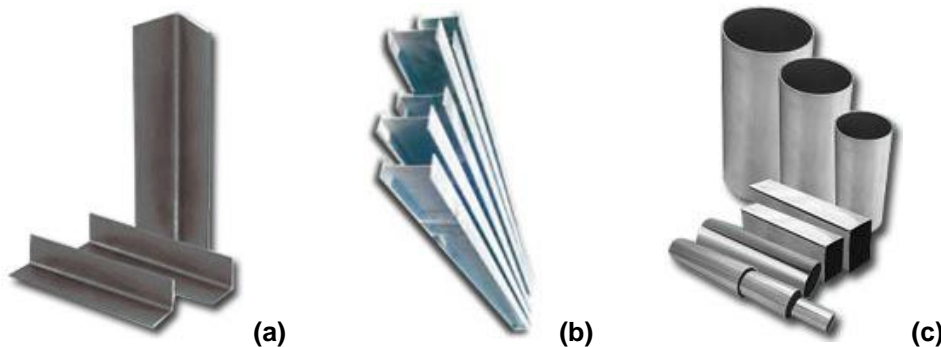


Figura 10: (a) Cantoneiras; (b) Perfis “I” soldados e laminados (c) perfis com seção transversal tubular circular e retangular

Fonte: <http://www.acocil.com.br>

### 3.3.3 Ligações

As ligações entre as barras de um reticulado espacial são um dos fatores que tem a maior influência na confiabilidade, no comportamento e no custo final de um sistema. A definição do sistema de ligação está diretamente ligada ao perfil, à quantidade e à disposição das barras que incidem no nó. Além disso, o nó deve representar, da maneira mais fiel possível, as hipóteses de cálculo adotadas. A maioria dos sistemas apresenta ligações parafusadas, pois as ligações soldadas possuem custo elevado e são de difícil execução em obra, podendo muitas vezes comprometer a eficiência da ligação. Abaixo estão descritos alguns tipos de ligações aplicadas às estruturas metálicas tipo espacial, são elas:

- Nó “amassado” ou nó Típico
- Nó com chapas de ponteira
- Nó de aço
- Ligações patenteadas: Ligação Cuenca e Mero
- Ligações combinadas

### 3.3.3.1 Nó “Amassado” ou Nó Típico

Neste sistema o nó é formado pela sobreposição das extremidades estampadas das barras unidas por um único parafuso e duas arruelas que confinam o conjunto (ver Figura 11).

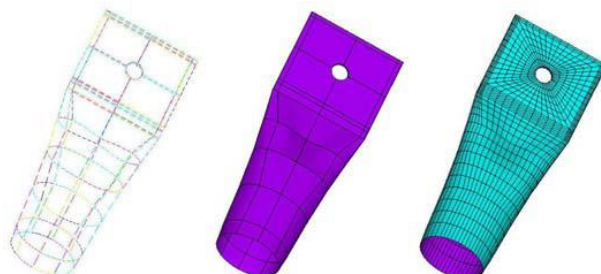


Figura 11: Modelagem da extremidade do banzo de um nó típico  
Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

Este tipo é o mais empregado no país, devido ao baixo custo de fabricação e montagem. Neste sistema as barras utilizadas são perfis de seção transversal tubular circular com as extremidades estampadas (ver Figura 12).

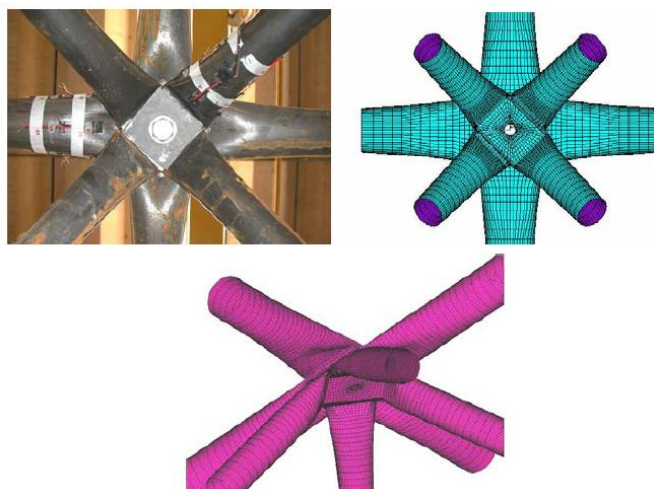


Figura 12: Nó típico central  
Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

O nó típico vem sendo alvo de uma série de pesquisas teóricas e experimentais na EESC-USP (Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo), motivadas por acidentes ocorridos em obras que utilizavam este sistema.

Segundo MAIOLA (1999), o nó típico constitui-se num detalhe limitado do ponto de vista estrutural, não explorando a capacidade das barras e induzindo a uma baixa rigidez da estrutura, tomando-se como parâmetro de comparação a treliça ideal em análise elástica de primeira ordem.



### 3.3.3.2 *Nó com chapas de ponteira*

Segundo SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007) este nó é constituído por duas chapas paralelas que são soldadas em abertura na extremidade do tubo, sem amassamento, conectadas aos nós com chapas de aço. Em nós com chapa de ponteira a variação de seção se dá devido ao uso de uma chapa de ponteira soldada na extremidade das barras. Assim, a geometria da região da extremidade do tubo é facilmente determinada (ver Figura 13).

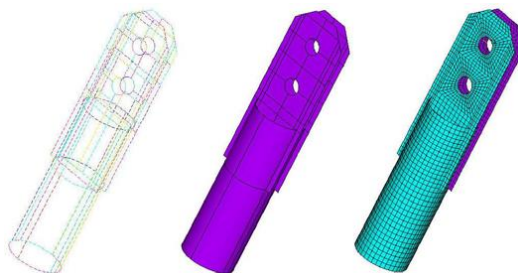


Figura 13: Modelagem da extremidade do banzo com chapa de ponteira  
Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

Segundo SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007) o nó com chapa de ponteira é semelhante ao nó de aço, porém as barras têm duas chapas paralelas soldadas em um rasgo na extremidade e conectadas a chapas de apoio por meio de parafusos (ver Figura 14).

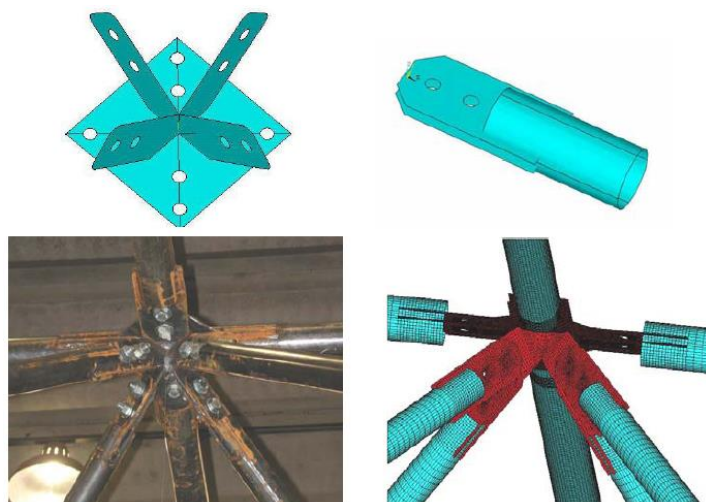


Figura 14: Nó com chapa de ponteira  
Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

### 3.3.3.3 *Nó de Aço*

Neste sistema as barras são conectadas por parafusos a um nó composto por chapas soldadas, sendo teoricamente possível eliminar as excentricidades. Estes nós apresentam um comportamento estrutural melhor que os anteriores,

são empregados em nas regiões de maiores esforços, mas o custo de produção é muito superior (ver figura 15).



Figura 15: Detalhe do Nó de Aço - Expominas - Belo Horizonte - MG  
Fonte: <http://www.techneaco.com.br>

No sistema de nó de aço todas as barras podem apresentar as extremidades estampadas ou na forma de ponteira. Segundo SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007) as barras apresentam variação de seção devido ao processo de estampagem ou amassamento das extremidades. A geometria da região amassada varia a depender do tipo de ferramenta utilizada e das dimensões do tubo, o que dificulta a determinação das propriedades geométricas destas seções (ver figura 16).

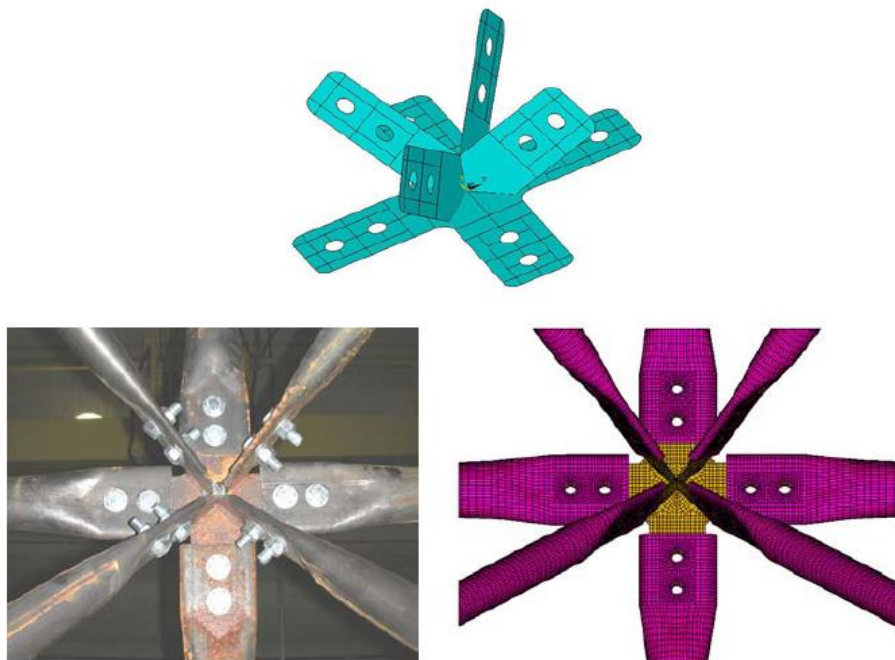


Figura 16: Nó de aço  
Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

### 3.3.3.4 *Ligações Patenteadas*

#### 3.3.3.4.1 *Ligação Cuenca*

Segundo FREITAS(2008) um sistema de ligação semelhante ao nó típico utilizado no Brasil é o nó de Cuenca (2002). Este sistema de ligação foi desenvolvido e utilizado por Cuenca (2002), em uma obra na Espanha de um ginásio de esportes. A cobertura do ginásio era composta por uma estrutura treliçada tridimensional geodesia com 2.800m<sup>2</sup> de área. Observe a planta e elevação na figura 17, e fotos do centro esportivo na figura 18. Note que os elementos da estrutura estão dispostos na parte externa com telhado interno.

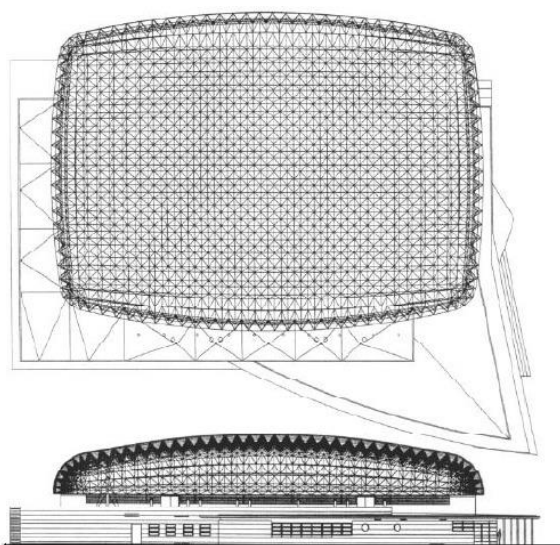


Figura 17: Planta e elevação do centro esportivo na Espanha (Cuenca, 2002)  
Fonte: FREITAS(2008)



Figura 18: Fotos do centro esportivo da Espanha (Cuenca, 202)  
Fonte: FREITAS(2008)

A figura 19 mostra os elementos da estrutura da cobertura, formada por banzos dispostos quadrados sobre quadrado e diagonais esconsas.



Figura 19: Elementos da estrutura espacial de Cuenca (2002)  
Fonte: FREITAS(2008)

A figura 20 mostra um detalhe da ligação dos elementos. Note que os elementos do banzo apresentam dimensões menores que os elementos das diagonais, a união das barras é feita por apenas um parafuso e foi colocada uma porca sextavada entre os banzos e as diagonais. Segundo Cuenca (2002) este sistema reduz a excentricidade deste modelo. Porém não foram encontrados estudos que comprovem e divulguem a eficiência deste sistema.

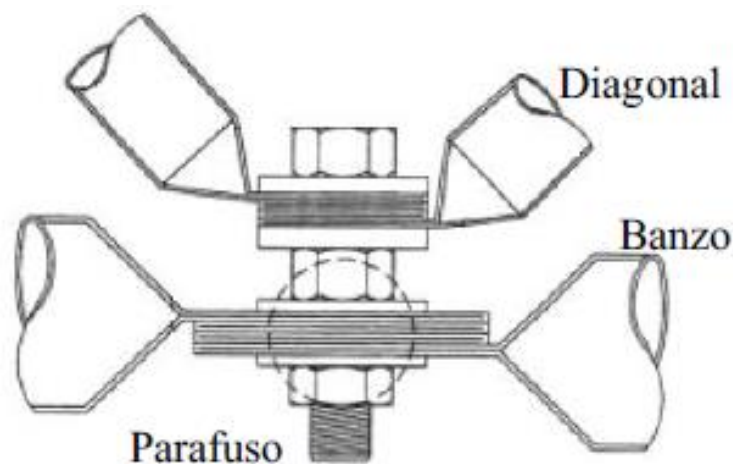


Figura 20: Detalhe construtivo da ligação de Cuenca (2002)  
Fonte: FREITAS(2008)



### 3.3.3.4.2 Mero

O sistema MERO é o sistema mais conhecido e de uso mais difundido em todo mundo. Consiste em barras de seção transversal tubular circular de aço com parafusos nas extremidades que são conectados a nós esféricos (ver figuras 21 e 22).

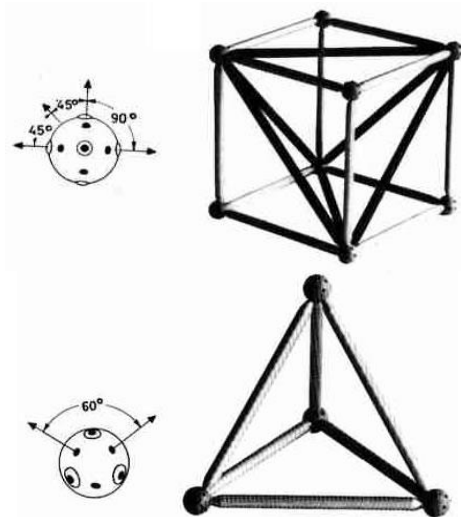


Figura 21: Sistema Mero

Fonte: [http://www.imageandart.com/tutoriales/morfologia/dcv/estructura/sistema\\_mero/primer\\_a\\_parte/index.html](http://www.imageandart.com/tutoriales/morfologia/dcv/estructura/sistema_mero/primer_a_parte/index.html)

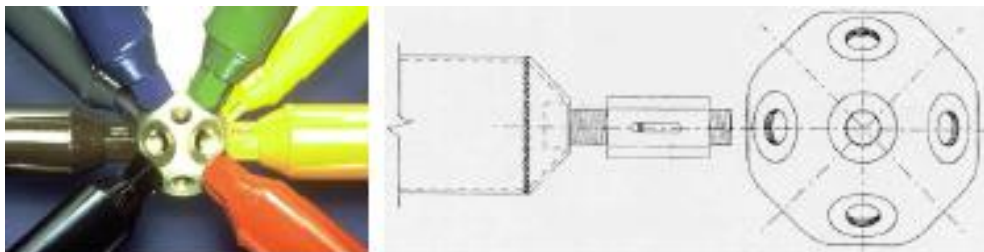


Figura 22: Sistema Mero

Fonte: SOUZA, A. N.; MALITE, M. (2005).

### 3.3.3.5 Ligações Combinadas

Os sistemas descritos anteriormente podem ser utilizados de maneira combinada, assim, é muito comum existirem na mesma estrutura nós típicos e nós de aço. A escolha pelo tipo de extremidade, na maioria das vezes, está ligada ao diâmetro e à espessura do tubo a ser conectado. Tubos de diâmetro e espessura elevados são difíceis de serem estampados, por isso opta-se pela execução de ponteiros, que constituem um detalhe de melhor desempenho estrutural. Salienta-se, que alguns fabricantes utilizam ponteiros para todos os diâmetros, não utilizando tubos estampados.

### **3.3.3.6 Problema de contato**

Segundo SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007) no caso do nó típico, as extremidades estampadas das barras que formam o nó têm a tendência a se separarem, o que é uma das causas do colapso deste tipo de ligação. No momento do colapso ocorre uma grande deformação das barras. Assim é necessária a utilização de elementos de contato entre as barras na região estampada, que envolve a determinação de diversos parâmetros como rigidez da superfície de contato, penetração entre os elementos, atrito entre as barras, entre outros. No caso da análise do nó de aço e do nó com chapa de ponteira, os elementos que compõem o nó não têm a tendência a se separarem e assim não existe penetração entre as superfícies modeladas. Desse modo, para estes nós não é necessário simular o problema de contato.

### **3.3.4 Arranjos Geométricos**

#### **3.3.4.1 Unidades Básicas**

As unidades básicas são os módulos dispostos lado a lado que formam as estruturas espaciais. Esses módulos se apresentam de diversas formas, as mais empregadas são a tetraédrica, a cúbica e a octaédrica, por terem melhor adequação às treliças espaciais planas. Procura-se otimizar a configuração das barras nos arranjos, de tal maneira que a resistência da treliça seja aumentada.

#### **3.3.4.2 Configuração dos Arranjos Geométricos**

Os arranjos geométricos estão diretamente ligados à distribuição de tensões nas barras. As formas geométricas ditas ótimas são aquelas que permitem uma distribuição de tensões uniforme. São citados a seguir alguns fatores que influenciam na escolha do arranjo geométrico mais adequado à determinada situação:

- Quantidade e posição dos apoios;
- Layout em planta da edificação;
- Custos dos nós;
- Técnicas de montagem içamento.

A determinação do arranjo deve ser estudada também levando em consideração o número de barras e o número de nós (representa 25% a 75% do custo da

treliça). Além disso, devemos atentar à densidade das barras na estrutura, se utilizarmos valores baixos teremos uma redução no consumo de material, no número de nós e no custo da montagem. As barras tracionadas da estrutura serão mais longas já as comprimidas serão curtas.

Estão citados abaixo alguns arranjos mais utilizados e também mais estudados em pesquisas teóricas e experimentais.

- Arranjo Quadrado sobre quadrado com defasagem de meio módulo: tem como unidade básica um tetraedro de forma piramidal que se repete ao longo de toda estrutura; é o mais empregado e estudado (ver figura 23).

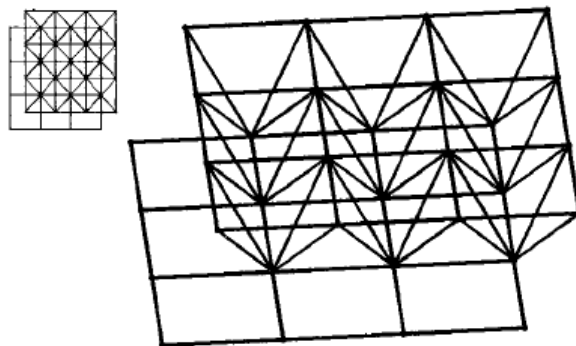


Figura 23: Arranjo Quadrado sobre quadrado com defasagem de meio módulo  
Fonte: SOUZA, A. N.; MALITE, M. (2005).

- Arranjo Quadrado diagonal sobre quadrado diagonal com defasagem de meio módulo: é uma variação do arranjo anteriormente descrito considerando ângulo de  $45^\circ$  de inclinação dos banzos (ver figura 24).

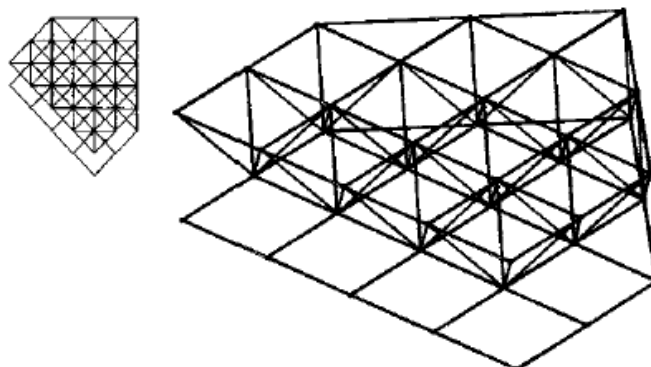


Figura 24: Arranjo Quadrado diagonal sobre quadrado diagonal com defasagem de meio módulo  
Fonte: SOUZA, A. N.; MALITE, M. (2005).

- Arranjo quadrado reduzido sobre quadrado diagonal: é uma combinação dos dois arranjos anteriormente citados. As barras do banzo inferior em

diagonal apresentam a mesma dimensão da diagonal do quadrado do banzo superior (ver figura 25).

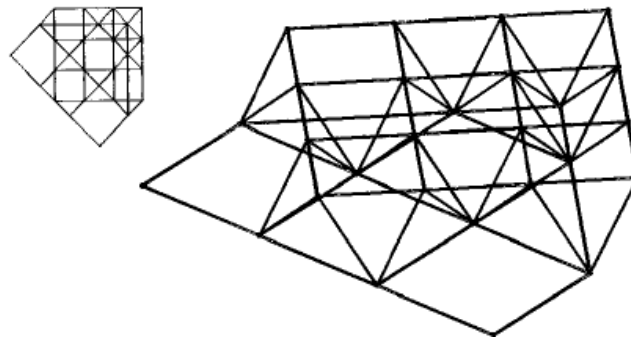


Figura 25: Arranjo Quadrado diagonal sobre quadrado diagonal com defasagem de meio módulo

Fonte: SOUZA, A. N.; MALITE, M. (2005).

### 3.3.5 Apoios

Vínculos são elementos que impedem o deslocamento de pontos das peças, introduzindo esforços nesses pontos correspondentes aos deslocamentos impedidos. Os deslocamentos podem ser de translação ou de rotação. A disposição, a quantidade e as restrições impostas pelos apoios interferem diretamente no comportamento das estruturas espaciais planas. Os dois primeiros itens definem as dimensões dos vãos livres e balanços. As restrições podem ser translacionais verticais e horizontais, rotacionais, parciais ou totais. (ver figura 26).

Existem diversas formas, serão citadas as mais utilizadas atualmente bem como suas características (ver figura 27):

- Apoios no banzo inferior: tomam os apoios mais simples; evitam interferências; são mais utilizados;
- Apoios no banzo superior: são menos utilizados por haver possibilidade de interferência nas entre as diagonais da treliça e a seção do pilar; são aplicados geralmente quando a locação do pilar coincide com a modulação do banzo superior;
- Apoios de tipo “pé de galinha”: ponto de apoio está abaixo do nível do banzo inferior sendo esta ligação feita por meio de diagonais auxiliares; geralmente ocorre em três casos: projeto arquitetônico; diminuição do vão livre entre apoios; falta de coincidência da modulação do banzo inferior com o apoio.



- Apoio do tipo “engaste”: as barras se apóiam em mais de um nível do pilar; ocorre com menos freqüência por apresentar interferência entre as barras e o pilar; utilizados em treliças com mais de uma camada.

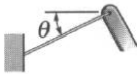
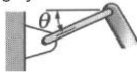

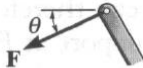
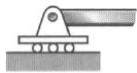
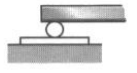
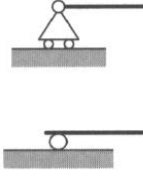
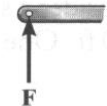




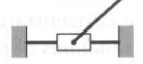
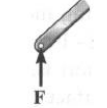
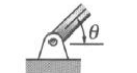
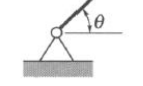
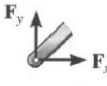

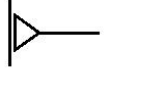
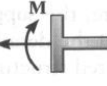
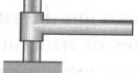
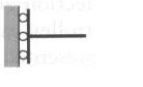

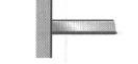

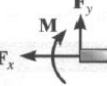
Tipo de Vínculo	Símbolo	Reações
Cabo  Ligação esbelta 		
Roletes  		
Rótula 		
Luva com articulação 		
Articulação 		
Apoio deslizante 		
Luva rígida 		
Apoio rígido (engaste) 		

Figura 26: Tipos de restrições  
 Fonte: Apostila de Análise Estrutural I - 2009

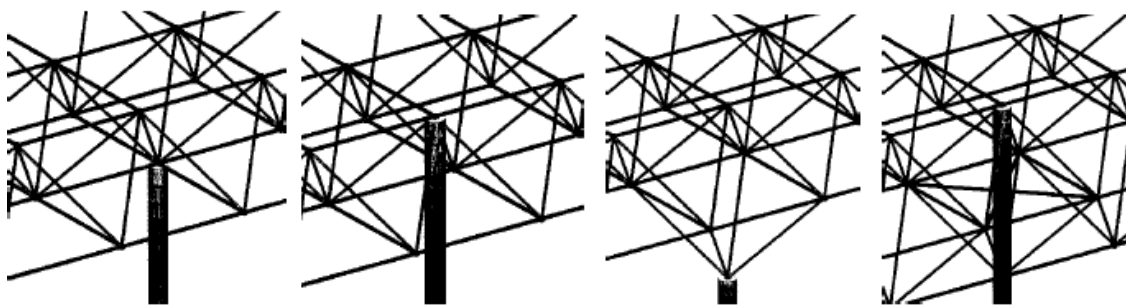


Figura 27: Tipos de apoios mais empregados em estruturas espaciais planas - Apoios: no banzo inferior, no banzo superior, tipo “pé-de-galinha” e tipo “engaste”.

Fonte: SOUZA, A. N.; MALITE, M. (2005).

### 3.3.6 Princípios de Montagem

Serão apresentados três tipos de métodos construtivos para estruturas espaciais bem como suas características e aplicações. São eles: Montagem “in loco”, Método “lift-slab” e Combinação de métodos.

#### 3.3.6.1 Montagem “in loco”

Com auxílio de andaimes móveis os componentes da estrutura (barras e nós) são montados diretamente na posição definitiva. É indicado para obras que não apresentam possibilidade de emprego de máquinas pesadas de carga, ou em casos de oferta abundante de mão de obra não especializada.

#### 3.3.6.2 Método “lift-slab”

Este método é indicado para obras que apresentam grandes superfícies concretadas que possibilitam primeiramente montar os elementos da malha no chão e em seguida, com ajuda de máquinas de levantamento, erguê-los até sua posição definitiva (ver figuras 28 e 29).



Figura 28: Fotos das Etapas do Método “lift-slab” - Expominas - Belo Horizonte - MG

Fonte: <http://www.techneaco.com.br>



Figura 29: Fotos Panorâmica - Expominas - Belo Horizonte - MG  
Fonte: <http://www.techneaco.com.br>

### **3.3.6.3 Combinação dos Métodos Anteriores**

É indicado quando a obra apresentar limitações quanto às áreas concretadas e à capacidade de elevação dos equipamentos disponíveis.

## **3.4 Projeto de Treliças Espaciais**

### **3.4.1 Critérios de Planejamento**

Na elaboração de um projeto com estruturas espaciais deve-se levar em consideração alguns critérios básicos para chegar a uma solução ótima em termos arquitetônicos, técnicos e também econômicos.

### **3.4.2 Sistema Geométrico**

Para se escolher a configuração geométrica da estrutura é necessário primeiramente elaborar o projeto arquitetônico básico. Este estudo deverá ser desenvolvido por um engenheiro especialista em análise estrutural visando assegurar uma proporção ideal entre o módulo e a altura construtiva, levando em consideração o tamanho dos vãos, as cargas atuantes e a posição dos apoios.

### **3.4.3 Regras Básicas**

- À medida que crescem as dimensões da unidade modular, maior é a economicidade;
- Considerar a capacidade das barras;
- A altura construtiva normal da estrutura é obtida pela multiplicação do módulo básico pelo fator 0,707.

Esses critérios resultam em barras de comprimentos iguais nos banzos inferiores, superiores e diagonais.

Há casos em que determinada altura não poderá ser ultrapassada. Para tal problema a solução econômica viável é uma redução da altura construtiva do sistema. É possível variar a altura construtiva da estrutura de um mínimo de 0,3 a 0,4 vezes o módulo, com altura mínima, até uma altura construtiva de aproximadamente 1,1 vezes as dimensões do módulo. (Ver Tabela 1 e figura 30).

Tabela 1: Relação – Vão x Módulo x Altura Construtiva

Vão (m)	Módulo = s (m)	Altura Construtiva = h (m)
< 15,0	2,0 – 3,0	1,0 até 1,5
15,0 – 27,50	2,4 – 3,0	1,5 – 2,1
27,5 – 36,0	3,0 – 3,6	2,1 – 2,5
36,0 – 50,5	3,0 – 4,8	2,5 – 4,0
50,5 – 100,0	4,0 – 6,0	3,6 – 4,8

Fonte: “Estruturas Espaciais para coberturas” – Techneação Engenharia Ltda.

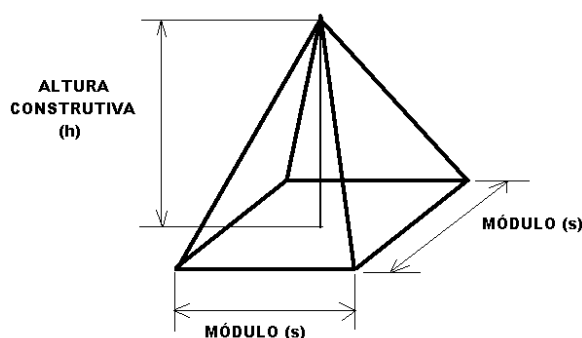


Figura 30: Relação – Vão x Módulo x Altura Construtiva  
Fonte: “Estruturas Espaciais para coberturas” – Techneação Engenharia Ltda.

#### 3.4.4 Estrutura secundária

A estrutura secundária é responsável pela sustentação dos elementos de vedação de cobertura e de fechamento, e consequente distribuição dos esforços provenientes destas vedações diretamente nos nós da treliça espacial, considerada estrutura principal. Os elementos de estrutura secundária são: terças, montantes, longarinas e suportes (ver figura 31).

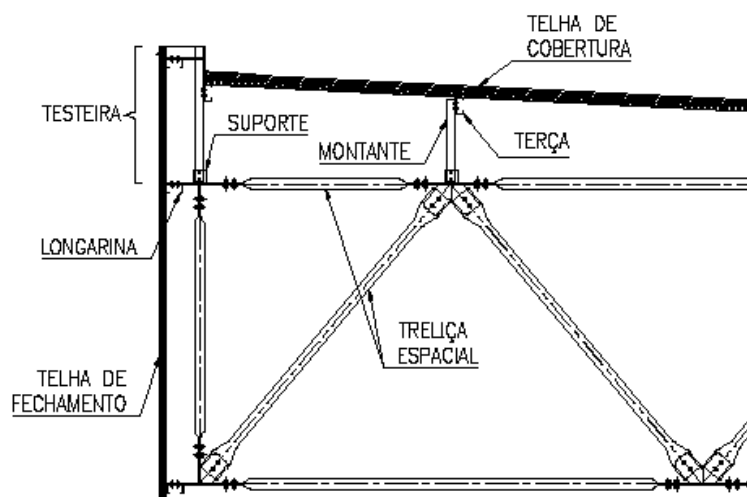


Figura 31: elementos de estrutura secundária  
 Fonte: SOUZA, A. N.; MALITE, M. (2005).

Os materiais mais utilizados no Brasil nestes elementos são geralmente perfis formados a frio (cantoneiras, perfis “U” e perfis “Z”) ou perfis extrudados de alumínio (cantoneiras e perfis “U”).

Algumas estruturas não apresentam estrutura secundária, pois os elementos de vedação são fixados diretamente sobre a estrutura principal (ver figura a seguir). Isso acarreta um descarregamento não só nos nós da treliça, ou seja, mas também ao longo das barras, resultando na redução da resistência das mesmas, pois elas estarão submetidas a esforços normais e de flexão.

### 3.5 Dimensionamento Elementos de Barra

#### 3.5.1 Ações

Segundo a NBR8800:2008 na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a estrutura, levando-se em conta os estados-limites últimos e de serviço. As ações a considerar classificam-se, de acordo com a ABNT NBR 8681, em permanente, variáveis e excepcionais.

##### 3.5.1.1 Ações Permanentes

Segundo a NBR8800:2008 as ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida útil da construção. Também são consideradas permanentes as ações que crescem no tempo, tendendo a um valor-limite constante. As ações permanentes são subdivididas em diretas e

indiretas e devem ser consideradas com seus valores representativos mais desfavoráveis para a segurança.

#### **3.5.1.2 Ações Variáveis**

Segundo a NBR8800:2008 as ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante a vida útil da construção. As ações variáveis comumente existentes são causadas pelo uso e ocupação da edificação (NBR7188:1982), como as ações decorrentes de sobrecargas em pisos e coberturas, de equipamentos e de divisórias moveis, de pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas; pela ação do vento (NBR6123:1988) e pela variação da temperatura da estrutura

#### **3.5.1.3 Ações excepcionais**

Segundo a NBR8800:2008 as ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e probabilidade muito baixa de ocorrência durante a vida da construção, mas que devem ser consideradas nos projetos de determinadas estruturas. São ações excepcionais aquelas decorrentes de causas como explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes e sismos excepcionais.

### **3.5.2 Método dos Estados-Limites**

Segundo FAKURY (2008) o método dos Estados-Limites utiliza uma sistemática de dimensionamento na qual a estrutura de uma edificação é verificada em várias situações extremas, caracterizadas pelos chamados estados-limites últimos e estados-limites de serviço.

### **3.5.3 Estado Limite Último**

#### **3.5.3.1 Definição**

Segundo FAKURY (2008) os estados-limites últimos são aqueles relacionados com a segurança. A ocorrência desse tipo de estado-limite significa sempre colapso estrutural, total ou parcial. Alguns estados-limites últimos frequentes nas estruturas de aço são, por exemplo: ruptura por tração; escoamento por tração ou por compressão; instabilidade por compressão ou por flexão; hipostaticidade devida à formação de uma ou mais rótulas plásticas.

### 3.5.3.2 *Condição de Dimensionamento*

Segundo FAKURY (2008) na verificação de um estado-limite último, o dimensionamento é considerado satisfatório se for atendida a relação  $S_d \leq R_d$  onde  $S_d$  é o esforço solicitante de cálculo que causa o estado-limite e  $R_d$  o esforço solicitante resistente de cálculo para esse mesmo estado-limite (algumas vezes, os esforços solicitantes, de cálculo e resistente, são substituídos por tensões, normais ou de cisalhamento, para facilitar a abordagem de algum estado-limite particular).

Segundo FAKURY (2008) em algumas situações específicas, um estado-limite último pode ser causado simultaneamente por mais de um esforço solicitante, como por exemplo, na flexão composta, onde uma força axial de compressão e um momento fletor podem provocar em conjunto a instabilidade de uma barra. Nessas situações, são empregadas expressões de interação do tipo:

$$\left(\frac{S_{d,1}}{R_{d,1}}\right) + \left(\frac{S_{d,2}}{R_{d,2}}\right) + \dots + \left(\frac{S_{d,n-1}}{R_{d,n-1}}\right) + \left(\frac{S_{d,n}}{R_{d,n}}\right) \leq 1,0$$

onde  $S_{d,1}$  a  $S_{d,n}$  são os  $n$  esforços solicitantes de cálculo que em conjunto provocaram o estado-limite último e  $R_{d,1}$  a  $R_{d,n}$  os respectivos esforços resistentes de cálculo.

### 3.5.3.3 *Determinação dos esforços resistentes de cálculo*

Segundo FAKURY (2008) os esforços resistentes de cálculo  $R_d$  são dados pela expressão:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_a}$$

onde  $\gamma_a$  é o coeficiente de ponderação da resistência do aço e  $R_k$  é o esforço resistente nominal para o estado-limite último em consideração.

A redução de  $R_k$  ocorre devido à variabilidade das propriedades mecânicas do aço, e ainda devida à incertezas relativas ao comportamento das peças no colapso, à execução da estrutura, às dimensões das seções transversais das peças, etc.  $\gamma_a$  será igual à 1,10 quando for aplicável aos estados-limites últimos relacionados ao escoamento e à flambagem. Quando for aplicável aos estados-limites relacionados à ruptura  $\gamma_a$  será igual 1,35.

### 3.5.3.4 Determinação dos esforços solicitantes de cálculo

Segundo NBR8800:2008 os esforços solicitantes de cálculo  $S_d$  são definidos pela combinação de ações que têm probabilidades não desprezáveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período preestabelecido. A combinação das ações deve ser feita de forma que possam ser determinados os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura; a verificação dos estados-limites últimos e dos estados-limites de serviço deve ser realizada em função de combinações últimas e combinações de serviço, respectivamente. Uma combinação última de ações pode ser classificada em normal, especial, de construção e excepcional.

#### 3.5.3.4.1 Combinações Últimas Normais

Segundo a NBR8800:2008 As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação. Devem ser consideradas tantas combinações de ações quantas forem necessárias para verificação das condições de segurança em relação a todos os estados-limites últimos aplicáveis. Em cada combinação devem estar incluídas as ações permanentes e a ação variável principal, com seus valores característicos e as demais ações variáveis, consideradas secundárias, com seus valores reduzidos de combinação. Para cada combinação aplica-se a seguinte expressão:

$$\sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{oj} F_{Qj,k})$$

onde  $\gamma_{gi}$  são os coeficientes de ponderação das ações permanentes dados na Tabela 3;  $F_{Gi,k}$  são os valores característicos das ações permanentes;  $\gamma_{q1}$  é o coeficiente de ponderação da ação variável principal dado pela Tabela 3;  $F_{Q1,k}$  é o valor característico da ação variável considerada como principal na combinação;  $\gamma_{qj}$  são os coeficientes de ponderação das ações variáveis secundárias dados pela Tabela 3;  $\psi_{oj}$  são fatores de combinação dados pela Tabela 2;  $F_{Qj,k}$  são os valores característicos das demais ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a variável principal.



Tabela 2: Valores dos coeficientes de ponderação das ações  $\gamma_f = \gamma_{f1} \gamma_{f3}$

Combinações	Ações permanentes ( $\gamma_g$ ) <sup>a) c)</sup>					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)
	Ações variáveis ( $\gamma_q$ ) <sup>a) d)</sup>					
	Efeito da temperatura <sup>b)</sup>	Ação do vento	Ações truncadas <sup>e)</sup>	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação		
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50		
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30		
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00		

a) Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não devem ser incluídas nas combinações.

b) O efeito de temperatura citado não inclui o gerado por equipamentos, o qual deve ser considerado ação decorrente do uso e ocupação da edificação.

c) Nas combinações normais, as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,35 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m<sup>2</sup>, ou 1,40 quando isso não ocorrer. Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,25 e 1,30, e nas combinações excepcionais, 1,15 e 1,20.

d) Nas combinações normais, se as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança forem agrupadas, as ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas também todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,50 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m<sup>2</sup>, ou 1,40 quando isso não ocorrer (mesmo nesse caso, o efeito da temperatura pode ser considerado isoladamente, com o seu próprio coeficiente de ponderação). Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,30 e 1,20, e nas combinações excepcionais, sempre 1,00.

e) Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a este valor-limite.

Fonte: NBR 8800:2008 (item 4.7.6.1 – página 18).

Tabela 3: Valores dos fatores de combinação  $\psi_0$  e de redução  $\psi_1$  e  $\psi_2$  para as ações variáveis

Ações		$\gamma_{f2}$ <sup>a)</sup>		
		$\psi_0$	$\psi_1$ <sup>d)</sup>	$\psi_2$ <sup>e)</sup>
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <sup>b)</sup>	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas <sup>c)</sup>	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas (ver B.5.1)	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Vigas de rolamento de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4
<sup>a)</sup> Ver alínea c) de 4.7.5.3. <sup>b)</sup> Edificações residenciais de acesso restrito. <sup>c)</sup> Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público. <sup>d)</sup> Para estado-limite de fadiga (ver Anexo K), usar $\psi_1$ igual a 1,0. <sup>e)</sup> Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para $\psi_2$ o valor zero.				

Fonte: NBR 8800:2008 (item 4.7.6.1 – página 19).

### 3.5.3.4.2 Combinações Últimas Especiais

Segundo a NBR8800:2008 as combinações últimas especiais decorrem da atuação de ações variáveis de natureza ou intensidade especial, cujos efeitos superam em intensidade os efeitos produzidos pelas ações consideradas nas combinações normais. Os carregamentos especiais são transitórios, com duração muito pequena em relação ao período de vida útil da estrutura. A cada carregamento especial corresponde uma única combinação última especial de ações aplicando a seguinte expressão:

$$\sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{oj,ef} F_{Qj,k})$$

onde  $F_{Q1,k}$  é o valor característico da ação variável especial;  $\psi_{oj,ef}$  representa os fatores de combinação efetivos de cada uma das ações variáveis  $F_{Qj,k}$  que podem atuar concomitante com a ação variável especial  $F_{Q1,k}$ .

### 3.5.3.4.3 Combinações Últimas de Construção

Segundo NBR8800:2008 as combinações últimas de construção devem ser levadas em conta nas estruturas em que haja riscos de ocorrência de estados-limites últimos, já durante a fase de construção. O carregamento de construção é transitório e sua duração deve ser definida em cada caso particular. Devem ser consideradas tantas combinações de ações quantas sejam necessárias para verificação das condições de segurança em relação a todos os estados-limites últimos que são de se temer durante a fase de construção. Para cada combinação aplica-se a expressão dada em 3.5.3.4.2 onde  $F_{Q1,k}$  é o valor característico da ação variável admitida como principal para a situação transitória considerada.

### 3.5.3.4.4 Combinações Últimas Excepcionais

Segundo NBR800:2008 as combinações últimas excepcionais decorrem da atuação de ações excepcionais que podem provocar efeitos catastróficos. As ações excepcionais somente devem ser consideradas no projeto de estrutura de determinados tipos de construção, nos quais essas ações não possam ser desprezadas e que, além disso, na concepção estrutural, não possam ser tomadas medidas que anulem a gravidade das conseqüências dos seus efeitos. O carregamento excepcional é transitório, com duração extremamente curta. A cada carregamento excepcional corresponde uma única combinação última excepcional de ações. Aplica-se a seguinte expressão

$$\sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + \sum_{j=1}^n (\gamma_{qj} \Psi_{oj,ef} F_{Qj,k})$$

onde  $F_{Q,exc}$  é o valor da ação transitória excepcional.

## 3.5.4 Estado Limite de Serviço

### 3.5.4.1 Definição

Segundo FAKURY (2008) os estados-limites de serviço são aqueles relacionados à capacidade da estrutura de desempenhar satisfatoriamente as funções às quais se destina. A ocorrência desse tipo de estado-limite pode prejudicar a aparência, a funcionalidade e o conforto dos ocupantes de um edifício, bem como causar danos a equipamentos e a materiais de acabamento.

### 3.5.4.2 Condições de Dimensionamento

Segundo FAKURY (2008) de modo geral, para que não ocorram os estados-limites de serviço deve-se atender a seguinte relação:

$$S_{ser} \leq S_{lim}$$

onde  $S_{ser}$  representa os valores dos efeitos estruturais de interesse, obtidos com base nas combinações de serviço das ações descritas a seguir.  $S_{lim}$  representa os valores-limites adotados para esses efeitos fornecidos pela tabela 04.

Certos deslocamentos da estrutura não podem superar valores máximos requeridos estabelecidos pela NBR8800 (tabela 04) com base em experiências pregressas.

### 3.5.4.3 Determinação dos deslocamentos da estrutura

Segundo FAKURY (2008) os deslocamentos de uma estrutura, para efeito de verificação dos estados-limites de serviço, devem ser determinados com base em combinações de ações de serviço. Essas combinações, de acordo com seu período de atuação sobre a estrutura, são classificadas em quase permanentes, frequentes e raras.

#### 3.5.4.3.1 Combinações quase permanentes de serviço

Segundo a NBR8800:2008 as combinações quase permanentes são aquelas que podem atuar durante grande parte do período de vida da estrutura, da ordem da metade desse período. Essas combinações são utilizadas para os efeitos de longa duração e para a aparência da construção. Nas combinações quase permanentes, todas as ações variáveis são consideradas com seus valores quase permanentes  $\psi_2 F_{Q,k}$ :

$$\sum_{i=1}^m (F_{G_i,k}) + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} F_{Q_j,k})$$

#### 3.5.4.3.2 Combinações frequentes de serviço

Segundo a NBR8800:2008 as combinações frequentes são aquelas que se repetem muitas vezes durante o período de vida da estrutura, da ordem da  $10^5$  vezes em 50 anos, ou que tenham duração total igual a uma parte não desprezível desse período, da ordem de 5%. Essas combinações são utilizadas

para os estados-limites reversíveis, isto é, que não causam danos permanentes à estrutura ou a outros componentes da construção, incluindo os relacionados o conforto dos usuários e ao funcionamento de equipamentos. Nas combinações frequentes, a ação variável principal  $F_{Q1}$  é tomada com seu valor freqüente  $\psi_1 F_{Q1,k}$  e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores quase permanentes  $\psi_2 F_{Qj,k}$ :

$$\sum_{i=1}^m (F_{Gi,k}) + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$

#### 3.5.4.3.3 Combinações raras de serviço

Segundo a NBR8800:2008 as combinações raras são aquelas que podem atuar no máximo algumas horas durante o período de vida da estrutura. Essas combinações são utilizadas para os estados-limites irreversíveis, isto é, que causam danos permanentes à estrutura ou a outros componentes da construção. Na expressão aplicada a esse caso a ação variável principal  $F_{Q1}$  é tomada com seu valor característico  $F_{Q1,k}$  e todas as demais ações variáveis são tomadas com seus valores freqüentes  $\psi_1 F_{Qj,k}$ .

$$\sum_{i=1}^m (F_{Gi,k}) + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} F_{Qj,k})$$

#### 3.5.4.4 Deslocamentos admissíveis

Segundo NBR8800:2008 os deslocamentos admissíveis ou deslocamentos máximos devem ser entendidos como valores práticos a serem utilizados para verificações do estado-limite de serviço de deslocamento excessivos da estrutura. Os valores dos deslocamentos apresentados na Tabela 4 são valores máximos requeridos para situações usuais nas construções.

Tabela 4: Deslocamentos Máximos

Descrição	$\delta$ <sup>a)</sup>
- Travessas de fechamento	$L/180$ <sup>b)</sup>
	$L/120$ <sup>c) d)</sup>
- Terças de cobertura <sup>g)</sup>	$L/180$ <sup>e)</sup>
	$L/120$ <sup>f)</sup>
- Vigas de cobertura <sup>g)</sup>	$L/250$ <sup>h)</sup>
- Vigas de piso	$L/350$ <sup>h)</sup>
- Vigas que suportam pilares	$L/500$ <sup>h)</sup>
Vigas de rolamento: <sup>i)</sup> - Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN - Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas - Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN - Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas - Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600$ <sup>i)</sup> $L/800$ <sup>i)</sup> $L/1000$ <sup>i)</sup> $L/400$ $L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento: - Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base - Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/300$ $H/400$ <sup>k) l)</sup>
Edifícios de dois ou mais pavimentos: - Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base - Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	$H/400$ $h/500$ <sup>m)</sup>
Lajes mistas	Ver Anexo Q
<sup>a)</sup> $L$ é o vão teórico entre apoios ou o dobro do comprimento teórico do balanço, $H$ é a altura total do pilar (distância do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base, $h$ é a altura do andar (distância entre centros das vigas de dois pisos consecutivos ou entre centros das vigas e a base no caso do primeiro andar). <sup>b)</sup> Deslocamento paralelo ao plano do fechamento (entre linhas de tirantes, caso estes existam). <sup>c)</sup> Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento. <sup>d)</sup> Considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento) com seu valor característico. <sup>e)</sup> Considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente. <sup>f)</sup> Considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente (vento de sucção) com seu valor característico. <sup>g)</sup> Deve-se também evitar a ocorrência de empoçamento, com atenção especial aos telhados de pequena declividade. <sup>h)</sup> Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não deve exceder a 15 mm. <sup>i)</sup> Valor não majorado pelo coeficiente de impacto. <sup>j)</sup> Considerar combinações raras de serviço. <sup>k)</sup> No caso de pontes rolantes siderúrgicas, o deslocamento também não pode ser superior a 50 mm. <sup>l)</sup> O diferencial do deslocamento horizontal entre pilares do pórtico que suportam as vigas de rolamento não pode superar 15 mm. <sup>m)</sup> Tomar apenas o deslocamento provocado pelas forças cortantes no andar considerado, desprezando-se os deslocamentos de corpo rígido provocados pelas deformações axiais dos pilares e vigas.	

Fonte: NBR 8800:2008 (Anexo C – página 117).

### 3.5.5 Barras Tracionadas em Seção Tubular Circular

#### 3.5.5.1 Verificação dos estados-limites últimos

Segundo FAKURY (2008) no dimensionamento aos estados-limites últimos de uma barra submetida à força axial de tração, deve ser satisfeita a seguinte relação:

$$N_{t,Sd} \leq N_{t,Rd}$$

onde  $N_{t,Sd}$  é a força axial de tração solicitante de cálculo, obtida com a combinação de ações de cálculo apropriada, e  $N_{t,Rd}$  a força axial de tração resistente de cálculo.

Segundo FAKURY (2008) para o estado-limite de escoamento da seção bruta, tem-se que:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

onde  $A_g$  é área bruta;  $f_y$  é o valor da resistência ao escoamento do aço;  $\gamma_{a1}$  o coeficiente de ponderação da resistência, igual a 1,10. O produto  $A_g f_y$  é a força axial resistente nominal.

Segundo FAKURY (2008) para o estado-limite de ruptura da seção líquida, tem-se que:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}}$$

onde  $A_e$  é a área líquida efetiva;  $f_u$  é a resistência à ruptura do aço e  $\gamma_{a2}$  o coeficiente de ponderação da resistência, igual a 1,35. O produto  $A_e f_u$  é a força axial resistente nominal.

### **3.5.5.2 Verificação do Índice de Esbeltez**

Segundo FAKURY (2008) recomenda-se que o índice de esbeltez  $\lambda$  das barras tracionadas, tomado como a maior relação entre o comprimento destravado  $L$  e o raio de giração  $r$  correspondente, não supere 300.

$$\lambda = \frac{L}{r} < 300$$

## **3.5.6 Barras Comprimidas em Seção Tubular Circular**

### **3.5.6.1 Verificação aos estados-limites últimos**

Segundo FAKURY (2008) no dimensionamento aos estados-limites últimos de uma barra submetida à força axial de compressão, deve ser satisfeita a seguinte relação:

$$N_{c,Sd} \leq N_{c,Rd}$$

onde  $N_{c,Ed}$  é a força axial de compressão solicitante de cálculo, obtida com a combinação de ações de cálculo apropriada, e  $N_{c,Rd}$  a força axial de compressão resistente de cálculo.

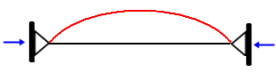
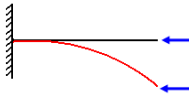
### 3.5.6.1.1 Valor da Força Axial de Flambagem Elástica

#### Flambagem Elástica por Flexão

Segundo FAKURY (2008) quando a força axial de compressão em uma barra de eixo perfeitamente reto atinge um determinado valor, a barra se torna subitamente encurvada, em um fenômeno conhecido como flambagem por flexão. A partir dessa ocorrência, a barra praticamente não consegue suportar mais acréscimos da força.

Para cálculo do valor da força que causa a flambagem em regime elástico considera-se que a barra possui comprimento  $L$  e que está submetida a uma força de compressão de direção invariável. Dependendo das condições de contorno da barra temos fórmulas diferentes para calcular esta força, ver Tabela 5.

Tabela 5: Valor de  $N_e$  em função da condição de contorno da barra

Condições de Contorno		Fórmula para cálculo de $N_e$
Barra reta rotulada nas duas extremidades (birrotulada)		$N_e = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$
Barra reta engastada em uma extremidade e livre na outra extremidade		$N_e = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$

Nas fórmulas da tabela acima temos que  $E$  é o módulo de elasticidade do material e  $I$  o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

Segundo FAKURY(2008) essa força recebe a denominação de força axial de flambagem elástica, sendo também conhecida como carga de Euler, carga de flambagem elástica e carga crítica elástica.



### Valor da Força Axial da Flambagem Elástica para seções duplamente simétricas

Segundo FAKURY (2008) o menor valor de  $N_e$  deve ser pesquisado a partir dos possíveis modos de flambagem de uma barra, que depende do tipo de simetria da seção transversal. Como estudaremos barra tubular circular trataremos de seções duplamente simétricas.

Segundo FAKURY (2008) as barras com seções duplamente simétricas podem flambar por flexão em relação aos eixos centrais de inércia x e y, com as forças axiais de flambagem sendo dadas respectivamente por:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2}$$

onde  $KL$  é o comprimento de flambagem por flexão,  $E$  é o módulo de elasticidade do material e  $I$  o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo de flexão.

Essas barras podem ainda flambar por torção pura, situação em que a força axial de flambagem elástica é igual a:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \left[ \frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

onde  $KL$  é o comprimento de flambagem por torção,  $J$  é a constante de torção,  $C_w$  é a constante de empenamento da seção transversal,  $r_o$  é o raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento,  $E$  é o módulo de elasticidade do material e  $G$  é módulo de rigidez.

$$J = \frac{1}{2} \pi t D^3$$


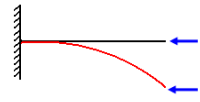
onde  $t$  é espessura da parede do tubo e  $D$  é o diâmetro externo do tubo.

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2}$$

onde  $r_x$  e  $r_y$  sendo os raios de giração em relação aos eixos centrais de inércia  $x$  e  $y$ , respectivamente, e  $x_o$  e  $y_o$  as distâncias do centro geométrico da seção ao centro de cisalhamento na direção dos eixos centrais  $x$  e  $y$ , respectivamente.

Dependendo das condições de contorno da barra temos valores diferentes para o coeficiente de flambagem  $K$ , ver Tabela 6.

Tabela 6: Valor de  $K$  em função da condição de contorno da barra

Condições de Contorno		Valor teórico de $K$
Barra reta rotulada nas duas extremidades (birrotulada)		$K = 1,0$
Barra reta engastada em uma extremidade e livre na outra extremidade		$K = 2,1$

Segundo FAKURY (2008) nas seções duplamente simétricas, só é necessário verificar possibilidade de flambagem por torção pura se a seção for aberta e tiver a constante de empenamento nula ou se a barra possuir comprimento de flambagem por torção ( $K_z L_z$ ) superior ao comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo de menor momento de inércia ( $K_x L_x$  ou  $K_y L_y$ ) independente da forma da seção transversal.

### 3.5.6.1.2 Flambagem Local das paredes das seções tubulares circulares

Segundo FAKURY (2008) sob ação da força axial de compressão, pode ocorrer a flambagem de um ou mais elementos, componentes de um perfil, em um tipo de estado-limite último que recebe a denominação de flambagem local.

Verifica-se que em função da ocorrência da flambagem local o fator  $Q$  atua substituindo a capacidade resistente da barra à flambagem local, a área bruta da seção transversal  $A_g$  pela área efetiva  $A_{ef}$ , e atua substituindo a resistência ao escoamento  $f_y$  pela tensão média de flambagem local  $\sigma_{fl,med}$ .

$$\frac{D}{t} \leq 0,11 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = 1,00$$

$$0,11 \frac{E}{f_y} < \frac{D}{t} \leq 0,45 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = \frac{0,0379 E}{D/t} \frac{E}{f_y} + \frac{2}{3}$$

Não é prevista a utilização de seções tubulares circulares com  $\frac{D}{t} > 0,45 \frac{E}{f_y}$ .

### 3.5.6.1.3 Fator de redução associado à resistência de compressão

Segundo FAKURY(2008) o índice de esbeltez reduzido conta com o fator de redução  $Q$  para levar em conta a influência da flambagem local na instabilidade global. Este índice é calculado pela equação a seguir:

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{Q A_g f_y}{N_e}}$$

onde  $N_e$  é a força axial de flambagem elástica,  $Q$  é o fator de redução total relacionado à flambagem local,  $A_g$  é área bruta,  $f_y$  é o valor da resistência ao escoamento do aço.  $A_g f_y$  é a força axial resistente nominal.

Segundo FAKURY(2008) a NBR8800:2008 para simplificar os cálculos, adota-se uma curva única, que conduz obviamente a resultados superiores aos mais reais para uma série de situações, mas dentro de limites considerados aceitáveis com relação à segurança estrutural, e inferiores para as demais situações. Em termos de formatação, essa curva fornece o valor de uma fator adimensional  $\chi$ , chamado de fator de redução associado à resistência à compressão, indicativo da força axial resistente de barras comprimidas com curvatura inicial em função do índice de esbeltez reduzido  $\lambda_o$ . O fator  $\chi$  tem expressões diferentes para  $\lambda_o$  inferior ou igual a 1,5 e para  $\lambda_o$  maior que esse valor, conforme a seguir:

$$\text{Para } \lambda_o \leq 1,5 : \chi = 0,658 \lambda_o^2$$

$$\text{Para } \lambda_o > 1,5 : \chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2}$$

### 3.5.6.1.4 Força axial de compressão resistente de cálculo

Segundo FAKURY (2008) a força axial de compressão resistente de cálculo é dada por:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

onde  $\chi$  é o fator de redução associado à resistência de compressão;  $Q$  é o fator de redução total relacionado à flambagem local;  $A_g f_y$  é a força axial resistente nominal;  $\gamma_{a1}$  é o coeficiente de ponderação da resistência, igual a 1,10.

### 3.5.6.2 Verificação do Índice de Esbeltez

Segundo FAKURY (2008) o valor do índice de esbeltez, usado no dimensionamento aos estados-limites últimos, não pode ser superior a 200. O índice de esbeltez é dado pela expressão:

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

onde  $K$  é o coeficiente de flambagem;  $L$  comprimento de flambagem;  $r$  é o raio de giração.

Podemos determinar  $\lambda$  em função da força axial de flambagem elástica  $N_e$  segundo a expressão descrita a seguir:

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA_g}{N_e}}$$

onde  $E$  é o módulo de elasticidade do material e  $A_g$  é área bruta da seção transversal.

### 3.5.7 Fatores que Influenciam na Resistência

Trabalhos experimentais como o desenvolvido por SCHMIDT (1976) indicam que a força dita teórica (calculada) para o colapso da estrutura tem elevadas chances de não ser alcançada pela força que realmente atua na estrutura, ou seja, força atuante pode ser menor que a força calculada. Segundo MAIOLA (1999) este fato pode ocorrer devido a alguns fatores que são descritos a seguir:

- Distribuição da força inicial no interior da treliça, ou seja, a variação da real distribuição de forças das treliças espaciais (esta variação surge devido ao elevado grau de hiperstaticidade da estrutura provocando a diferenciação no caminhamento das forças entre as barras);
- Imperfeições da geometria das barras;
- Resistência última do material;
- Presença de tensões residuais;

- Variações causadas na montagem (pelos procedimentos de içamento e possíveis escorregamentos das conexões - para o caso de ligações por atrito - quando a estrutura é solicitada);
- Excentricidades das extremidades;
- Sistemas de conexão (que têm alguma flexibilidade);
- Instabilidade rotacional das conexões (esta pode ser causada pela redução da rigidez da barra junto às conexões, ações de forças excêntricas, ou forças desbalanceadas que chegam a estas conexões, flexibilidade da conexão);
- Posicionamento dos seus apoios;

Estes fatores podem influenciar de maneira significativa no comportamento da treliça espacial.

#### **3.5.7.1 *Influência da variação de inércia junto aos nós***

Segundo SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007) as soluções para o nó estampado apresentam como problema, a súbita variação de inércia das barras na região nodal, seja devido à estampagem seja pelo uso de chapas não enrijecidas. Este fato concorre para a flexão da extremidade da barra com plastificação da região do amassamento sob carregamentos inferiores à capacidade da barra. De maneira geral, este fato não tem sido considerado para o projeto destas estruturas. As hipóteses frequentemente adotadas nos modelos matemáticos utilizados para o cálculo dos esforços internos em estruturas espaciais não condizem com a realidade da estrutura, o que pode comprometer a segurança na determinação da capacidade resistente dos seus elementos.

Pode-se verificar que nos resultados apresentados por SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007) as figuras 32 e 33 mostram as tensões no nó típico de vértice superior (canto) de uma estrutura metálica treliçada tipo espacial.

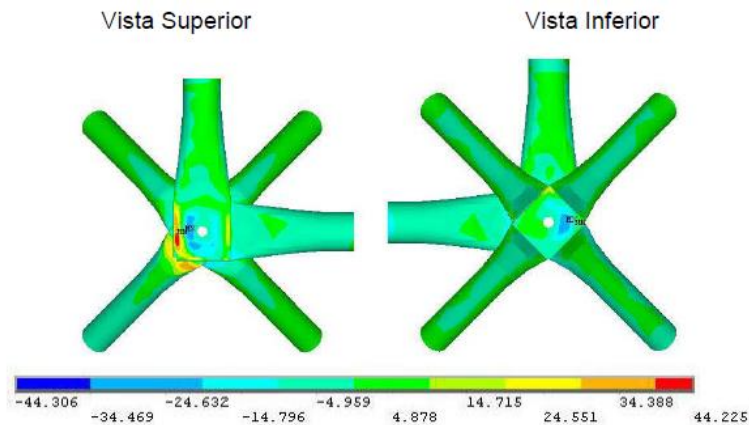


Figura 32 - Tensões no nó típico - vértice superior (canto) – vista superior e inferior  
 Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

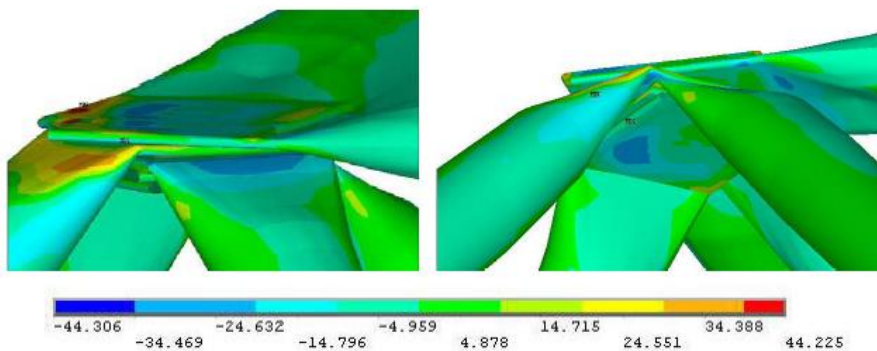


Figura 33: Tensões no nó típico - vértice superior (canto)  
 Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

Das figuras acima, pode ser notado que todas as barras que compõem o nó na posição de vértice apresentam elevados valores de tensão. Estas tensões se devem às deformações na diagonal de apoio, que tendem a rotacionar o nó. Em função deste comportamento, as estampagens das barras, em volta do furo, são as regiões mais solicitadas. Observa-se que chegam a apresentar tensões superiores à tensão de escoamento para o carregamento último teórico. A figura 34 mostra a configuração deformada da diagonal superior.

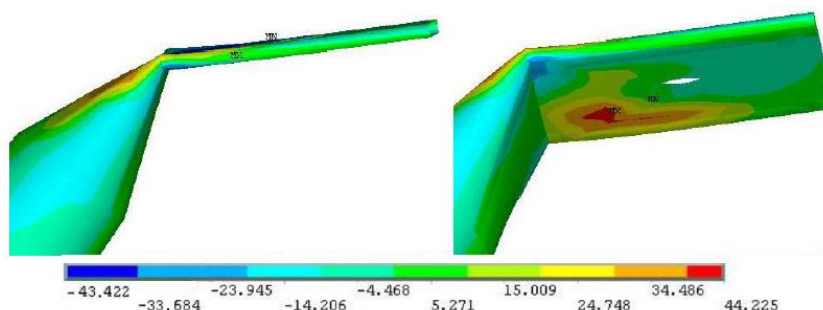


Figura 34: Configuração deformada da diagonal de apoio  
 Fonte: SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. (2007)

Segundo MAZZOLANI(1988) o fato da barra apresentar variação da geometria da seção transversal das suas extremidades influencia no valor de resistência

da mesma. Para o caso de barras com extremidades estampadas, a redução da seção causaria aumento do valor do  $KL$  (comprimento de flambagem), e consequente redução do valor da força de resistência da barra.

Apesar de Mazzolani apresentar algumas formulações que justificam essa influência não foi possível aplicá-las às barras da estrutura de cobertura em estudo.

### 3.5.7.2 *Influência da restrição ao giro das extremidades das barras*

Segundo MAIOLA (1999) idealmente, a restrição ao giro das extremidades das barras está compreendida entre as situações de giro livre (rótula) e giro impedido (engaste). Elementos, com as extremidades que apresentam variação de inércia junto aos nós, têm o parâmetro efetivo de flambagem  $K$  próximo do que o correspondente ao caso de barras com extremidades rotuladas. Já elementos com seções completas têm um valor menor para  $K$  (particularmente aqueles com as extremidades soldadas), e elementos com as extremidades apenas reduzidas apresentam o valor de  $K$  entre esses dois últimos.

Na publicação de MALLA & SERRETTE (1996), são citados os pesquisadores Madi e El-Tayem, os quais sugerem alguns valores para os parâmetros efetivo de flambagem, para cada um das configurações de extremidades comentadas no parágrafo anterior. Esses valores estão apresentados na Tabela 7:

Tabela 7: Valores do coeficiente de flambagem em função da configuração de extremidades

Configurações de extremidades	Respectivo valor de K
Barras sem variação de inércia nas extremidades (extremidades soldadas)	0,70
Barra com seção reduzida nas extremidades (Sistema MERO)	0,90
Barras com extremidades amassadas (nós típicos e de aço)	0,95

Fonte: MALLA & SERRETTE (1996).

### 3.5.8 **Barras Fletidas em Seção Tubular Circular**

Segundo FAKURY (2008) no dimensionamento as barras fletidas devem ser verificadas aos estados-limites últimos relacionados ao momento fletor e à força cortante. Sob atuação do momento fletor, o colapso pode se dar por plastificação total da seção transversal, por flambagem da viga como um todo, denominada

lateral com torção, ou por flambagem local de um ou mais elementos componentes comprimidos da seção transversal.

Ocorre o colapso por plastificação quando um carregamento aplicado em uma viga biapoiada, por exemplo, resulta no aparecimento de uma rótula plástica. Esta rótula é formada quando a viga atinge o valor do escoamento, e este escoamento se propaga por toda a seção transversal da viga. As figuras 35 e 36 ilustram a sequência da formação dessa rótula em uma viga biapoiada.

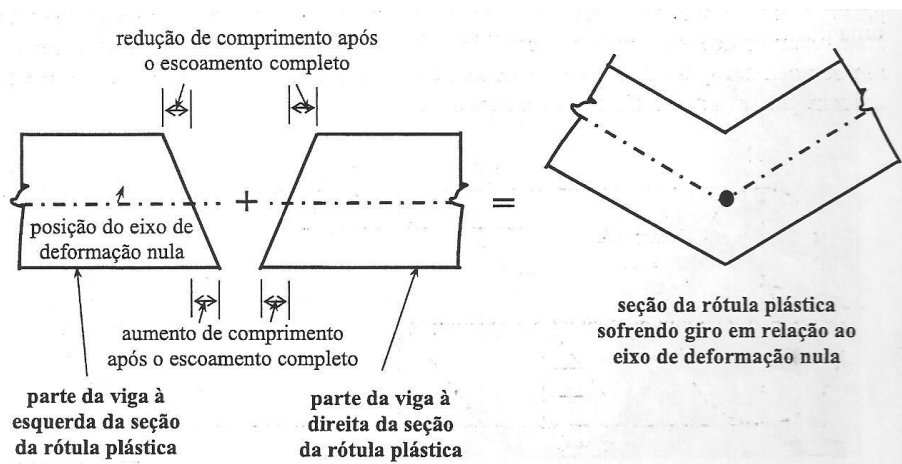


Figura 35: representação da formação da rótula plástica  
Fonte: FAKURY(2008).

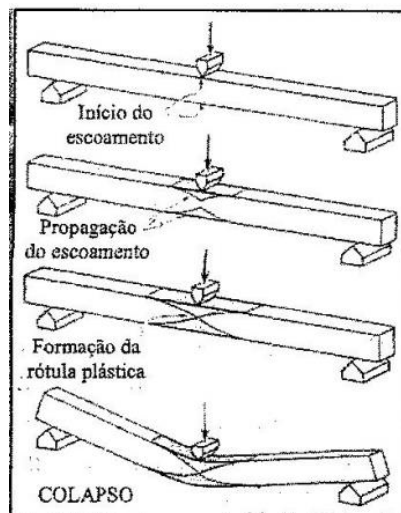


Figura 36: Formação de rótula plástica na seção central  
Fonte: FAKURY(2008).

Segundo FAKURY(2008) sob atuação da força cortante, o colapso pode ocorrer por escoamento ou por flambagem dos elementos resistentes a esse esforço solicitante. As vigas devem também ser verificadas aos estados-limites de



serviço, sendo a flecha e a vibração dos pisos aos quais as mesmas pertencem, com valores superiores aos aceitáveis.

### 3.5.8.1 Dimensionamento ao momento fletor

Segundo FAKURY(2008) no dimensionamento aos estados-limites últimos de uma barra submetida a momento fletor, deve ser satisfeita a seguinte relação:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

onde  $M_{Sd}$  é o momento fletor solicitante de cálculo, obtido com a combinação última de ações apropriada, e  $M_{Rd}$  o momento fletor resistente de cálculo.

O momento fletor resistente de cálculo é dado por:

$$M_{Rd} = \frac{M_{Rk}}{\gamma_{a1}}$$

onde  $M_{Rk}$  é o momento fletor resistente nominal e  $\gamma_{a1}$  o coeficiente de ponderação da resistência, igual a 1,10.

Segundo FAKURY(2008) a seção tubular circular representa uma situação particular em que o único estado-limite aplicável é a flambagem local da sua parede. Para esse estado-limite, o momento fletor resistente nominal é dado por:

$$\text{para } \lambda \leq \lambda_p: M_{Rk} = M_{pl}$$

$$\text{para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r: M_{Rk} = \left( \frac{0,021E}{D/t} + f_y \right) W$$

$$\text{para } \lambda > \lambda_r: M_{Rk} = M_{cr}$$

onde  $D$  é o diâmetro externo,  $t$  a espessura da parede da seção tubular,  $M_{pl}$  é o momento de plastificação,  $W$  é o módulo de resistência do perfil e  $M_{cr}$  é o momento fletor de flambagem elástica ou também denominado momento crítico elástico. Na Tabela 8 são apresentados os parâmetros para cálculo do momento fletor resistente.

Tabela 8: Parâmetros para cálculo do momento fletor resistente

Tipo de seção e eixo de flexão	Estados-limites aplicáveis	$M_r$	$M_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_p$	$\lambda_r$
Seções tubulares circulares fletidos em relação a um eixo central de inércia	Flambagem Local da Parede	-	$\left(\frac{0,33E}{D/t}\right)W$	$\frac{D}{t}$	$\left(\frac{0,07E}{f_y}\right)$	$\left(\frac{0,31E}{f_y}\right)$

Fonte: FAKURY(2008).

Nas fórmulas citadas acima a expressão  $D/t$  é a relação entre o diâmetro externo e a espessura da parede da seção tubular. Esse valor não pode superar  $0,45 E/f_y$ , caso isso ocorra, o método de determinação de  $M_{Rk}$  perde a validade.

O valor do momento de plastificação é obtido segundo a fórmula descrita a seguir:

$$M_{pl} = Zf_y$$

onde  $Z$  é o módulo plástico e  $f_y$  é o valor da resistência ao escoamento do aço.

O módulo plástico para barras de seções tubulares circular é dado pela equação:

$$Z = \frac{\pi Dt}{2} (0,32D) + \frac{\pi Dt}{2} (0,32D) = 0,32\pi D^2 t$$

onde  $D$  é o diâmetro externo,  $t$  a espessura da parede da seção tubular. A figura 37 apresenta detalhes para determinação do módulo plástico de uma seção tubular circular.

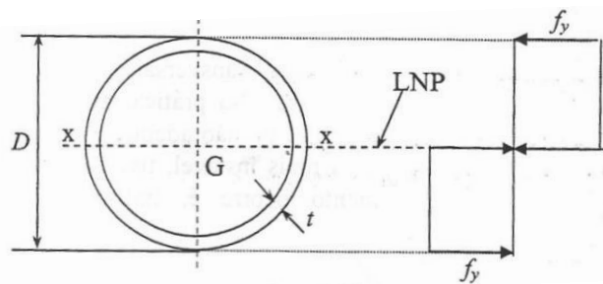


Figura 37: Módulo plástico de uma seção tubular circular  
Fonte: FAKURY(2008).

### 3.5.8.2 Verificação aos estados-limites últimos relacionado à força cortante

Segundo FAKURY(2008) no dimensionamento de uma barra à força cortante, deve ser satisfeita a seguinte relação:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

onde  $V_{Sd}$  é a força cortante solicitante de cálculo, obtida com a combinação de ações de cálculo apropriada, e  $V_{Rd}$  a força cortante resistente de cálculo.

A força cortante resistente de cálculo é dado por:

$$V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_{a1}}$$

onde  $V_{Rk}$  é a força cortante resistente nominal e  $\gamma_{a1}$  é o coeficiente de ponderação da resistência, igual a 1,10 .

Em seções tubulares circulares fletidas em relação a um eixo central de inércia, a força cortante resistente nominal,  $V_{Rk}$ , é dada por:

$$V_{Rk} = 0,5\tau_{cr}A_g$$

Nessa equação,  $A_g$  é a área bruta da seção transversal e  $\tau_{cr}$  o maior dos seguintes valores:

$$\tau_{cr} = \frac{1,60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t_d}\right)^{5/4}}} \leq 0,60f_y$$

$$\tau_{cr} = \frac{0,78E}{\left(\frac{D}{t_d}\right)^{3/2}} \leq 0,60f_y$$

onde  $D$  é o diâmetro externo da seção transversal,  $t_d$  é a espessura de cálculo da parede da seção transversal, tomada igual a 0,93 vezes a espessura nominal para tubos com costura e igual à espessura nominal para tubos sem costura,  $L_v$  é a distância entre as seções de forças cortantes máxima e nula.

### 3.5.9 Barras de aço sob combinação de esforços solicitantes

#### 3.5.9.1 Atuação de força axial e momentos fletores – Estados Limites Últimos

Segundo FAKURY(2011) quando atuam simultaneamente em uma barra de aço força axial e momento fletor, em relação a um ou aos dois eixos centrais de inercia da seção transversal, podem ocorrer todos os estados-limites últimos decorrentes de cada um dos esforços solicitantes isolados potencializados ou aliviados pelos outros esforços solicitantes. Em algumas situações, estados-limites semelhantes de dois ou mais esforços solicitantes se associam em um só estado-limite resultante.

#### 3.5.9.2 Dimensionamento

Segundo FAKURY(2008) estudos teóricos e experimentais mostram que todos os estados-limites possíveis de ocorrer em barras submetidas à combinação de esforços solicitantes ficam atendidos caso seja abedecida a limitação fornecida pelas seguintes expressões de iteração:

$$\text{Para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{Para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

onde:

$N_{Sd}$  é a força axial solicitante de cálculo de tração ou de compressão;

$N_{Rd}$  é a força axial resistente de cálculo de tração ou de compressão;

$M_{x,Sd}$  e  $M_{y,Sd}$  são momentos fletores solicitantes de cálculo;

$M_{x,Rd}$  e  $M_{y,Rd}$  são momentos fletores resistentes de cálculo;

Segundo FAKURY(2008) ao se usar as expressões descritas acima, evidentemente se algum dos esforços solicitantes não existir, ele deverá ser desconsiderado na equação.

Segundo FAKURY(2008) a figura 38 mostra a superfície de colapso projetada pelas expressões citadas a pouco. Se a soma dos três termos do primeiro membro dessas expressões for inferior a 1,0, tem-se um ponto situado no espaço

entre a superfície de origem 0, indicando uma condição segura. Se a soma for igual a 1,0, o ponto se situa na superfície, indicando ainda uma situação segura, mas no limite. Se a soma for superior a 1,0, o ponto se situa no espaço externo a região entre a superfície e a origem, indicando uma situação não segura.

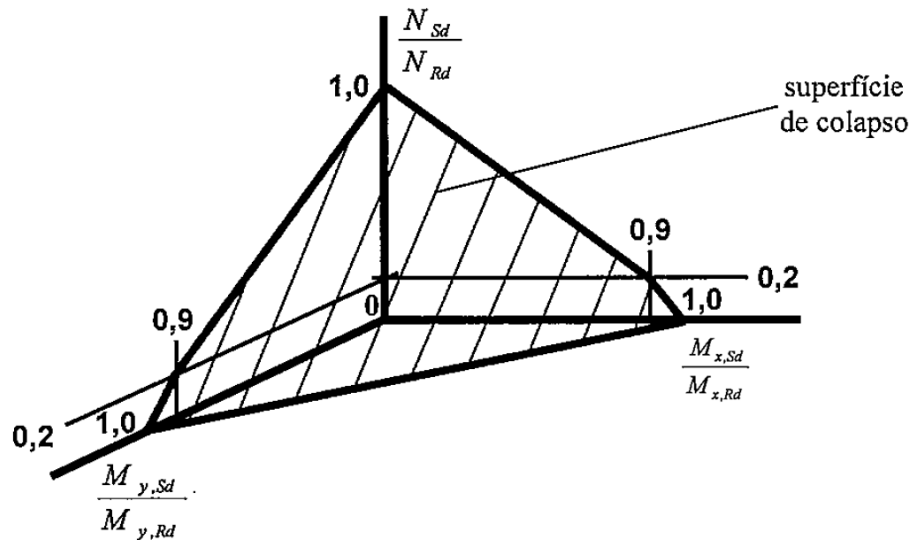


Figura 38: Superfície de colapso das barras submetidas à combinação de esforços solicitantes  
 Fonte: FAKURY(2008)

## **Metodologia**

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto proposto foi composto por cinco etapas:

1. Determinação do caso e ser estudado;
2. Levantamento de Dados: Na elaboração de um projeto de estruturas espaciais devem-se levar em consideração alguns critérios básicos para chegar a uma solução ótima em termos arquitetônicos, técnicos e também econômicos. Esta etapa definiu a configuração da estrutura analisada;
3. Análise numérica do comportamento estrutural da estrutura via programa computacional SAP2000 e verificação dos dados de saída fornecidos pelo programa;
4. Dimensionamento das barras tracionadas da estrutura de cobertura proposta;
5. Dimensionamento das barras comprimidas da estrutura de cobertura proposta;
6. Dimensionamento dos pilares tubulares metálicos de sustentação da estrutura de cobertura proposta;

## 5 Modelagem do Arranjo Estrutural Proposto

### 5.1 Descrição da estrutura analisada

A estrutura hipotética a ser estudada é uma cobertura metálica para um estacionamento de um supermercado no interior de Minas Gerais, com área em planta de 576m<sup>2</sup> (24mx24m). Ela apresenta as seguintes características: cobertura metálica em malha treliçada tipo espacial tubular; vedação com telha de chapa de aço galvanizada, seção trapezoidal; apoia-se sobre quatro pilares metálicos nas extremidades de 3,0m de altura de seção circular.

### 5.2 Descrição do Arranjo Estrutural Proposto

A unidade básica escolhida foi a tetraédrica por ser a mais simples. Foi considerado o arranjo quadrado sobre quadrado com defasagem de meio módulo. Para permitir a movimentação da estrutura, devido a esforços de temperatura, possibilitando-a trabalhar de forma isostática, foram considerados vínculos móveis. Os perfis tubulares metálicos serão apoiados no banzo inferior para não ocorrer interferências. Com base na disposição dos apoios da estrutura, adotaremos módulos de 2,40m x 2,40m de base e 2,0m de altura, ver figura 39, 40, 41 e 42.

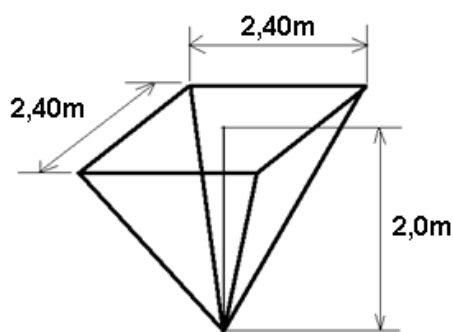


Figura 39: Módulo básico

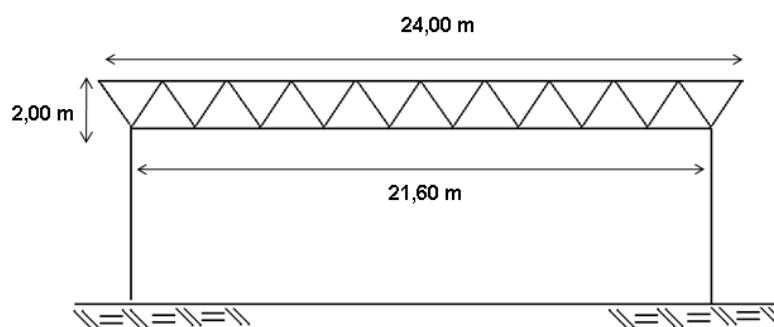


Figura 40: Corte Longitudinal e Transversal

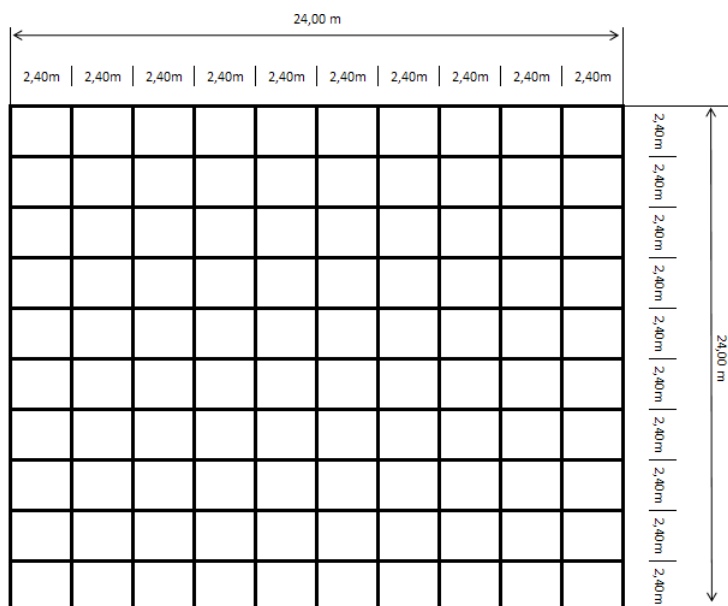


Figura 41: Plano do Banho Superior

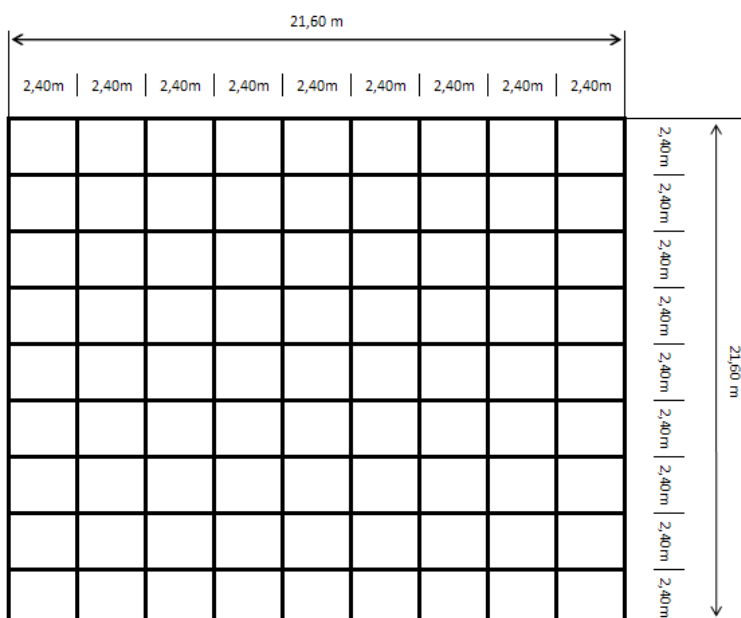


Figura 42: Plano do Banho Inferior

### 5.3 Carregamento

As cargas serão aplicadas nos nós da camada dos banzos superiores da cobertura (ver figura 43). Serão consideradas como cargas as ações descritas nos itens seguintes com seus respectivos valores.

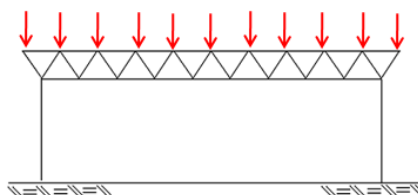


Figura 43: Configuração de carregamento da estrutura



### **5.3.1 Ações permanentes**

Neste caso o peso próprio e o peso das telhas de cobertura foram considerados como ações permanentes. O valor do peso próprio é gerado automaticamente pelo programa SAP2000 se for fornecido corretamente os dados dos perfis tubulares metálicos utilizados na cobertura. Foi considerada uma carga no valor de 4,21Kg/m<sup>2</sup>, ou seja, 0,041kN/m<sup>2</sup> referente ao peso próprio da telha em metálica trapezoidal RT 40/980 de 0,43mm de espessura considerando 04 (quatro) apoios com vãos de 2,40m conforme catálogo de produtos da empresa Regional Telhas (ver anexo 1). Essa telha suporta uma sobrecarga de até 99Kgf/m<sup>2</sup>, sendo assim está dentro da sobrecarga prevista no item a seguir.

### **5.3.2 Ações Variáveis**

Segundo FAKURY (2008) a NBR8800:2008 fornece prescrições com relação às ações variáveis, estabelecendo, por exemplo, que nas coberturas comuns, não sujeitas a acúmulos de quaisquer materiais, e nas ausências de especificação em contrário, deve ser prevista um sobrecarga mínima de 0,25kN/m<sup>2</sup>, em projeção horizontal. Estabelece ainda que essa sobrecarga pode englobar as cargas decorrentes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamentos térmicos e acústicos e de pequenas peças fixadas na cobertura, até um limite superior de 0,05kN/m<sup>2</sup>.

Neste caso, foram consideradas como ações variáveis uma sobrecarga no valor de 0,25kN/m<sup>2</sup> (ou 25,51Kgf/m<sup>2</sup>) e o efeito do vento calculado no item seguinte.

### **5.3.3 Ações devido ao vento**

Segundo VENDRAME (1999) o principal aspecto com relação à velocidade do vento é que regiões diferentes da terra estão sujeitas a diferentes situações da velocidade do vento. É importante determinar a velocidade do vento para uma determinada região, considerando também que os resultados desta medição sofrem variabilidade ao longo do tempo. Para uma dada edificação tem-se que sua vida útil é normalizada em 50 anos sendo necessário considerar este aspecto na análise do vento. Portanto é necessário considerar qual será a velocidade máxima que ocorrerá neste período.

### 5.3.3.1 Velocidade Característica

Portanto a NBR-6123/1988 defini a velocidade característica da seguinte maneira:

$$V_K = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

onde  $V_K$  é a velocidade característica do vento;  $V_0$  é a velocidade básica do vento;  $S_1$  é o fator topográfico que considera os efeitos das variações do relevo onde a edificação será construída;  $S_2$  é o fator que considera as particularidades de uma dada edificação com relação às dimensões, bem como a rugosidade média do terreno no qual o edificação será construída;  $S_3$  é o fator que está relacionado com a segurança da edificação considerando, para isto, conceitos probabilísticos e o tipo de ocupação.

### 5.3.3.2 Cálculo da ação do vento para a estrutura estudada

a) Dados gerais da edificação

- Finalidade da edificação: Cobertura de um estacionamento;
- Velocidade básica do vento:
  - Localização da edificação: Uberaba – MG →  $V_0 = 35,0 \text{ m/s}$
- Fator topográfico: terreno plano ou fracamente acidentado:  $S_1 = 1,0$
- Rugosidade do terreno e dimensões da edificação:
  - Categoria III: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona urbanizada;
  - Classe C: Maior dimensão da edificação esteja entre 20m e 50m.

$$S_2 = 0,83$$

- Fator estatístico de segurança:
  - Edificação para comércio com alto fator de ocupação;

$$S_3 = 1,00$$

b) Velocidade característica:

$$V_K = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$V_K = 35 \times 1,0 \times 0,83 \times 1,0$$

$$V_K = \frac{29,05m}{s}$$

c) Pressão dinâmica:

$$q = 0,613 \times V_K^2 = 0,613 \times (29,05)^2 = 517,31 \frac{N}{m^2}$$

$$q = 0,52 \frac{kN}{m^2}$$

d) Coeficiente de pressão externa ( $C_{pe}$ ):

Para calcular o  $C_{pe}$  foi utilizada a Tabela 6 da NBR6123:1988. Adotou-se a inclinação do telhado igual a 9%, ou seja, o ângulo de inclinação ( $\theta$ ) igual a aproximadamente  $5^\circ$ .

Apesar de a tabela ser aplicável a edificações de planta retangular foi considerado que  $a = b = 24m$  o que resultou na eliminação dos coeficientes  $L_2$  e  $H_2$ , uma vez que estes apresentaram valores comprimentos iguais a zero (ver figuras 44 e 45).

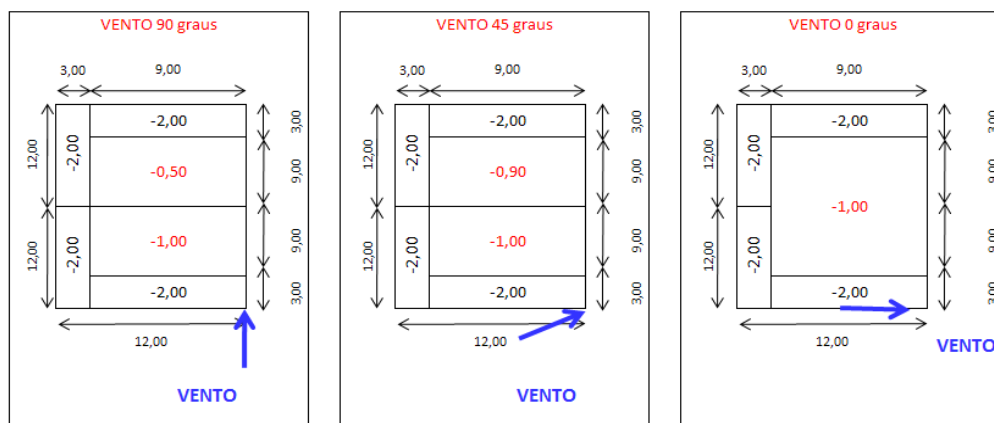


Figura 44: Coeficientes de pressão externa para vento a  $90^\circ$ ,  $45^\circ$  e  $0^\circ$

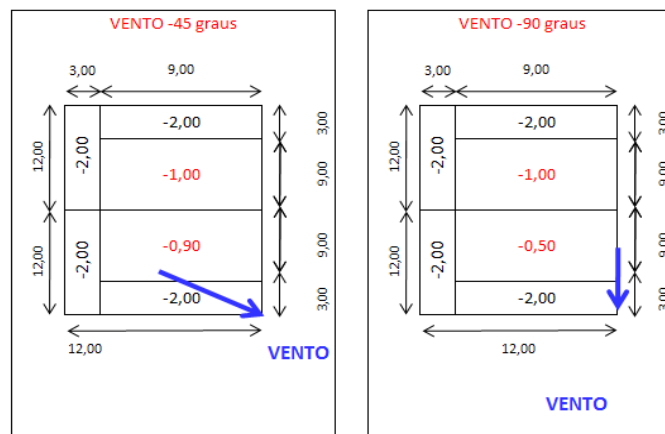


Figura 45: Coeficientes de pressão externa para vento a  $-90^\circ$  e  $-45^\circ$ .

Verificou-se que os coeficientes encontrados com o vento a 0° se apresentaram com valores maiores em módulo quando comparados as demais situações. Sendo assim adotaremos estes valores por se apresentar o pior caso (ver figura 46).

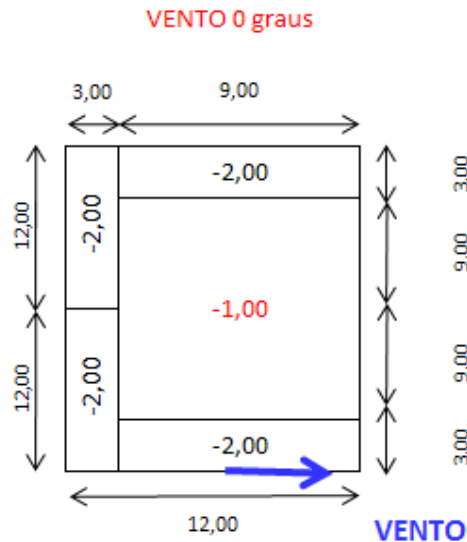


Figura 46: Coeficientes de pressão externo considerados nos cálculos – vento a 0°.

Por convenção define-se que o sinal negativo nos coeficientes da tabela significa sucção e o sinal positivo significa sobrepressão. Sendo assim o resultado dos coeficientes de pressão externos estão apresentados na figura 47.

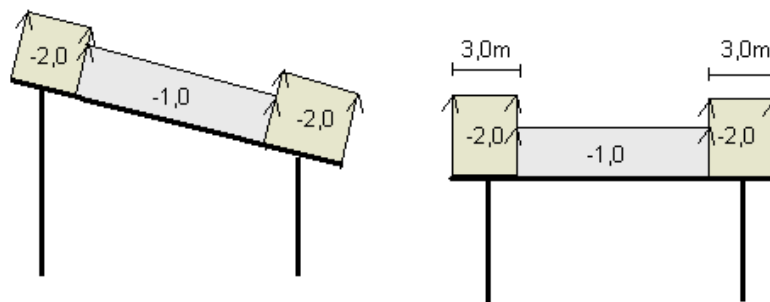


Figura 47: Diagrama de  $C_{pe}$  do plano dos banzos superiores

e) Coeficiente de pressão interna ( $C_{pi}$ ):

Segundo a NBR6123:1988 para edificações com paredes internas permeáveis, a pressão interna pode ser considerada uniforme. No caso desta cobertura consideraram-se quatro faces igualmente permeáveis:  $C_{pi} = -0,3$  ou  $C_{pi} = 0$ . Como para a estrutura analisada o vento que age externamente provoca apenas sucção, adotou-se  $C_{pi} = 0$ , pois se apresenta a caso mais nocivo.

f) Resumo dos coeficientes de pressão

Neste trabalho adotaram-se os coeficientes de pressão totais conforme a expressão seguinte:  $C_{p,Total} = (C_{pe} + C_{pi})$  onde  $C_{pi} = 0$  sendo assim obteve-se  $C_{p,Total} = C_{pe}$ . Para as áreas em cinza o valor de  $C_{p,Total}$  é igual a 2,0 e para as demais áreas o valor de  $C_{p,Total}$  é igual a 1,0 (ver figura 48).

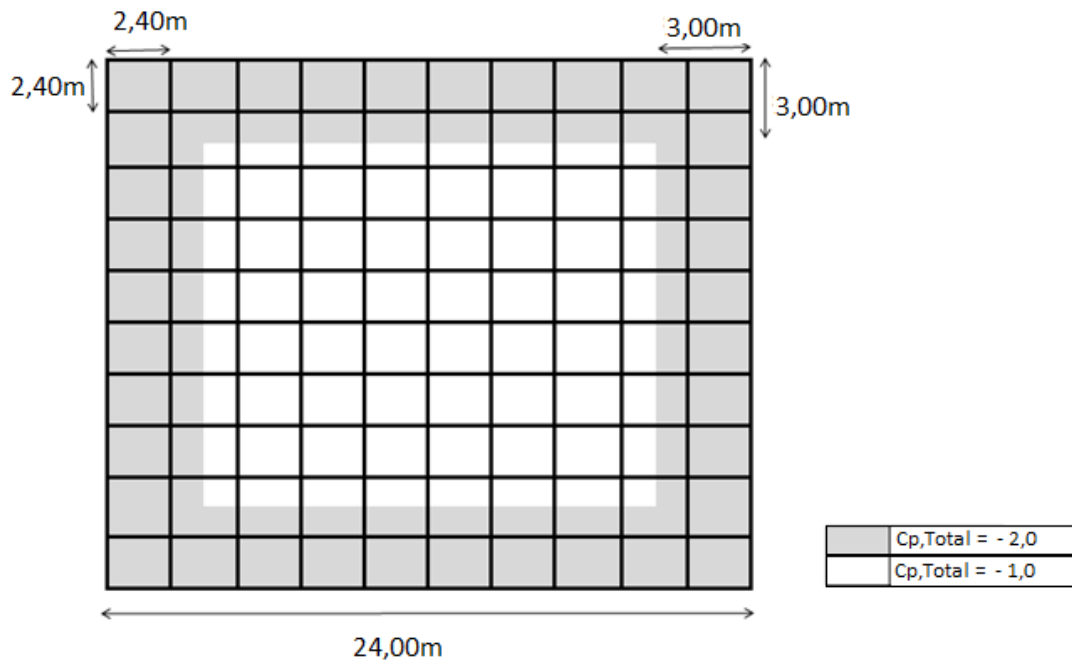


Figura 48: Coeficiente de pressão total da camada do banzo superior ( $C_{p,Total}$ ).

É comum simplificar o cálculo das ações devido ao vento, adotando os coeficientes de pressão totais médios ( $C_{p,Total,médio}$ ) por setores. Neste caso estes setores são definidos em função da área de influência de cada nó da camada superior.

A figura 49 apresenta a classificação dos nós em função das suas respectivas áreas de influência.



Figura 49: Legenda dos nós da camada superior (banzos superiores)

Na figura 50 verificamos os setores em função da área de influência dos nós e seus respectivos coeficientes totais médios ( $C_{p,Total,médio}$ ).

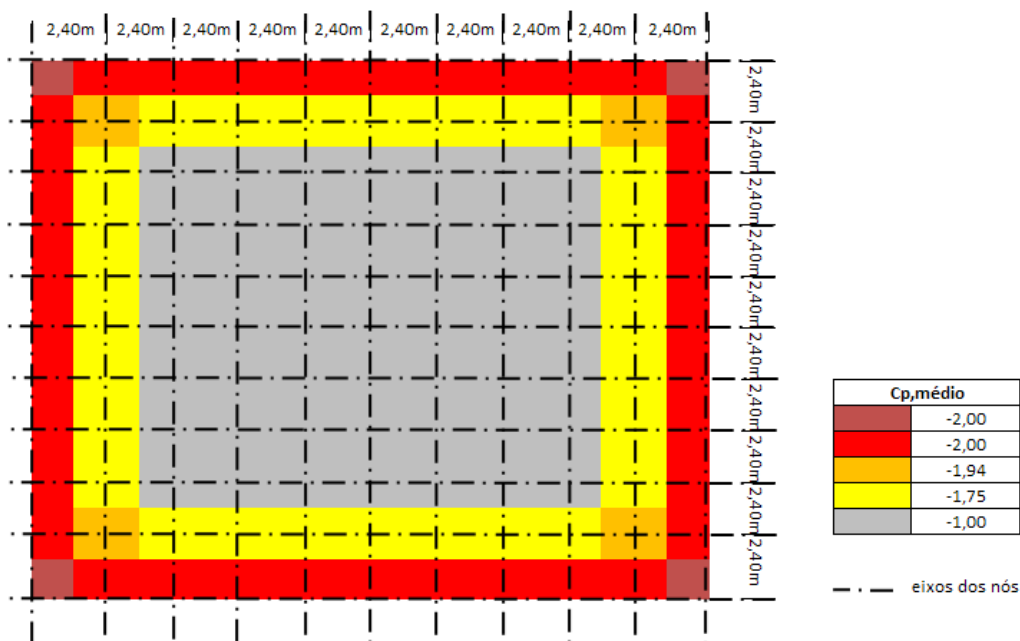


Figura 50: coeficientes de pressão totais médios de cada nó da camada superior

g) Cálculo das forças pela ação do vento:

Para o cálculo das forças geradas pelo vento, aplicou-se a seguinte fórmula:

$$força\ vento = C_{p,Total,m\u00e9dio} \times q$$

onde a  $q$  é a pressão dinâmica em  $kN/m^2$  e  $C_{p,Total,m\u00e9dio}$  é o coeficiente de pressão total médio do nó (adimensional).

Esta força está aplicada perpendicularmente à superfície inclinada da cobertura, sendo assim, por meios de fórmulas trigonométricas, a força inclinada foi decomposta segundo os eixos X, Y e Z de coordenadas do programa SAP2000 (ver figura 51).

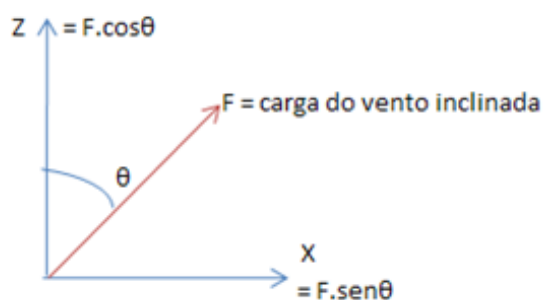


Figura 51: Eixo de coordenadas para decomposição da carga de vento no nó.

Os respectivos valores de cada nó estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Cálculo e decomposição da carga de vento nos nós da cobertura

Legenda	Localização do nó	Cp,Total,m\u00e9dio do nó	q (kN/m\u00b2)	Carga inclinada (kN/m\u00b2)	Decomposição (kN/m\u00b2)		
					X	Z	Y
●	Nó extremidade externa	-2,00	0,52	1,03	0,09	1,03	-
●	Nó extremidade interna	-1,94	0,52	1,00	0,09	1,00	-
●	Nó lateral externa	-2,00	0,52	1,03	0,09	1,03	-
●	Nó lateral interna	-1,75	0,52	0,91	0,08	0,90	-
●	Nó central	-1,00	0,52	0,52	0,05	0,52	-

### 5.3.4 Resumo das ações aplicadas na estrutura

Para efeito de análise numérica no SAP 2000, o carregamento considerado foi por área de influência de cada nó do plano superior da estrutura de cobertura. A Tabela 10 apresenta o resumo do carregamento da estrutura por área ( $kN/m^2$ ) e a Tabela 11 apresenta os valores correspondentes a este carregamento em cada nó superior da estrutura. O carregamento aplicado nos nós está apresentado na planilha localizada no Anexo 2 deste trabalho.

Tabela 10: Resumo do Carregamento da estrutura por área (kN/m<sup>2</sup>)

		Carregamento da estrutura (kN/m <sup>2</sup> )											
		Permanente						Variável					
		Peso Próprio (PP) *			Telha (TE)			Sobrecarga (SC)			Vento (VE)		
		Eixos de coordenadas											
Legenda		X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z	Y
●		-	-	-	-	0,04	-	-	0,25	-	0,09	1,03	-
●		-	-	-	-	0,04	-	-	0,25	-	0,09	1,00	-
●		-	-	-	-	0,04	-	-	0,25	-	0,09	1,03	-
●		-	-	-	-	0,04	-	-	0,25	-	0,08	0,90	-
●		-	-	-	-	0,04	-	-	0,25	-	0,05	0,52	-

Tabela 11: Resumo do Carregamento dos nós superiores da estrutura (kN)

		Área de influência (m <sup>2</sup> )	Carregamento dos nós estrutura (kN)											
			Permanente						Variável					
			Peso Próprio (PP) *			Telha (TE)			Sobrecarga (SC)			Vento (VE)		
			Eixos de coordenadas											
Legenda		X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	X	Z	Y	
●		1,44	-	-	-	-	0,06	-	-	0,36	-	0,13	1,48	-
●		5,76	-	-	-	-	0,24	-	-	1,44	-	0,52	5,75	-
●		2,88	-	-	-	-	0,12	-	-	0,72	-	0,27	2,97	-
●		5,76	-	-	-	-	0,24	-	-	1,44	-	0,47	5,19	-
●		5,76	-	-	-	-	0,24	-	-	1,44	-	0,27	2,97	-

## 5.4 Lançamento da estrutura

### 5.4.1 Pré-dimensionamento

Para uma primeira análise da estrutura, é comum realizar um pré-dimensionamento para avaliar as dimensões da seção transversal dos tubos que a compõe. Este pré-dimensionamento baseia-se em fixar um determinado valor para o índice de esbeltez ( $\lambda$ ) para os elementos sem, no entanto, se preocupar com os esforços que agem sobre eles. Para este caso adotou-se  $\lambda = \frac{L}{r} \leq 100$  onde  $L$  é o comprimento destravado da barra e  $r$  é o raio de giração do tubo. Os cálculos do pré-dimensionamento estão detalhados na figura 52.



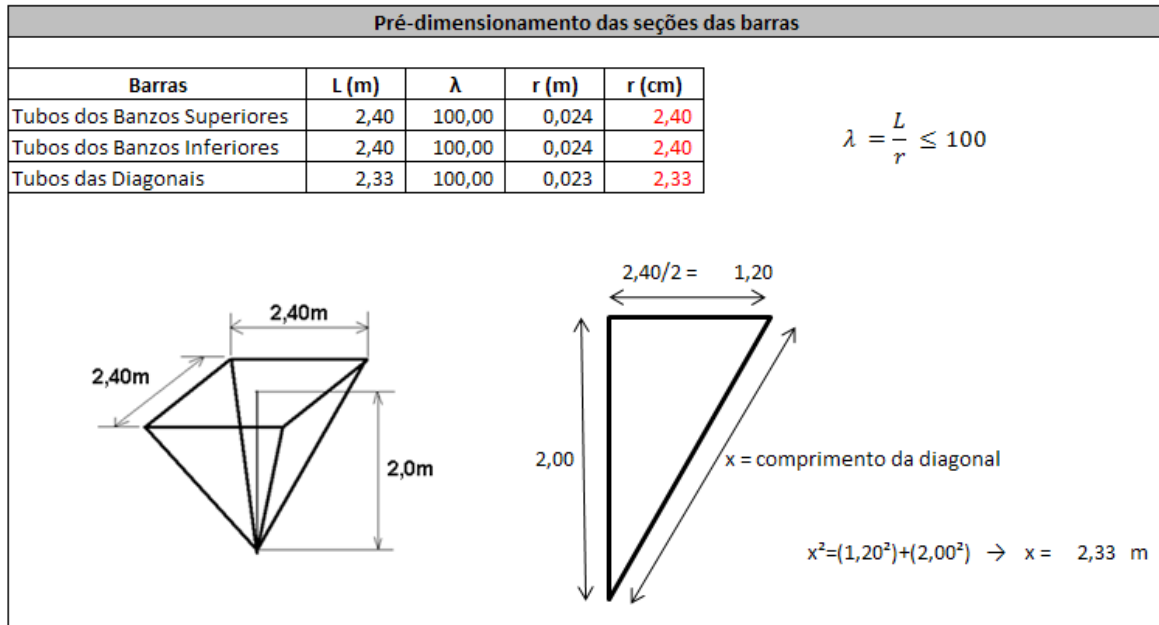


Figura 52: Pré-dimensionamento das seções das barras

Em seguida foram comparados os raios de giração calculados com os raios de giração das barras comerciais, ou seja, as barras que estão presentes no mercado. Escolheu-se as barras comerciais do catálogo de perfis tubulares sem costura produzidos pela VMB (ver anexo 3) que tinham o raio de giração mais próximos dos calculados. Adotaram-se então os tubos descritos na tabela 11. A figura 53 apresenta detalhes da disposição das seções transversais adotadas na 1ª tentativa.

Tabela 12: Seções Transversais Pré-dimensionadas adotadas na estrutura

Barra	Seção transversal do tubo circular	Aço estrutural
Diagonal	TC 88,9mm x 7,6mm	VMB300
Banzo	TC 101,6mm x 8,1mm	VMB300

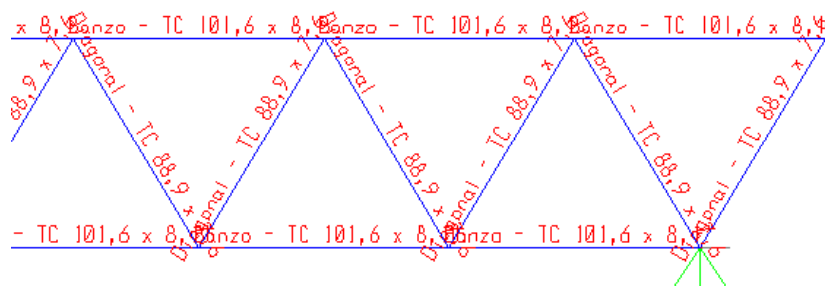


Figura 53: Seções transversais de cada barra – 1ª Tentativa  
Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

## 5.4.2 Combinação de ações

### 5.4.2.1 Combinações Últimas

#### Combinações Últimas Normais

1ª Combinação (CUN-SC):

Carga Permanente: telha (TE) + peso próprio (PP)

Carga Variável Principal: sobrecarga (SC)

Carga Variável Secundária: vento (VE)

$$1,25(TE + PP) + 1,50(SC) + 1,4 \times 0,6(VE)$$

$$1,25(TE + PP) + 1,50(SC) + 0,84(VE)$$

2ª Combinação (CUN-VE):

Carga Permanente: telha (TE) + peso próprio (PP)

Carga Variável Principal: vento (VE)

Carga Variável Secundária: sobrecarga (SC)

$$1,25(TE + PP) + 1,40(VE) + 1,5 \times 0,8(SC)$$

$$1,25(TE + PP) + 1,40(VE) + 1,20(SC)$$

### 5.4.2.2 Combinações de Serviço

Para as combinações de serviço considerou-se a combinação rara por se apresentar a mais rigorosa, o pior caso.

#### Combinação rara

1ª Combinação (CSR-VE):

Carga Permanente: telha (TE) + peso próprio (PP)

Carga Variável Principal: vento (VE)

Carga Variável Secundária: sobrecarga (SC)

$$(TE + PP) + (VE) + 0,70(SC)$$

2ª Combinação (CSR-SC):

Carga Permanente: telha (TE) + peso próprio (PP)

Carga Variável Principal: sobrecarga (SC)

Carga Variável Secundária: vento (VE)

$$(TE + PP) + (SC) + 0,30(VE)$$

## 6 Análise Estrutural

A análise estrutural foi realizada via simulação no software SAP2000 por meio da modelagem por elementos de barra e obtiveram-se os valores dos esforços solicitantes das barras e apoios da estrutura. Adotou-se sistema de análise linear para as barras desta estrutura. Todas as barras sofreram liberação de movimentos nas extremidades de suas barras, a torção foi liberada apenas em uma das extremidades para não gerar instabilidade na matriz rigidez do *software*, ver tabela 13:

Tabela 13: Movimentos liberados nas barras da estrutura analisadas pelo SAP2000 14

Movimento	Extremidade	
	Inicial	Final
Torção	X	
Momento 22 (Y)	X	X
Momento 33 (Z)	X	X

A figura 54 apresenta a configuração geométrica da estrutura de cobertura lançada no programa SAP2000 14 para realização da análise estrutural linear. Nessa figura é possível verificar as barras tubulares (em azul), a liberação dos movimentos (círculos verdes), a numeração dos nós (em vermelho), os apoios da estrutura (em verde), os eixos dos nós (em vermelho) e o sistema de coordenadas do programa.

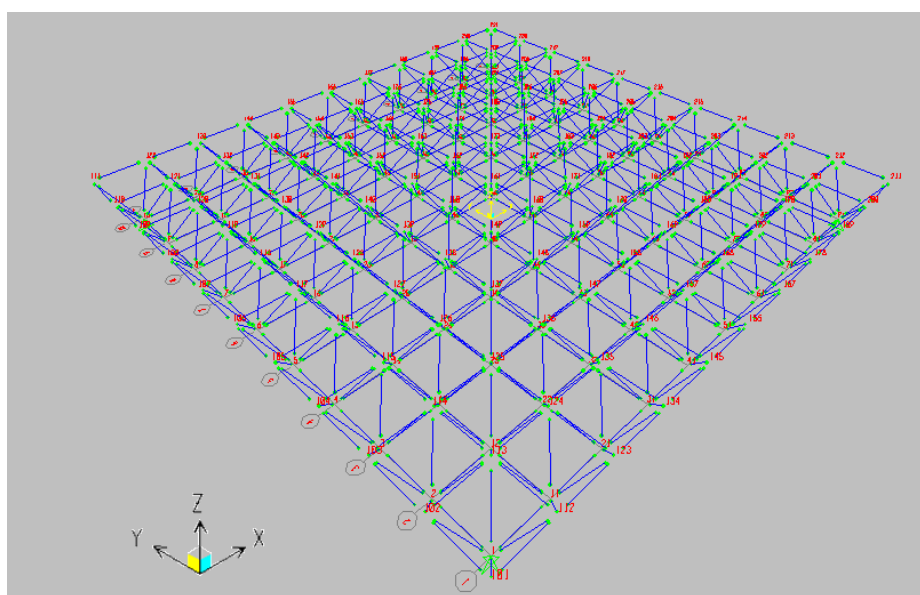


Figura 54: Lançamento da estrutura no programa SAP2000 14 com a liberação dos movimentos

Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

Para realização da análise via esse *softwear* definiu-se que os eixos locais das barras seriam coincidentes com o eixo global da estrutura, ver figura 55 que apresenta os eixos locais das barras.

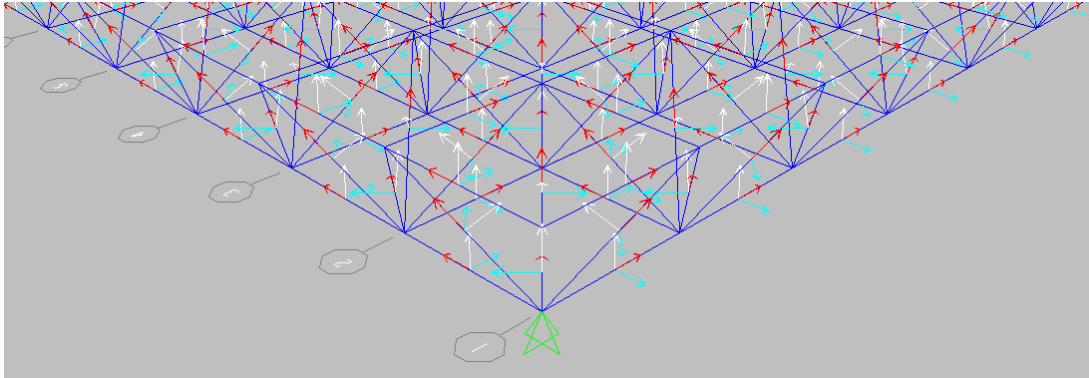


Figura 55: Eixos locais das barras  
Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

O passo-a-passo da modelagem e processamento da estrutura no SAP2000 14 está descrito no Anexo 4.

## 7 Dimensionamento dos elementos de barra e Discussão de Resultados

### 7.1 Análise dos Resultados Encontrados na 1ª Tentativa

#### 7.1.1 Estado Limite Último – Esforço Axial nas Barras

Nas análises os maiores valores de esforços solicitantes das combinações últimas normais considerando o vento como principal se apresentaram maiores em relação à combinação considerando a sobrecarga como principal. Entre os banzos superiores e inferiores destacam-se os maiores valores de compressão 125,189kN e de tração -205,308kN. Entre as diagonais destacam-se os maiores valores de compressão 99,232kN e de tração -222,497kN. Os dados finais estão apresentados na tabela 14.

Tabela 14: Esforços Axiais Resultantes nas barras da estrutura

	Banzo	Diagonal
Pumáx – compressão	125,189 kN	99,232 kN
Pumín – tração	-205,308 kN	-222,497 kN

Fonte: Dados de Saída do programa SAP2000 14.

Os diagramas de esforços axiais das barras estão apresentados nas figuras 56 e 57 abaixo.

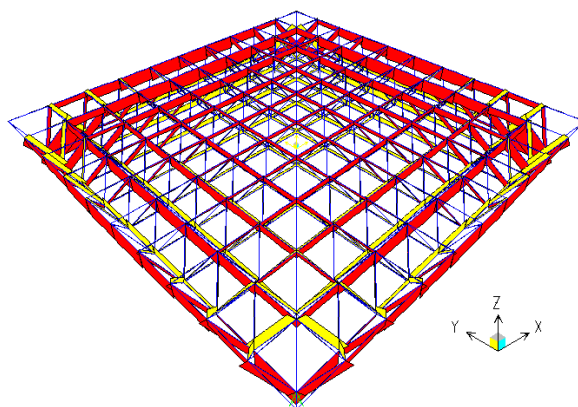


Figura 56: Diagrama de esforço axial na estrutura - vista 3D.  
Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

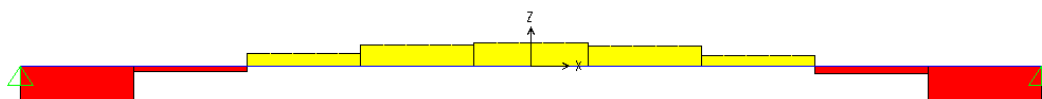


Figura 57: Diagrama de esforço axial na estrutura – vista plano ZX.  
Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

Os esforços resultantes das demais barras estão apresentados no Anexo 5 localizado no final deste trabalho. Os momentos das barras presentes nos dados de saída foram gerados em função do peso próprio dessas barras fornecido automaticamente pelo programa, sendo assim esses momentos foram desconsiderados, por se apresentarem desprezíveis em comparação aos esforços axiais, ver figura 58.

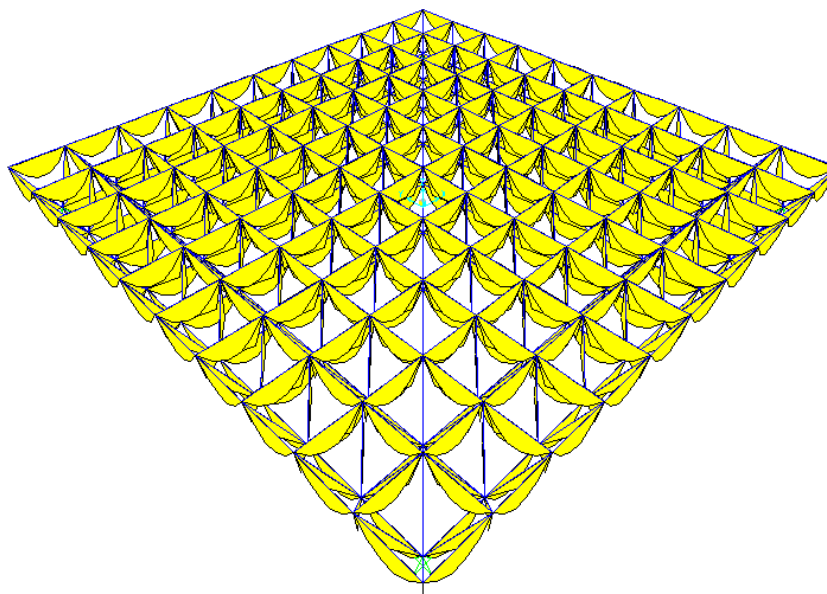


Figura 58: Diagrama de momento fletor das barras da estrutura  
Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

Os esforços da tabela 13 foram utilizados no dimensionamento à tração e à compressão das barras da cobertura.

### **7.1.2 Dimensionamento das Barras da Estrutura de Cobertura**

Os elementos componentes das estruturas metálicas treliçadas tridimensionais são dimensionadas apenas quanto aos esforços denominados axiais. Com os esforços encontrados no item acima, as barras da estrutura foram dimensionadas segundo a NBR8800:2008. O dimensionamento foi baseado na verificação aos estados limites últimos. A definição da seção transversal de cada barra (banzo/diagonal) foi determinada pelo pior caso dentre os dois dimensionamentos (tração/compressão). A seção escolhida atendeu aos dois dimensionamentos simultaneamente.

### **7.1.2.1 Dimensionamento das Barras Tracionadas**

Para as barras tracionadas não foi necessário verificar o estado-limite de ruptura líquida, apenas o estado-limite de escoamento da seção bruta e o índice de esbeltez. Foi construída uma planilha de cálculo no programa *Excel* para efetuar os cálculos baseados nos dados dos tubos adotados. Inicialmente o dimensionamento foi feito utilizando a seção transversal pré-dimensionada no item 5.4.1, lançada no SAP2000 e os resultados foram aceitáveis. As planilhas dos dimensionamentos dos banzos e diagonais tracionados estão dispostas nos anexos 6 e 7 localizados no final deste trabalho.

### **7.1.2.2 Dimensionamento das Barras Comprimidas**

Para as barras comprimidas foi necessário verificar os estados-limites últimos e o índice de esbeltez. Apesar de conhecer as influências que a variação geométrica da seção transversal e da influência da restrição ao giro das extremidades das barras sobre o valor da força resistente da barras, para efeito de cálculo, essas barra foram dimensionadas considerando o valor de  $K$  (coeficiente de flambagem) igual a 1,0 (um). Foi construída uma planilha de cálculo no programa *Excel* para efetuar os cálculos baseados nos dados dos tubos adotados. Inicialmente o dimensionamento foi feito utilizando a seção transversal pré-dimensionada no item 5.4.1. As planilhas dos dimensionamentos dos banzos e diagonais tracionados e comprimidos estão dispostas nos anexos 6 e 7 localizados no final deste trabalho.

### **7.1.3 Discussão dos Resultados**

Verificou-se que as seções pré-dimensionadas passaram com folga nas verificações de estados limites últimos a compressão e a tração. Para reduzir o peso da estrutura e por consequência o custo da obra, as barras foram redimensionadas com o objetivo de buscar a menor seção transversal que estaria dentro das exigências da norma. Com bases nos valores dos esforços solicitantes obtidos no pré-dimensionamento, as seções das barras foram redimensionadas. A menor seção possível para as diagonais é TC60,3x5,5mm e para os banzos é TC60,3x8,7mm.

Tanto as diagonais quanto os banzos têm o mesmo diâmetro, porém se diferenciam pela espessura. Como essa diferença de espessura, para este caso



é considerada pequena, torna-se difícil a identificação visual dessas peças em fábrica e em campo (montagem), sendo assim adotou-se a mesma seção de tubo para as duas barras, no caso TC60,30x8,7mm. Considerou-se que o custo acrescido em função do aumento do peso das diagonais (consequência da alteração da espessura da barra) seria pequeno se comparado ao ganho que poderia ter em produtividade na fábrica e na montagem, além da possibilidade de bom negócio na compra de material, por se tratar de volume de única bitola.

## 7.2 Análise dos Resultados Encontrados na 2ª Tentativa

A estrutura espacial em estudo apresenta certo grau de hiperestaticidade, que com a mudança da seção transversal do tubo, conseqüentemente resulta na alteração dos valores dos esforços solicitantes resultantes nos elementos de barra da cobertura. Desta maneira, necessitou-se realizar nova análise numérica via SAP2000, utilizando a seção transversal definida no item anterior (ver figura 59) para novos valores de esforços solicitantes nas barras. Este grau de interferência também foi avaliado posteriormente.

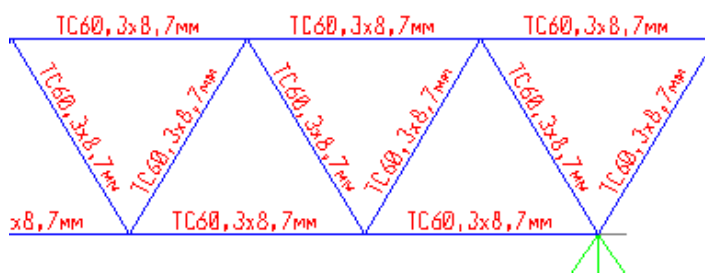


Figura 59: Trecho da treliça (vista do plano xz) – destaque para a seção transversal aplicada TC60,3x8,6mm.

Fonte: área de trabalho – SAP2000 14

### 7.2.1 Estado Limite Último – Esforço Axial nas Barras

Nas análises os maiores valores de esforços solicitantes das combinações últimas normais considerando o vento como principal se apresentaram maiores em relação à combinação considerando a sobrecarga como principal. Entre os banzos superiores e inferiores e diagonais destacam-se os maiores valores de compressão igual a 111,826kN e de tração igual a -183,938kN.

Os esforços resultantes das demais barras estão apresentados no Anexo 8 localizado no final deste trabalho. Os momentos das barras presentes nos dados de saída foram desconsiderados pelos motivos já explicados anteriormente.

### 7.2.2 Dimensionamento das Barras da Estrutura de Cobertura

Com os esforços encontrados no item acima as barras da estrutura foram dimensionadas segundo a NBR8800:2008. As barras foram redimensionadas à tração e à compressão seguindo as mesmas planilhas aplicadas anteriormente. O dimensionamento foi feito utilizando a nova seção transversal lançada no SAP2000 e os resultados foram aceitáveis. As planilhas dos dimensionamentos dos banzos e diagonais tracionados e comprimidos estão dispostas nos anexos 9 e 10 localizados no final deste trabalho.

### 7.2.3 Variação da seção transversal nos esforços solicitantes resultantes

As tabelas 15 e 16 apresentam os valores dos esforços solicitantes resultantes das diagonais e banzos segundo suas seções transversais e as respectivas variações em função dessas alterações geométricas.

Tabela 15: Variação dos valores dos esforços solicitantes resultantes nas Diagonais

Esforço Solicitante (kN)	Seção Transversal		Variação
	TC 88,9 x 7,6 mm (1ª análise)	TC60,3x8,6mm (2ª análise)	
Tração	-222,497	-183,938	<b>-17,33%</b>
Compressão	99,232	111,826	<b>-12,69%</b>

Fonte: Dados de Saída do programa SAP2000 14.

Tabela 16: Variação dos valores dos esforços solicitantes resultantes nos Banzos

Esforço Solicitante (kN)	Seção Transversal		Variação
	TC 101,6 x 8,1 mm (1ª análise)	TC60,3x8,6mm (2ª análise)	
Tração	-205,308	-183,938	<b>10,41%</b>
Compressão	125,189	111,826	<b>10,67%</b>

Fonte: Dados de Saída do programa SAP2000 14.

Em função dos valores das variações dos esforços solicitantes resultantes se apresentarem significativamente consideráveis, foi mesmo necessário refazer a análise numérica para verificação dos estados-limites últimos das barras tracionadas e comprimidas da estrutura de cobertura. Não poderia apenas ter alterado a seção e dimensiona-la com os esforços da 1ª tentativa.

### 7.2.4 Combinações Raras de Serviço - Deslocamentos

Os valores dos deslocamentos dependem da determinação da seção transversal das barras, sendo assim o estado-limite de serviço só foi verificado após definição da seção. Os deslocamentos correspondentes à combinação de

serviço rara considerando o vento como variável principal apresentaram valores superiores ao da outra combinação de serviço rara onde a variável principal é a sobrecarga. Os valores dos deslocamentos máximos da estrutura de cobertura obtidos pelo SAP2000 estão apresentados na tabela 17.

Tabela 17: Deslocamentos máximos – eixo Z – da estrutura de cobertura obtidos pelo SAP2000

	U3 - eixo Z (cm)	
CRS-VE	0,385	-2,371
CRS-SC	0,257	-1,657

Fonte: Dados de Saída do programa SAP2000 14.

Os valores dos deslocamentos dos demais nós da estrutura espacial estão apresentados em uma planilha localizada no anexo 11 no final deste trabalho.

Deslocamento vertical máximo permitido foi calculado considerando que a estrutura de cobertura em estudo se comporta como um sistema de vigas de cobertura. Sendo assim segundo a NBR8800:2008 o deslocamento admissível é igual a  $L/250$ . Ou seja o valor do deslocamento admissível da estrutura é:

$$L/250 = 24,0\text{m}/250 = 0,0960\text{m} = 9,60\text{cm}$$

O deslocamento de serviço máximo obtido pelo programa SAP2000 foi -2,371cm, localizado no nó 161 localizado na camada superior, pela combinação de serviço rara considerando a sobrecarga como variável principal. Sendo assim a estrutura está dentro do permitido pela NBR8800:2008 uma vez que o deslocamento admissível é maior que o deslocamento de serviço da estrutura.

## 8 Dimensionamento dos Pilares Tubulares Metálicos

### 8.1 Estado-limite de Serviço – Deslocamentos

Segundo a Tabela 4 deste trabalho o deslocamento horizontal do topo do pilar em relação à base admissível é igual a  $H/300$ . Ou seja, o valor do deslocamento admissível do pilar é:

$$L/300 = 3,0\text{m}/300 = 0,010\text{m} = 1,00\text{cm}$$

As reações de apoio correspondentes à combinação de serviço rara considerando o vento como variável principal apresentaram valores superiores ao da outra combinação de serviço rara onde a variável principal é a sobrecarga. Sendo assim, para a estrutura em questão foi adotado o pior caso, ou seja, os valores oriundos da combinação de serviço rara considerando o vento como variável principal. Os valores adotados das reações da estrutura de cobertura obtidos pelo SAP2000 estão apresentados na tabela 18.

Tabela 18: Reações nos nós

Reações nos nós							
Joint Text	OutputCase Text	F1 KN	F2 KN	F3 KN	M1 KN.cm	M2 KN.cm	M3 KN.cm
1	CSR-VE	178,53	186,184	190,608	0	0	0
10	CSR-VE	178,53	-186,184	190,608	0	0	0
91	CSR-VE	-197,885	190,232	194,192	0	0	0
100	CSR-VE	-197,885	-190,232	194,192	0	0	0

Fonte: Dados de Saída do programa SAP2000 14.

Para determinar os deslocamentos dos topos dos pilares que sustentam a estrutura espacial de cobertura utilizaram-se as reações de apoio da cobertura lançadas como carregamentos nos pilares. Como o perfil tubular circular metálico apresenta dupla simetria nos eixos X e Y a verificação do deslocamento foi efetuado para apenas a carga de maior valor dentre as demais cargas destes eixos, no caso 197,885kN.

Em função do deslocamento admissível foi encontrado o valor da inércia necessária para atender a essa exigência, ver expressão a seguir:

$$1,0\text{cm} \geq \frac{pL^3}{3EI} \therefore 1,0\text{cm} \geq \frac{197,885 \times (300)^3}{3 \times 20.000 \times I} \therefore I \geq 89.048,25\text{cm}^4$$

Em seguida foi comparado o valor da inércia acima com as inércias dos perfis tubulares comerciais, ou seja, os perfis que estão presentes no mercado. Escolheu-se o perfil comercial do catálogo de perfis tubulares sem costura produzidos pela VMB (ver anexo 12) que tinha a inércia mais próxima da calculada e que apresentava menor peso por metro de tubo, conseqüentemente menor valor, adotou-se então o perfil 559mmx16mm. Para o pilar engastado em estudo encontrou-se o valor do deslocamento horizontal de serviço máximo de cálculo na extremidade livre e encontrou-se o valor do deslocamento de serviço máximo de cálculo igual à 0,885cm.

$$\frac{pL^3}{3EI} = \frac{197,885 \times (300)^3}{3 \times 20.000 \times 100.631,99} = \frac{5.998.725.000}{6.037.919.400} = 0,885cm$$

Sendo assim a estrutura está dentro do permitido pela NBR8800:2008 uma vez que o deslocamento admissível é maior que o deslocamento de serviço da estrutura.

## 8.2 Verificação do Estado-limite Último

As reações de apoio correspondentes à combinação de serviço rara considerando o vento como variável principal apresentaram valores superiores ao da outra combinação de serviço rara onde a variável principal é a sobrecarga. Sendo assim, para a estrutura em questão foi adotado o pior caso, ou seja, os valores oriundos da combinação de serviço rara considerando o vento como variável principal. Os valores adotados das reações da estrutura de cobertura obtidos pelo SAP2000 estão apresentados na tabela 19.

Tabela 19: Reações nos nós

Reações nos nós							
Joint Text	OutputCase Text	F1 (x) KN	F2 (y) KN	F3 (z) KN	M1 KN.cm	M2 KN.cm	M3 KN.cm
1	CUN-VE	248,808	259,523	265,692	0	0	0
10	CUN-VE	248,808	-259,523	265,692	0	0	0
91	CUN-VE	-275,905	265,190	270,710	0	0	0
100	CUN-VE	-275,905	-265,190	270,710	0	0	0

Fonte: Dados de Saída do programa SAP2000 14.

Para dimensionar os pilares que sustentam a estrutura espacial de cobertura utilizou-se as reações de apoio da cobertura lançada como carregamento nos

pilares. A figura 61 apresenta as cargas aplicadas na extremidade superior (ligação com a estrutura de cobertura) de cada um dos pilares metálicos.

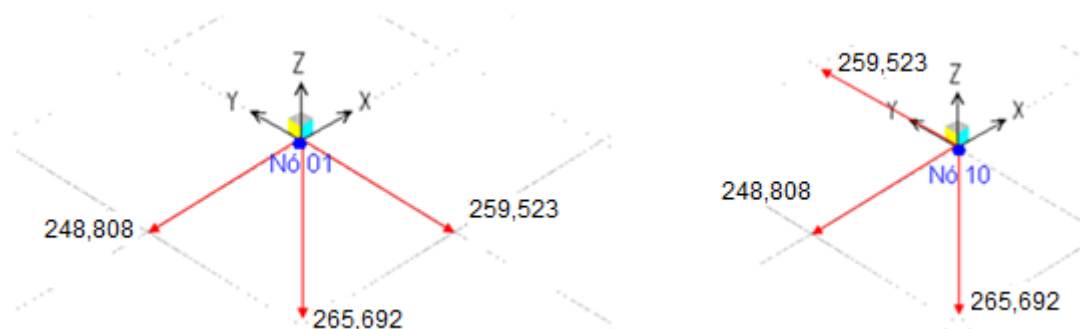


Figura 60: Carregamento dos pilares de sustentação da estrutura de cobertura – nó 01 e nó 10.

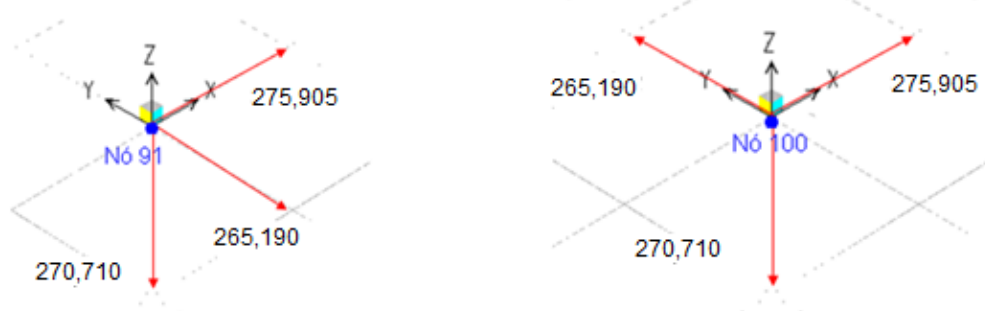


Figura 61: Carregamento dos pilares de sustentação da estrutura de cobertura – nó 91 e nó 100.

Os pilares foram dimensionados considerando a atuação individual das cargas. Ou seja, para a carga do eixo Z o pilar foi dimensionado considerando o comportamento de uma barra engastada comprimida axialmente no eixo central da seção. Neste caso o valor do coeficiente de flambagem K foi considerado igual a 2,1. As cargas ao longo do eixo Z dos quatro nós têm a mesma direção e sentido, portanto para efeito de cálculo o pior caso seria a carga de maior valor, no caso seria 270,710kN.

Para a carga do eixo X o pilar foi dimensionado considerando duas ações analisadas individualmente: o comportamento de uma barra engastada fletida em torno do eixo Y e verificação do esforço cortante na barra. Para a carga do eixo Y o pilar foi dimensionado considerando duas ações analisadas individualmente: o comportamento de uma barra engastada fletida em torno do eixo X e verificação do esforço cortante na barra. Como o perfil tubular circular metálico apresenta dupla simetria nos eixos X e Y a verificação da barra fletida e do esforço cortante foi efetuado para apenas a carga de maior valor dentre as demais cargas destes eixos, no caso 275,905kN.

A definição da seção transversal do pilar tubular circular metálico foi determinada em função do pior caso dentre todos os dimensionamentos. A seção escolhida deveria atender a todas as citadas verificações. A princípio utilizou-se a seção transversal determinada na verificação de serviço.

Foi construída uma planilha de cálculo no programa *Excel* para efetuar os cálculos baseados nos dados das seções adotados em cada verificação. As planilhas de cada dimensionamento dos pilares estão dispostas no Anexo 13 localizado no final deste trabalho. A tabela 20 apresenta os resultados dos dimensionamentos descritos anteriormente.

Tabela 20: Resultados dos dimensionamentos dos pilares

Dimensionamento de Barras Comprimidas			
Nc,sd = 270,710kN	Nc,Rd = 3.645,89kN	$\lambda_{adm} = 200,00$	$\lambda = 23,36$
Dimensionamento de Barras ao Esforço Cortante			
V,sd = 275,905kN	$\sigma_{cr} = 18,00 \text{ kN/cm}^2$	V,Rk = 1.245,70kN	V,Rd = 1.132,46kN
Dimensionamento de Barras Fletidas			
M,sd = 275,905kN x 3,0m = 827,715kN.m		M,Rk = 1.507,11kN.m	M,Rd = 1.370,10kN.m

### 8.2.1 Verificação de Barras Prismáticas submetidas a combinação de esforços solicitantes

Para verificação dos pilares submetidos à combinação de esforços solicitantes, considerou-se a situação mais crítica, com maiores valores de esforços solicitantes, dentre os pilares que sustentam a estrutura de cobertura. No caso o nó 100 se apresentou o pior caso.

De acordo com os cálculos descritos a seguir os pilares dimensionados neste trabalho satisfazem as expressões de interação que descrevem a superfície de colapso das barras submetidas à combinação de esforços solicitantes.

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} = \frac{N_{c,Sd}}{N_{c,Rd}} = \frac{270,710}{3.645,89} = 0,07425 < 0,2$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{2N_{Rd}} + \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2 \rightarrow 0,03713 + 0,60413 = 0,64125 \leq 1,0 \quad \therefore \text{Atende, OK!}$$

## Referências Bibliográficas

BALIO, G.; MAZZOLANI, F. M. **Strutture in Acciaio**, Terceira impressão, Editora Ulrico Hoepli, Milão, 1988.

BERNARDI, R. **Investigação Numérica de Flambagem em Elementos Esbeltos de Perfis Metálicos**, Trabalho final de Curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Ijuí/Rs, 2007.

DU CHATEAU, S. (1984). **Structures Spatiales. In: International Conference On Space Structures**, 3., Guildford, UK, 1984. London/New York: Elsevier Applied Science, p.1058-1067.

FREITAS, C. A. S. F. **Análise teórico-experimental da conexão estampada de treliça espacial de aço sob carregamentos estáticos e cíclico**, Orientador: Luciano Mendes Bezerra, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília/DF, Julho de 2008.

MAGALHÃES, J. R. M.; MALITE, M. **Treliças metálicas espaciais: alguns aspectos relativos ao projeto e à construção**, Número 4, USP, São Carlos, 1998.

MAIOLA, C. H.. **Análise Teórica e Experimental de Treliças Metálicas Espaciais Constituídas por Barras com Extremidades Estampadas**, Orientador: Prof. Dr. Maximiliano Malite, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, 1999.

PORTO, C. E. **Tipologias Arquitetônicas de Estruturas Espaciais em Brasília**, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, 5º Seminário DOCOMOMO Brasil, São Carlos, 27 a 30 de outubro de 2003.

SAMPAIO, T. S.; GONÇALVES R. M. **Análise numérica, via MEF, de ligações em treliças metálicas espaciais**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v.9, n. 38, p. 29-61, 2007.



SOUZA, A. N.; MALITE, M. **Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas**, Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 7, n. 27, p. 27-58, 2005.

SOUZA, A. S. C.; GONÇALVES, R. M. **Treliças Espaciais – Aspectos Gerais: Comportamento Estrutural e Informações para Projetos**, Artigo Técnico, Portal Metálica (<http://www.metallica.com.br/trelicas-espaciais>) .

## **Apostilas**

Dimensionamento Básico de Elementos de estruturas de Aço – Versão 4 – Prof. Ricardo Hallal Fakury – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Estruturas – Universidade Federal de Minas Gerais – Março de 2011 – Belo Horizonte – Minas Gerais

Dimensionamento Básico de Elementos de estruturas de Aço – Versão 2 – Prof. Ricardo Hallal Fakury – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia de Estruturas – Universidade Federal de Minas Gerais – Julho de 2008 – Belo Horizonte – Minas Gerais

Notas de Aula - Estruturas Espaciais para Coberturas – Techneação Engenharia Ltda. – César Silva Melo

Apostila de Análise Estrutural I – Universidade Federal de Santa Catarina – Agosto de 2009 - Prof a. Ângela do Valle e Prof a. Henriette Lebre La Rovere.

## **Normas Técnicas**

ABNT – NBR – 14323 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio – Setembro de 2013.

ABNT – NBR – 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios – Segunda edição – Agosto de 2008.

ABNT – NBR – 6123 – Forças devidas ao vento em edificações – Junho de 1988 – Incorpora a errata nº2 de maio de 2013.

ABNT – NBR – 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de Edificações – Novembro de 1980 - Incorpora a errata nº1 de abril de 2000.

ABNT – NBR – 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas – Novembro de 2013.

### **Sites**

<http://www.spcem.eng.br/espaciais.htm> - acessado em 25/5/10

<http://www.anhembicom.br> – acessado em 25/05/10

<http://eventoemfoco.files.wordpress.com/2009/04/parque-anhembicom.jpg> -  
acessado em 25/05/10

<http://www.acocil.com.br> – acessado em 30/05/10

[http://www.themeparkreview.com/wedding/epcot/wdw\\_epcot02.jpg](http://www.themeparkreview.com/wedding/epcot/wdw_epcot02.jpg) – acessado  
em 30/05/10

[http://www.aluaco.com.br/images/padroes\\_formas02a.gif](http://www.aluaco.com.br/images/padroes_formas02a.gif) – acessado em  
30/05/10

<http://minascentro.com.br/br/belohorizonte/index.php> - acessado em 13/01/11

<http://revistatechne.com.br/engenharia-civil/49/imprime32347.asp> - acessado  
em 18/01/10

<http://www.techneaco.com.br>

[http://www.imageandart.com/tutoriales/morfologia/dcv/estructura/sistema\\_mero/  
primera\\_parte/index.html](http://www.imageandart.com/tutoriales/morfologia/dcv/estructura/sistema_mero/primera_parte/index.html)

[http://vsites.unb.br/fau/pos\\_graduacao/paranoa/edicao1999/estruturas\\_espaciais/  
Image133.gif](http://vsites.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/edicao1999/estruturas_espaciais/Image133.gif)

<http://www.wikipedia.com.br>

## **Anexos**

Anexo 1 – Catálogo Regional Telhas

Anexo 2 – Carregamento aplicado nos nós

Anexo 3 – Catálogo perfis tubulares VMB - Cobertura

Anexo 4 – Passo-a-passo da modelagem e análise numérica

Anexo 5 – Esforços resultantes nas barras – 1ª Tentativa

Anexo 6 – Dimensionamento a tração e compressão dos Banzos – 1ª Tentativa

Anexo 7 – Dimensionamento a tração e compressão das Diagonais – 1ª Tentativa

Anexo 8 – Esforços resultantes nas barras – 2ª Tentativa

Anexo 9 – Dimensionamento a tração e compressão dos Banzos – 2ª Tentativa

Anexo 10 – Dimensionamento a tração e compressão das Diagonais – 2ª Tentativa

Anexo 11 – Deslocamentos de serviço dos nós da cobertura – 2ª Tentativa

Anexo 12 - Tabela de Perfis tubulares circulares sem costura produzidos pela VMB - Pilares

Anexo 13 – Dimensionamento dos Pilares: Compressão - Cortante – Flexão

## Anexo 1 – Catálogo Regional Telhas





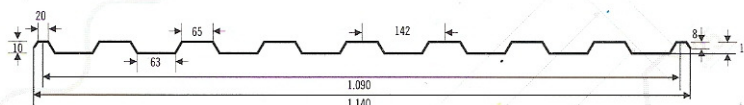
Catálogo de Produtos



## Trapezoidal RT 10 / 1090



PESO*	ESPESSURA (mm)		
	0,43	0,50	0,65
Kg/m	4,13	4,80	6,24
Kg/m <sup>2</sup>	3,78	4,40	5,72

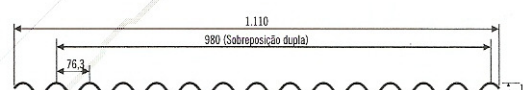


## Ondulada RT 17 / 980



ESPESSURA (mm)	Nº DE APOIOS	DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (mm)							
		1100		1500		1800		2000	
		FE	CO	FE	CO	FE	CO	FE	CO
0,43	2	90	153	33	58	17	32	12	22
	3	163	163	85	86	47	58	34	46
	4	190	204	72	108	40	70	28	50
0,50	2	108	183	40	69	21	38	14	27
	3	194	194	102	102	57	69	40	55
	4	227	243	87	129	48	84	34	60
0,65	2	148	250	54	95	29	52	19	36
	3	262	262	138	138	78	94	55	75
	4	310	329	119	174	66	114	46	82

PESO*	ESPESSURA (mm)		
	0,43	0,50	0,65
Kg/m	4,13	4,80	6,24
Kg/m <sup>2</sup>	4,21	4,89	6,36

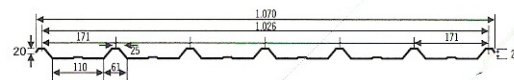


## Trapezoidal RT 25 / 1026



ESPESSURA (mm)	Nº DE APOIOS	DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (mm)							
		1400		1800		2000		2400	
		FE	CO	FE	CO	FE	CO	FE	CO
0,43	2	104	114	47	67	33	54	17	32
	3	114	114	67	67	54	54	36	36
	4	144	144	85	85	68	68	40	46
0,50	2	123	135	56	80	39	64	21	38
	3	135	135	80	80	64	64	43	43
	4	170	170	101	101	81	81	48	55
0,65	2	164	179	74	106	52	85	28	50
	3	179	179	106	106	85	85	57	57
	4	226	226	134	134	108	108	64	73

PESO*	ESPESSURA (mm)		
	0,43	0,50	0,65
Kg/m	4,13	4,80	6,24
Kg/m <sup>2</sup>	4,02	4,67	6,08

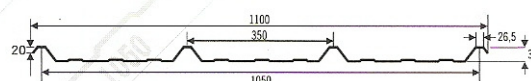


## Trapezoidal RT 35 / 1050



ESPESSURA (mm)	Nº DE APOIOS	DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (mm)							
		1400		1800		2000		2400	
		FE	CO	FE	CO	FE	CO	FE	CO
0,43	2	109	109	64	64	51	51	29	35
	3	109	109	64	64	51	51	35	35
	4	137	137	81	81	65	65	44	44
0,50	2	129	129	76	76	61	61	35	41
	3	129	129	76	76	61	61	41	41
	4	162	162	96	96	77	77	52	52
0,65	2	172	172	101	101	81	81	46	55
	3	172	172	101	101	81	81	55	55
	4	216	216	128	128	103	103	70	70

PESO*	ESPESSURA (mm)		
	0,43	0,50	0,65
Kg/m	4,13	4,80	6,24
Kg/m <sup>2</sup>	3,93	4,57	5,94

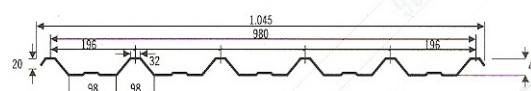


## Trapezoidal RT 40 / 980



ESPESSURA (mm)	Nº DE APOIOS	DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (mm)							
		1400		1800		2000		2400	
		FE	CO	FE	CO	FE	CO	FE	CO
0,43	2	237	237	142	142	106	114	59	78
	3	237	237	142	142	114	114	78	78
	4	298	298	178	178	144	144	99	99
0,50	2	281	281	168	168	125	135	70	92
	3	281	281	168	168	135	135	92	92
	4	352	352	211	211	170	170	117	117
0,65	2	373	373	223	223	167	180	94	123
	3	373	373	223	223	180	180	123	123
	4	468	468	281	281	226	226	155	155

PESO*	ESPESSURA (mm)		
	0,43	0,50	0,65
Kg/m	4,13	4,80	6,24
Kg/m <sup>2</sup>	4,21	4,89	6,36



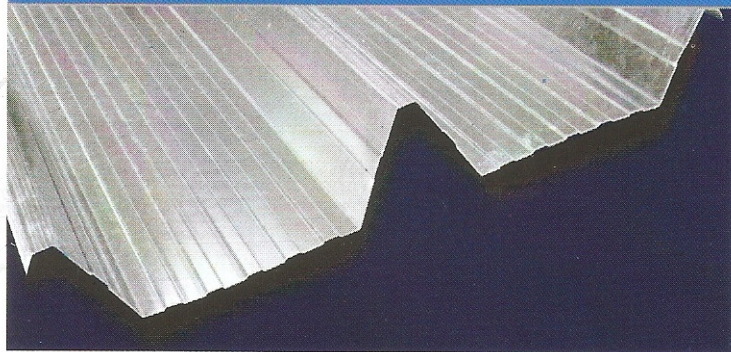
FE = Fechamento CO = Cobertura

\*Peso para Aço Galvanizado

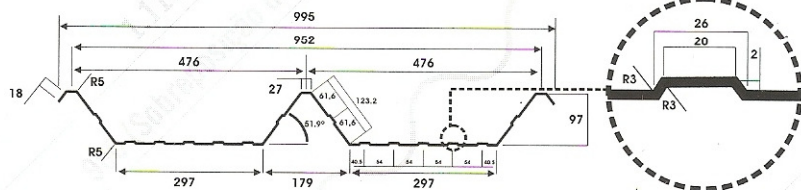
Valores em vermelho não são recomendáveis



## Trapezoidal RT 100 / 952



PESO*	ESPESSURA (mm)			
	0,50	0,65	0,80	0,95
Kg/m	4,80	6,24	7,68	9,12
Kg/m²	5,04	6,55	8,06	9,58

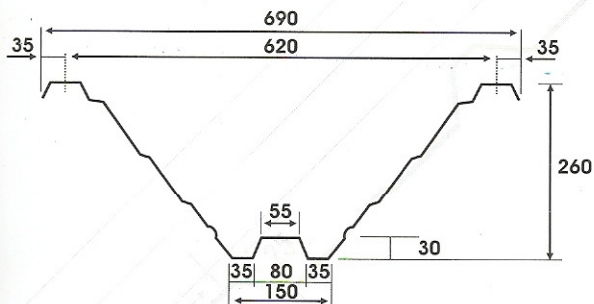


ESPESSURA (mm)	Nº DE APOIOS	DISTÂNCIA ENTRE APOIOS (mm)							
		3500		4000		4750		5750	
		FE	CO	FE	CO	FE	CO	FE	CO
0,50	2	108	108	81	81	56	56	34	37
	3	108	108	81	81	56	56	37	37
	4	136	136	103	103	71	71	47	47
0,65	2	143	143	108	108	75	75	46	49
	3	143	143	108	108	75	75	49	49
	4	181	181	137	137	95	95	63	63
0,80	2	179	179	135	135	94	94	58	61
	3	179	179	135	135	94	94	61	61
	4	226	226	171	171	119	119	79	79
0,95	2	215	215	162	162	112	112	69	74
	3	215	215	162	162	112	112	74	74
	4	271	271	205	205	143	143	94	94

## Trapezoidal RT 260 / 620

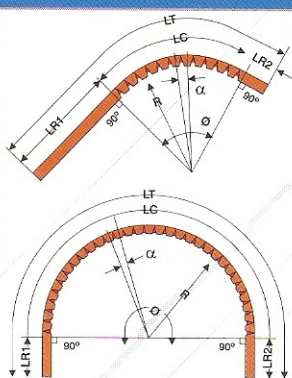


Espeçura (mm)	Peso Kg/m	Peso Kg/m²	Vão Livre (mm)	Balço (mm)
0,80	6,40	10,32	10000	4000
0,95	7,60	12,25	11500	4400
1,25	10,00	16,13	12000	4600
1,55	12,40	20,00	13000	5000



- Para vão livre foi considerado uma flecha de 200mm.
- Para balço foi considerado uma flecha de 300mm.
- Para todos os casos foi considerado uma carga mínima de 60kg/m², com sobrecarga adicional de 15kg.
- Parafuso auto-brocante 1/4 x 7/8" (costura).
- Parafuso 2.1/2 x 5/16" (fixação).
- Para as três primeiras telhas fazer uma cantoneira para travar.
- Contra-vento colocar de metro em metro.

## Multidobras



### Características Técnicas

Símbolo	Unidade	Significado	Observações
R	mm	Raio	Mínimo=400mm
∅	grau	Ângulo interno	De 15° a 180°, variando de 5° em 5°
LC	mm	Comprimento do arco	LC = R x ∅ / 57,3
LR1	mm	Trecho reto	Mínimo sem sobreposição = 200mm
LR2	mm	Trecho reto	Mínimo com sobreposição = 400mm
LT	mm	Comprimento total	Máximo = 2500mm
α	grau	Ângulo de dobra	LT = LC + LR1 + LR2 < 8000mm = 5°

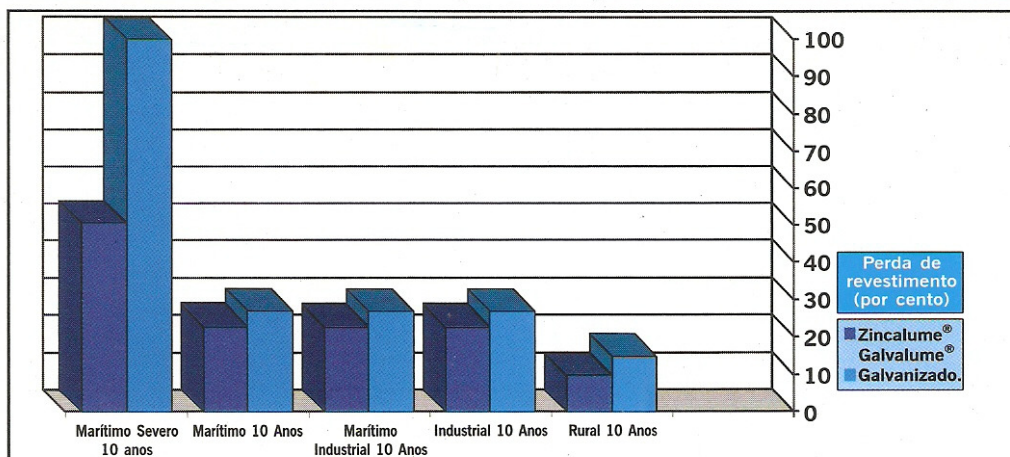
FE = Fechamento CO = Cobertura

\*Peso para Aço Galvanizado

Valores em vermelho não são recomendáveis



# Zincalume® / Galvalume®



Comparação entre Aço Galvanizado e Zincalume® / Galvalume®.

O Zincalume®, produzido desde 1972, foi desenvolvido após várias pesquisas, para melhorar os métodos de desempenho do aço galvanizado tradicional. Pesquisadores descobriram que a combinação do alumínio com zinco forma uma liga para revestimento, excelente contra a corrosão. É comprovado também que o Zincalume® tem vida útil até 4 vezes maior que o aço galvanizado sob as mesmas condições.

Composição do Revestimento: 55% de alumínio, 43,5% de zinco e 1,5% de silício

Desde 2003 a CSN produz o Galvalume® no Brasil, com as mesmas características do Zincalume® Australiano.

- Um produto que resiste fortemente às marcas de estocagem, a conformação, à instalação e ao manuseio.
  - Não necessita de lubrificação na conformação.
  - Fácil de pintar.
- Menos escorregadio, um produto mais seguro para seu manuseio e fixação.

## Telhas Pré-Pintadas

### Principais Aplicações

⇒ Todos os tipos de telhas, inclusive as termo-acústicas, fechamentos laterais, painéis arquitetônicos, forros, portas, portões e janelas.

### Benefícios

- ⇒ Ganho de produtividade
- ⇒ Economia no uso
- ⇒ Melhoria na qualidade

### Camadas de Pintura

- ⇒ Acabamento Externo (topcoat): revestimento externo, na cor especificada pelo cliente.
- ⇒ Acabamento Interno (backer): revestimento interno.
- ⇒ Primer: revestimento interno responsável pela aderência da tinta e proteção contra a corrosão do aço.
- ⇒ Pré- Tratamento: camada que melhora a aderência do primer e protege o aço contra a corrosão

### Pré-Pintado X Pós-Pintado

Os benefícios oferecidos pela tecnologia do pré-pintado estão determinando uma tendência no mercado que é a substituição do processo pós-pintado. Essa substituição deve ser conduzida de forma que não haja traumas internos nas organizações. A Regional Telhas e CSN estão certas do sucesso dessa transformação.

### Cores Disponíveis:



\* possível variação de cor em relação ao original.

Representante:



FMC FERREZIN MARTINS COMERCIAL LTDA.

Av. Dom Antonio, 2103 - Parque Universitário

Cx. Postal 211 - ASSIS/SP - CEP 19806-173

FONE/FAX: (18) 3322 7377

e-mail: regionaltelhas@regionaltelhas.com.br

www.regionaltelhas.com.br



## Anexo 2 – Carregamento aplicado nos nós

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
101	SC	GLOBAL	0	0	-0,36	0	0	0
101	VE	GLOBAL	0,13	0	-1,48	0	0	0
101	TE	GLOBAL	0	0	-0,06	0	0	0
102	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
102	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
102	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
103	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
103	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
103	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
104	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
104	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
104	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
105	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
105	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
105	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
106	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
106	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
106	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
107	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
107	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
107	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
108	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
108	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
108	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
109	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
109	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
109	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
110	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
110	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
110	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
111	SC	GLOBAL	0	0	-0,36	0	0	0
111	VE	GLOBAL	0,13	0	-1,48	0	0	0
111	TE	GLOBAL	0	0	-0,06	0	0	0
112	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
112	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
112	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
113	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
113	VE	GLOBAL	0,52	0	-5,75	0	0	0
113	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
114	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
114	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
114	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
115	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
115	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
115	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
116	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
116	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
116	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
117	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
117	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
117	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
118	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
118	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
118	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
119	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
119	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
119	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
120	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
120	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
120	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
121	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
121	VE	GLOBAL	0,52	0	-5,75	0	0	0
121	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
122	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
122	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
122	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
123	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
123	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
123	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
124	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
124	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
124	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
125	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
125	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
125	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
126	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
126	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
126	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
127	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
127	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
127	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
128	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
128	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
128	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
129	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
129	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
129	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
130	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
130	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
130	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
131	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
131	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
131	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
132	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
132	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
132	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
133	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
133	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
133	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
134	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
134	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
134	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
135	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
135	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
135	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
136	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
136	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
136	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
137	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
137	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
137	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
138	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
138	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
138	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
139	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
139	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
139	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
140	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
140	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
140	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
141	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
141	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
141	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
142	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
142	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
142	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
143	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
143	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
143	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
144	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
144	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
144	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
145	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
145	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
145	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
146	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
146	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
146	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
147	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
147	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
147	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
148	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
148	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
148	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
149	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
149	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
149	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
150	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
150	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
150	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
151	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
151	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
151	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
152	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
152	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
152	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
153	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
153	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
153	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
154	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
154	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
154	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
155	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
155	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
155	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
156	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
156	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
156	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
157	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
157	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
157	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
158	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
158	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
158	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
159	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
159	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
159	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
160	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
160	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
160	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
161	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
161	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
161	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
162	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
162	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
162	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
163	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
163	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
163	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
164	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
164	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
164	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
165	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
165	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
165	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
166	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
166	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
166	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
167	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
167	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
167	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
168	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
168	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
168	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
169	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
169	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
169	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
170	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
170	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
170	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
171	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
171	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
171	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
172	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
172	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
172	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
173	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
173	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
173	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
174	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
174	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
174	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
175	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
175	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
175	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
176	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
176	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
176	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
177	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
177	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
177	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
178	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
178	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
178	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
179	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
179	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
179	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
180	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
180	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
180	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
181	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
181	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
181	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
182	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
182	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
182	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
183	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
183	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
183	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
184	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
184	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
184	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
185	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
185	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
185	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
186	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
186	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
186	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
187	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
187	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
187	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
188	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
188	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
188	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
189	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
189	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
189	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
190	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
190	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
190	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
191	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
191	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
191	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
192	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
192	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
192	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
193	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
193	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
193	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
194	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
194	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
194	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
195	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
195	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
195	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
196	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
196	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
196	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
197	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
197	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
197	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
198	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
198	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
198	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
199	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
199	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
199	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
200	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
200	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
200	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
201	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
201	VE	GLOBAL	0,52	0	-5,75	0	0	0
201	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
202	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
202	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
202	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
203	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
203	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
203	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
204	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
204	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
204	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
205	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
205	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
205	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
206	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
206	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
206	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
207	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
207	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
207	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
208	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
208	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0
208	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
209	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0
209	VE	GLOBAL	0,52	0	-5,75	0	0	0
209	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0
210	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
210	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
210	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
211	SC	GLOBAL	0	0	-0,36	0	0	0
211	VE	GLOBAL	0,13	0	-1,48	0	0	0
211	TE	GLOBAL	0	0	-0,06	0	0	0
212	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
212	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
212	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0

TABLE: Joint Loads - Force								
Joint Text	LoadPat Text	CoordSys Text	F1 (X) KN	F2 (Y) KN	F3 (Z) KN	M1 KN-cm	M2 KN-cm	M3 KN-cm
213	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
213	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
213	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
214	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
214	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
214	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
215	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
215	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
215	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
216	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
216	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
216	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
217	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
217	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
217	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
218	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
218	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
218	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
219	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
219	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
219	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
220	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0
220	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0
220	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0
221	SC	GLOBAL	0	0	-0,36	0	0	0
221	VE	GLOBAL	0,13	0	-1,48	0	0	0
221	TE	GLOBAL	0	0	-0,06	0	0	0



## Anexo 3 – Catálogo perfis tubulares VMB - Cobertura



VALLOUREC & MANNESMANN TUBES

V & M do BRASIL



*Tubos Estruturais  
Seção Circular,  
Quadrada e  
Retangular*







## NOSSA EMPRESA

Fundada em 1952, pela Mannesmannröhren-Werke, a Usina Integrada Barreiro foi instalada no Brasil para atender à recém criada indústria petrolífera brasileira.

Em junho de 2000, com a fusão entre a Mannesmannröhren-Werke e a Vallourec, a Usina Barreiro passou a integrar o grupo V&M TUBES adotando a denominação **V & M do BRASIL S. A.**

Juntamente com a Usina Barreiro, integram o grupo **V & M do BRASIL** a **V & M FLORESTAL** e a **V & M MINERAÇÃO**. Estas empresas trabalham em perfeita sinergia, fornecendo as matérias-primas essenciais ao processo siderúrgico - carvão vegetal e minério de ferro. Com essa independência em relação a outras indústrias, a empresa está em posição de oferecer prazos de entregas competitivos e também produzir diferentes graus de aço de acordo com as demandas individuais de cada cliente.

### Sistema Integrado de Gestão

A **V & M do BRASIL** tem como política operar com elevado padrão de qualidade e modernas tecnologias, visando manter-se na liderança do mercado, com produtos e serviços que atendam às necessidades de seus clientes, além de promover a saúde e segurança no trabalho e a preservação do meio ambiente, prevenir a poluição, cumprir a legislação e as normas aplicáveis e buscar sempre a melhora de seu desempenho.

### Responsabilidade Ambiental

Os tubos de aço sem costura da **V & M do BRASIL** são fabricados com aço cujo processo de produção utiliza o carvão vegetal como termo-redutor. Isso significa que, para cada tonelada de aço fabricada na Usina Barreiro com carvão vegetal, deixa-se de acumular 1,8 toneladas de CO<sub>2</sub>. Com este processo produtivo ambientalmente correto, economicamente viável e socialmente justo, os produtos **V & M do BRASIL** conquistaram o título "Tubo Verde".

Por equilibrar tecnologia com a preservação da natureza, a **V & M do BRASIL** já recebeu os mais importantes certificados internacionais, como API-Q1, ISO TS 16949, ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 e FSC - Forest Stewardship Council, este concedido à **V & M FLORESTAL** pelo bom manejo praticado em suas florestas renováveis.



# ESTRUTURAS COM PERFIS TUBULARES

## Vantagens:

- Resistem de maneira econômica a altas solicitações de torção e efeitos combinados. Também resistem a às solicitações de carga axial,
- Propiciam soluções leves e econômicas, face à sua elevada resistência e baixo peso próprio.
- Traduzem aspecto de arrojado e modernidade.
- Propiciam maiores vãos livres com significativa redução do número de pilares.
- Reduzem significativamente os prazos de construção, os custos de gerenciamento do canteiro de obras e antecipam o retorno do capital.
- Reduzem significativamente os desperdícios.
- Podem ser utilizados como estruturas mistas (tubos preenchidos com concreto), ganhando resistência adicional a esforços de compressão e melhor proteção contra o fogo.
- Possuem menor área se comparadas às seções abertas, o que conduz a menores custos de pintura, proteção contra o fogo, etc., facilitando os serviços de manutenção e minimizando seus custos.

## Aplicações:

- Utilizados em elementos estruturais (colunas, vigas, treliças, estacas de fundação). Como exemplos da aplicação de estruturas utilizando tubos VMB, tem-se: pontes, passarelas, viadutos, instalações desportivas e de exposições, torres de transmissão/telecomunicações, galpões e edificações em geral.



# CARACTERIZAÇÃO DOS TUBOS VMB

## 1 - Composição Química

Especificação			Composição química (% peso)							
			C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Outros
COMUNS	VMB250	A36GrB, A 501	0,30 máx.	0,50 a 1,50	0,15 a 0,40	0,03 máx.	0,03 máx.	0,35 máx.	0,35 máx.	Nb ≤ 0,10 Mo ≤ 0,15 Ni ≤ 0,40
	VMB300	A106GrC, A572Gr42								
	VMB350	A618 GrIII, A572Gr50								
PATINÁVEIS (*)	VMB250cor	---	0,18 máx.	0,50 a 1,30	0,15 a 0,40	0,03 máx.	0,03 máx.	0,25 a 0,50	0,40 a 0,65	Nb ≤ 0,10 Mo ≤ 0,15 Ni ≤ 0,40
	VMB300cor	A 714								
	VMB350cor	A242, A618 GrIb, A714 GrVIII								

\* Aços resistentes a corrosão atmosférica  
- Índice ASTM G 101 ≥ 6.0

## 2 - Propriedades Mecânicas

Aços Estruturais	Limite de Escoamento (FY)	Limite de Resistência à Tração (fu)	Alongamento	
Especificação	( Mpa)	(Mpa)	Lo (mm)	(%) Mínima
VMB 250	> 250	≥ 400	50	23
VMB 300	> 300	≥ 415	50	21
VMB 350	> 350	≥ 485	50	20
Patináveis				
VMB 250 cor	> 250	≥ 400	50	23
VMB 300 cor	> 300	≥ 415	50	21
VMB 350 cor	> 350	≥ 485	50	20
Aços diferentes dos relacionados, mediante consulta.				
Patináveis: Aços resistentes a corrosão atmosférica - índice ASTM G101 ≥ 6.0				
Módulo de elasticidade do aço			E = 205.000 N/mm <sup>2</sup>	
Módulo de elasticidade transversal do aço:			G = E/2(1+ ν) ≅ 79.000 N/mm <sup>2</sup>	
Coeficiente de Poisson do aço: (domínio elástico)			ν = 0,3	
Coeficiente de dilatação térmica do aço:			α = 12 · 10 <sup>-6</sup> / °C	
Densidade do aço:			ρ = 7.850 kg/m <sup>3</sup>	

# CARACTERIZAÇÃO DOS TUBOS VMB

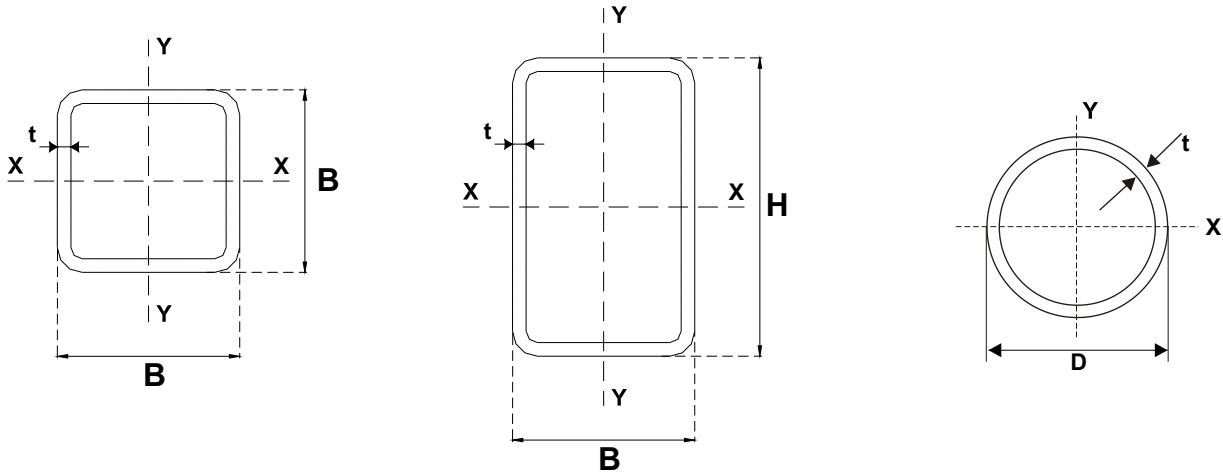
## 3 - Normas aplicáveis

Os tubos VMB são fabricados em conformidade com as normas:

- ASTM A-500 (TUBOS QUADRADOS E RETANGULARES)
- ASTM A-501 (TUBOS CIRCULARES)

### NORMA ASTM A500 / A501 - TOLERÂNCIAS

H* (mm) / D (mm)	Variação Permitida (mm)
<b>Tubos Quadrados e Retangulares</b>	
H < 63,5	± 0,51
63,5 ≤ H < 88,9	± 0,64
88,9 ≤ H < 139,7	± 0,76
139,7 ≤ H	± 1% H
<b>Tubos Circulares</b>	
D ≤ 48,3	-0,4 a +0,8
D ≥ 60,3	± 1% D



### Espessura de Parede (t)

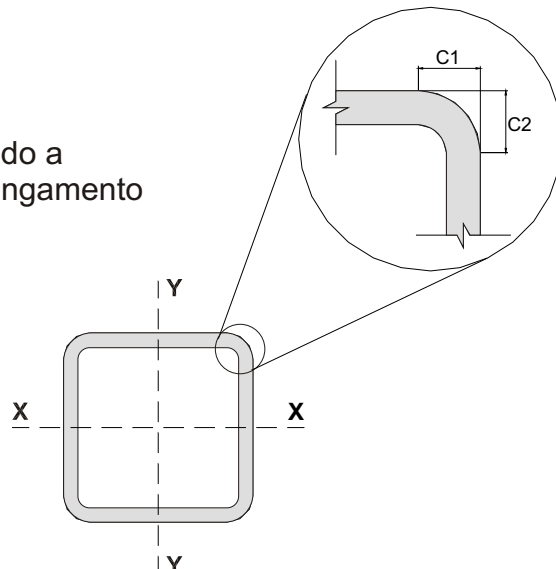
A espessura de parede mínima não estará, em nenhum ponto, mais que 12,5% abaixo da espessura de parede nominal especificada. Em pontos isolados, pode se chegar a -15%.

### Retilidade (e)

$e \leq 2,08 \text{ mm/m}$

### Raio Externo (Ro)

.O perfil de curvatura externo é calculado medindo a distância entre os pontos de interseção do prolongamento do lado plano, por outro.  $2t \leq c1 \leq 3t$



# DIMENSÕES E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS TUBOS ESTRUTURAIS VALLOUREC & MANNESMANN

Diâmetros e Espessuras diferentes podem ser fornecidos mediante consulta.

Diâmetro externo	Espessura parede	Massa por compr. Unitário	Área seção transver. de aço	Momento de Inércia	Raio de Giração	Módulo Elást. de Resist. à Flexão	Módulo Plást. de Resist. À Flexão	Const. Torção	Módulo de Resist. à Torção	Área de Pintura
D (mm)	t (mm)	P (kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	r (cm)	W (cm <sup>3</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	I <sub>T</sub> (cm <sup>4</sup> )	W t (cm <sup>3</sup> )	U (m <sup>2</sup> /m)
26,7	2,9	1,69	2,15	1,55	0,849	1,16	1,64	3,09	2,32	0,084
	3,9	2,20	2,80	1,87	0,818	1,40	2,05	3,74	2,80	
33,4	3,4	2,50	3,19	3,64	1,07	2,18	3,06	7,27	4,36	0,105
	4,6	3,24	4,12	4,40	1,03	2,63	3,82	8,79	5,27	
	6,4	4,24	5,40	5,21	0,98	3,12	4,73	10,4	6,24	
38,1	3,0	2,60	3,31	5,13	1,25	2,69	3,71	10,3	5,39	0,120
	5,0	4,08	5,20	7,28	1,18	3,82	5,52	14,6	7,65	
42,2	3,6	3,39	4,32	8,13	1,37	3,85	5,33	16,3	7,71	0,133
	4,9	4,47	5,69	10,1	1,33	4,78	6,80	20,2	9,56	
	6,4	5,61	7,15	11,8	1,29	5,62	8,25	23,7	11,2	
48,3	9,7	7,77	9,90	14,2	1,20	6,75	10,5	28,5	13,5	0,152
	3,7	4,05	5,16	12,9	1,58	5,35	7,34	25,9	10,7	
	5,1	5,41	6,90	16,3	1,54	6,76	9,53	32,7	13,5	
	7,1	7,25	9,23	20,1	1,48	8,34	12,2	40,3	16,7	
60,3	10,2	9,55	12,2	23,7	1,40	9,81	15,1	47,4	19,6	0,189
	3,6	5,01	6,38	25,8	2,01	8,54	11,5	51,5	17,1	
	3,9	5,44	6,93	27,7	2,00	9,18	12,5	55,3	18,4	
	4,4	6,03	7,68	30,2	1,98	10,0	13,7	60,4	20,0	
	4,8	6,54	8,34	32,4	1,97	10,7	14,8	64,7	21,5	
	5,5	7,48	9,53	36,1	1,95	12,0	16,7	72,2	23,9	
	6,4	8,45	10,8	39,7	1,92	13,2	18,6	79,4	26,3	
	7,1	9,36	11,9	42,9	1,90	14,2	20,3	85,8	28,4	
73,0	8,7	11,1	14,2	48,4	1,85	16,1	23,5	96,8	32,1	0,229
	11,1	13,4	17,1	54,5	1,78	18,1	27,3	109	36,1	
	4,0	6,74	8,59	51,3	2,44	14,1	18,9	103	28,1	
	4,4	7,40	9,42	55,7	2,43	15,3	20,6	111	30,5	
	4,8	8,04	10,2	59,9	2,42	16,4	22,3	120	32,8	
	5,2	8,63	11,0	63,6	2,41	17,4	23,8	127	34,9	
	5,5	9,14	11,6	66,8	2,39	18,3	25,1	134	36,6	
	6,4	10,4	13,3	74,5	2,37	20,4	28,3	149	40,8	
88,9	7,0	11,4	14,5	80,0	2,35	21,9	30,6	160	43,8	0,279
	9,5	14,9	19,0	97,8	2,27	26,8	38,7	196	53,6	
	14,0	20,4	26,0	119	2,14	32,7	49,7	239	65,4	
	4,4	9,11	11,6	104	2,99	23,4	31,3	208	46,8	
	4,8	9,92	12,6	112	2,98	25,2	33,9	224	50,4	
	5,5	11,3	14,4	126	2,96	28,3	38,3	251	56,5	
	6,4	12,9	16,5	141	2,93	31,7	43,4	282	63,5	
	7,1	14,4	18,3	154	2,90	34,7	47,9	309	69,5	
101,6	7,6	15,3	19,5	162	2,89	36,5	50,5	324	72,9	0,319
	11,1	21,3	27,2	210	2,78	47,2	67,8	420	94,4	
	15,2	27,7	35,3	249	2,66	56,1	83,9	499	112	
	4,0	9,54	12,1	145	3,45	28,5	37,8	290	57,1	
	4,4	10,5	13,3	158	3,44	31,1	41,3	316	62,2	
	4,8	11,4	14,5	171	3,43	33,6	44,8	342	67,2	
	5,7	13,6	17,3	199	3,40	39,2	52,8	399	78,5	
6,4	14,9	19,0	216	3,38	42,6	57,7	433	85,2		
101,6	7,1	16,6	21,2	238	3,35	46,8	63,8	475	93,6	0,319
	8,1	18,6	23,7	261	3,32	51,5	70,8	523	103	

As bitolas destacadas com faixa dourada são as mais freqüentemente produzidas e devem ser adotadas preferencialmente. Para outras bitolas, consultar sobre quantidades mínimas de fabricação.



# DIMENSÕES E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS TUBOS ESTRUTURAIS VALLOUREC & MANNESMANN

Diâmetros e Espessuras diferentes podem ser fornecidos mediante consulta.

Diâmetro externo	Espessura parede	Massa por compr. Unitário	Área seção transvers. de aço	Momento de Inércia	Raio de Giração	Módulo Elást. de Resist. à Flexão	Módulo Plást. de Resist. À Flexão	Const. Torção	Módulo de Resist. à Torção	Área de Pintura
D (mm)	t (mm)	P (kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	r (cm)	W (cm <sup>3</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	I <sub>T</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>t</sub> (cm <sup>3</sup> )	U (m <sup>2</sup> /m)
114,3	4,0	10,8	13,7	209	3,90	36,6	48,2	418	73,2	0,359
	4,4	11,8	15,1	228	3,89	40,0	52,8	457	79,9	
	4,8	12,9	16,4	247	3,88	43,2	57,4	494	86,5	
	5,2	13,9	17,7	264	3,86	46,2	61,5	528	92,4	
	5,6	14,9	19,0	281	3,85	49,3	65,8	563	98,5	
	6,0	16,1	20,5	301	3,83	52,7	70,7	602	105	
	6,4	16,9	21,5	315	3,82	55,1	74,1	630	110	
	7,1	18,9	24,0	347	3,80	60,6	82,1	693	121	
	7,9	20,8	26,5	377	3,77	65,9	89,8	753	132	
	8,6	22,3	28,4	400	3,75	70,0	95,9	800	140	
	11,1	28,3	36,1	486	3,67	85,0	119	971	170	
	13,5	33,5	42,7	552	3,60	96,7	138	1.100	193	
	17,1	41,0	52,3	636	3,49	111	163	1.270	223	
141,3	5,6	18,6	23,7	547	4,80	77,4	103	1.090	155	0,444
	6,6	21,8	27,7	631	4,77	89,3	119	1.260	179	
	7,1	23,6	30,1	679	4,75	96,1	129	1.360	192	
	7,9	26,1	33,2	741	4,72	105	141	1.480	210	
	8,7	28,6	36,4	803	4,70	114	154	1.610	227	
	9,5	31,0	39,5	861	4,67	122	166	1.720	244	
	12,7	40,3	51,3	1.070	4,57	152	211	2.140	303	
	15,9	49,1	62,6	1.250	4,47	177	251	2.500	354	
	19,1	57,4	73,2	1.400	4,37	198	287	2.800	396	
168,3	4,8	19,3	24,6	821	5,78	97,6	128	1.640	195	0,529
	5,2	20,8	26,4	881	5,77	105	137	1.760	209	
	5,6	22,3	28,4	942	5,76	112	147	1.880	224	
	6,4	25,4	32,3	1.060	5,73	126	167	2.120	252	
	7,1	28,3	36,0	1.170	5,70	139	185	2.340	278	
	7,9	31,3	39,9	1.290	5,68	153	204	2.570	306	
	8,7	34,4	43,8	1.400	5,65	166	223	2.800	332	
	9,5	37,3	47,5	1.500	5,62	179	241	3.010	357	
	11,0	42,6	54,2	1.690	5,58	200	272	3.370	401	
	12,7	48,7	62,1	1.890	5,52	225	308	3.780	450	
	14,3	54,2	69,1	2.070	5,47	245	340	4.130	491	
	15,9	59,7	76,0	2.230	5,42	265	370	4.460	531	
	18,3	67,6	86,1	2.460	5,34	292	413	4.920	584	
	19,1	70,1	89,3	2.530	5,32	300	427	5.060	601	
22,0	79,2	101	2.760	5,23	328	474	5.530	657		
22,2	80,1	102	2.780	5,22	331	478	5.570	662		
219,1	7,9	41,2	52,5	2.930	7,47	268	353	5.870	536	0,688
	8,2	42,5	54,2	3.020	7,46	276	364	6.040	551	
	8,7	45,3	57,8	3.200	7,44	292	387	6.400	584	
	9,5	49,3	62,7	3.450	7,42	315	419	6.900	630	
	10,3	53,1	67,6	3.690	7,39	337	450	7.390	674	
	11,1	57,1	72,7	3.940	7,36	360	482	7.890	720	
	12,7	64,6	82,3	4.400	7,31	402	542	8.800	804	
	14,3	72,1	91,8	4.840	7,26	442	600	9.680	883	
	15,1	75,9	96,7	5.060	7,23	462	629	10.120	924	
	15,9	79,6	101	5.270	7,21	481	657	10.530	961	
	18,3	90,4	115	5.860	7,13	535	739	11.710	1.070	
	19,1	94,0	120	6.040	7,10	552	765	12.090	1.100	
	20,6	101	129	6.400	7,06	584	815	12.800	1.170	
	22,2	108	137	6.750	7,00	616	865	13.490	1.230	
	23,0	111	142	6.910	6,98	630	889	13.810	1.260	
25,4	121	155	7.370	6,91	673	958	14.750	1.350		

As bitolas destacadas com faixa dourada são as mais freqüentemente produzidas e devem ser adotadas preferencialmente. Para outras bitolas, consultar sobre quantidades mínimas de fabricação.

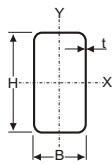
# DIMENSÕES E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS TUBOS ESTRUTURAIS VALLOUREC & MANNESMANN

Diâmetros e Espessuras diferentes podem ser fornecidos mediante consulta.

Diâmetro externo	Espessura parede	Massa por compr. Unitário	Área seção transver. de aço	Momento de Inércia	Raio de Giração	Módulo Elást. de Resist. à Flexão	Módulo Plást. de Resist. À Flexão	Const. Torção	Módulo de Resist. à Torção	Área de Pintura
D (mm)	t (mm)	P (kg/m)	A (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	r (cm)	W (cm <sup>3</sup> )	Z (cm <sup>3</sup> )	I <sub>T</sub> (cm <sup>4</sup> )	W t (cm <sup>3</sup> )	U (m <sup>2</sup> / m)
273,0	7,8	51,0	65,0	5.720	9,38	419	549	11.440	838	0,858
	8,7	57,0	72,6	6.340	9,35	465	611	12.680	929	
	9,3	60,3	76,8	6.690	9,33	490	645	13.370	980	
	11,1	71,9	91,6	7.860	9,27	576	764	15.730	1.150	
	12,7	81,5	104	8.820	9,21	646	861	17.630	1.290	
	14,3	91,1	116	9.740	9,16	713	956	19.470	1.430	
	15,1	96,0	122	10.200	9,13	747	1.000	20.400	1.490	
	15,9	101	128	10.640	9,11	780	1.050	21.280	1.560	
	18,3	115	146	11.910	9,03	873	1.190	23.830	1.750	
	20,6	128	163	13.100	8,95	960	1.320	26.210	1.920	
	21,4	133	169	13.500	8,93	989	1.360	27.000	1.980	
	22,2	137	175	13.870	8,90	1.020	1.400	27.750	2.030	
	23,8	146	187	14.610	8,85	1.070	1.480	29.220	2.140	
	25,4	155	198	15.300	8,80	1.120	1.560	30.600	2.240	
	28,6	172	219	16.610	8,70	1.220	1.720	33.220	2.430	
31,8	189	241	17.810	8,60	1.300	1.860	35.620	2.610		
323,8	8,4	65,2	83,0	10.330	11,2	638	834	20.670	1.280	1,02
	8,7	67,9	86,5	10.740	11,1	663	868	21.480	1.330	
	9,5	73,9	94,1	11.630	11,1	718	942	23.250	1.440	
	10,3	79,7	102	12.490	11,1	771	1.010	24.970	1.540	
	11,1	85,8	109	13.380	11,1	826	1.090	26.750	1.650	
	12,7	97,4	124	15.040	11,0	929	1.230	30.080	1.860	
	14,3	109	139	16.650	11,0	1.030	1.370	33.310	2.060	
	15,9	121	154	18.250	10,9	1.130	1.510	36.510	2.260	
	17,5	132	168	19.790	10,8	1.220	1.640	39.590	2.450	
	19,1	143	182	21.260	10,8	1.310	1.770	42.510	2.630	
	20,6	154	196	22.670	10,7	1.400	1.900	45.340	2.800	
	21,4	160	204	23.390	10,7	1.440	1.960	46.780	2.890	
	22,2	165	211	24.070	10,7	1.490	2.030	48.140	2.970	
	23,8	176	225	25.420	10,6	1.570	2.150	50.840	3.140	
	25,4	187	238	26.690	10,6	1.650	2.270	53.390	3.300	
27,0	197	252	27.930	10,5	1.720	2.380	55.860	3.450		
28,6	208	265	29.150	10,5	1.800	2.500	58.300	3.600		
355,6	9,5	81,3	104	15.520	12,2	873	1.140	31.050	1.750	1,12
	10,3	87,8	112	16.680	12,2	938	1.230	33.360	1.880	
	11,1	94,6	120	17.880	12,2	1.010	1.320	35.770	2.010	
	11,9	101	129	19.010	12,2	1.070	1.410	38.020	2.140	
	12,7	107	137	20.140	12,1	1.130	1.490	40.270	2.260	
	14,3	120	153	22.320	12,1	1.260	1.660	44.650	2.510	
	15,1	127	161	23.440	12,1	1.320	1.750	46.880	2.640	
	15,9	133	169	24.500	12,0	1.380	1.830	49.010	2.760	
	17,5	146	186	26.610	12,0	1.500	2.000	53.210	2.990	
	19,1	158	201	28.610	11,9	1.610	2.160	57.220	3.220	
	20,6	170	217	30.550	11,9	1.720	2.320	61.110	3.440	
	22,2	183	233	32.490	11,8	1.830	2.470	64.970	3.650	
	23,8	195	248	34.350	11,8	1.930	2.630	68.700	3.860	
25,4	207	263	36.120	11,7	2.030	2.770	72.250	4.060		

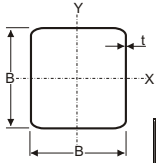
As bitolas destacadas com faixa dourada são as mais freqüentemente produzidas e devem ser adotadas preferencialmente. Para outras bitolas, consultar sobre quantidades mínimas de fabricação.

# DIMENSÕES E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS - PERFILADO RETANGULAR TUBOS ESTRUTURAIS VALLOUREC & MANNESMANN



DIMENSÕES		ESPESSURA DE PAREDE (mm) PESO (kg/m)													
		3,6	3,9	4,4	4,8	5,2	5,6	6,4	7,1	8,2	8,8	9,5	10,3	11,1	12,7
60	40	5,03	5,42	6,07	6,57	7,07	7,55	8,51	9,31						
60	50	5,32	5,73	6,41	6,95	7,48	8,00	9,01	9,88						
70	40	5,32	5,73	6,41	6,95	7,48	8,00	9,01	9,88						
70	50	6,16	6,65	7,44	8,07	8,69	9,31	10,51	11,54						
70	60	6,43	6,93	7,77	8,43	9,08	9,72	10,98	12,06	13,71					
80	40	6,16	6,65	7,44	8,07	8,69	9,31	10,51	11,54	13,10	13,93	14,88			
80	50	6,43	6,93	7,77	8,43	9,08	9,72	10,98	12,06	13,71	14,58	15,58			
90	60	8,25	8,91	9,99	10,85	11,71	12,55	14,22	15,65	17,86	19,03	20,38			
102	52	8,25	8,91	9,99	10,85	11,71	12,55	14,22	15,65	17,86	19,03	20,38			
100	70		10,01	11,24	12,22	13,18	14,14	16,04	17,67	20,18	21,53	23,08			
100	80		10,01	11,24	12,22	13,18	14,14	16,04	17,67	20,18	21,53	23,08	24,82	26,53	
110	60		9,40	10,55	11,46	12,36	13,26	15,03	16,55	18,89	20,14	21,58	23,19	24,77	
110	70		10,01	11,24	12,22	13,18	14,14	16,04	17,67	20,18	21,53	23,08	24,82	26,53	
110	80			11,93	12,96	13,99	15,01	17,03	18,77	21,46	22,90	24,55	26,42	28,25	
120	60		10,01	11,24	12,22	13,18	14,14	16,04	17,67	20,18	21,53	23,08	24,82	26,53	
120	80			12,65	13,75	14,85	15,94	18,09	19,94	22,81	24,35	26,12	28,12	30,08	33,92
120	100			13,95	15,18	16,39	17,59	19,98	22,04	25,24	26,95	28,93	31,17	33,37	37,68
130	70			12,65	13,75	14,85	15,94	18,09	19,94	22,81	24,35	26,12	28,12	30,08	33,92
130	80				14,47	15,62	16,77	19,03	20,99	24,02	25,65	27,53	29,64	31,73	35,80
130	100				16,16	17,45	18,74	21,29	23,50	26,92	28,75	30,88	33,27	35,64	40,28
140	80				15,18	16,39	17,59	19,98	22,04	25,24	26,95	28,93	31,17	33,37	37,68
140	90				16,16	17,45	18,74	21,29	23,50	26,92	28,75	30,88	33,27	35,64	40,28
140	110				17,54	18,95	20,36	23,14	25,55	29,28	31,29	33,62	36,25	38,84	43,94
150	80				16,71	18,06	19,39	22,03	24,32	27,87	29,77	31,98	34,47	36,93	41,75
150	100				17,54	18,95	20,36	23,14	25,55	29,28	31,29	33,62	36,25	38,84	43,94
150	120					20,92	22,47	25,55	28,22	32,38	34,61	37,20	40,13	43,03	48,73
160	90				17,54	18,95	20,36	23,14	25,55	29,28	31,29	33,62	36,25	38,84	43,94
160	110					20,92	22,47	25,55	28,22	32,38	34,61	37,20	40,13	43,03	48,73
160	130						23,78	27,05	29,89	34,30	36,68	39,43	42,55	45,63	51,71
170	100					20,92	22,47	25,55	28,22	32,38	34,61	37,20	40,13	43,03	48,73
170	120						23,78	27,05	29,89	34,30	36,68	39,43	42,55	45,63	51,71
170	130							28,58	31,59	36,26	38,78	41,70	45,01	48,29	54,75
180	110							27,05	29,89	34,30	36,68	39,43	42,55	45,63	51,71
180	120							28,58	31,59	36,26	38,78	41,70	45,01	48,29	54,75
180	130							29,56	32,67	37,51	40,13	43,15	46,58	49,98	56,69
200	100							28,58	31,59	36,26	38,78	41,70	45,01	48,29	54,75
200	110							29,56	32,67	37,51	40,13	43,15	46,58	49,98	56,69
200	150							33,57	37,12	42,65	45,64	49,10	53,04	56,94	64,64
220	130							33,57	37,12	42,65	45,64	49,10	53,04	56,94	64,64
220	160							36,08	39,90	45,86	49,09	52,83	57,08	61,29	69,62
220	180							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
230	120							33,57	37,12	42,65	45,64	49,10	53,04	56,94	64,64
230	150							36,08	39,90	45,86	49,09	52,83	57,08	61,29	69,62
230	170							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
240	140							36,08	39,90	45,86	49,09	52,83	57,08	61,29	69,62
240	160							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
240	200							42,09	46,57	53,57	57,36	61,76	66,75	71,72	81,56
250	130							36,08	39,90	45,86	49,09	52,83	57,08	61,29	69,62
250	150							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
250	190							42,09	46,57	53,57	57,36	61,76	66,75	71,72	81,56
260	140							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
260	180							42,09	46,57	53,57	57,36	61,76	66,75	71,72	81,56
260	220								51,02	58,70	62,87	67,71	73,20	78,67	89,51
280	160								46,57	53,57	57,36	61,76	66,75	71,72	81,56
280	200								51,02	58,70	62,87	67,71	73,20	78,67	89,51
280	240								55,31	63,66	68,19	73,45	79,43	85,38	97,18
290	150								46,57	53,57	57,36	61,76	66,75	71,72	81,56
290	190								51,02	58,70	62,87	67,71	73,20	78,67	89,51
290	230								55,45	63,82	68,36	73,63	79,63	85,60	97,43
300	180								51,02	58,70	62,87	67,71	73,20	78,67	89,51
300	220								55,45	63,82	68,36	73,63	79,63	85,60	97,43
300	240									67,04	71,81	77,36	83,67	89,95	102,41
310	170								51,02	58,70	62,87	67,71	73,20	78,67	89,51
310	210								55,45	63,82	68,36	73,63	79,63	85,60	97,43
310	230									67,04	71,81	77,36	83,67	89,95	102,41
320	200								55,45	63,82	68,36	73,63	79,63	85,60	97,43
320	220									67,04	71,81	77,36	83,67	89,95	102,41
320	250								61,02	70,25	75,26	81,08	87,71	94,30	107,39
330	190								55,45	63,82	68,36	73,63	79,63	85,60	97,43
330	210									66,89	71,66	77,19	83,49	89,76	102,20
330	240									70,25	75,26	81,08	87,71	94,30	107,39
340	200									67,04	71,81	77,36	83,67	89,95	102,41
340	230									70,25	75,26	81,08	87,71	94,30	107,39
350	190									67,04	71,81	77,36	83,67	89,95	102,41
350	220									70,25	75,26	81,08	87,71	94,30	107,39
360	210									70,25	75,26	81,08	87,71	94,30	107,39

# DIMENSÕES E PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS - PERFILADO QUADRADO TUBOS ESTRUTURAIS VALLOUREC & MANNESMANN



DIMENSÕES		ESPESSURA DE PAREDE (mm) PESO (kg/m)													
		3,6	3,9	4,4	4,8	5,2	5,6	6,4	7,1	8,2	8,8	9,5	10,3	11,1	12,7
50	50	5,03	5,42	6,07	6,57	7,07	7,55	8,51	9,31						
55	55	5,32	5,73	6,41	6,95	7,48	8,00	9,01	9,88						
60	60	6,16	6,65	7,44	8,07	8,69	9,31	10,51	11,54						
65	65	6,43	6,93	7,77	8,43	9,08	9,72	10,98	12,06						
75	75	7,57	8,18	9,17	9,96	10,73	11,50	13,02	14,32	16,32	17,38	18,60			
80	80	8,25	8,91	9,99	10,85	11,71	12,55	14,22	15,65	17,86	19,03	20,38			
85	85		9,40	10,55	11,46	12,36	13,26	15,03	16,55	18,89	20,14	21,58			
90	90		10,01	11,24	12,22	13,18	14,14	16,04	17,67	20,18	21,53	23,08	24,82	26,53	
95	95			11,93	12,96	13,99	15,01	17,03	18,77	21,46	22,90	24,55	26,42	28,25	
100	100			12,65	13,75	14,85	15,94	18,09	19,94	22,81	24,35	26,12	28,12	30,08	33,92
105	105				14,47	15,62	16,77	19,03	20,99	24,02	25,65	27,53	29,64	31,73	35,80
110	110				15,18	16,39	17,59	19,98	22,04	25,24	26,95	28,93	31,17	33,37	37,68
120	120				16,71	18,06	19,39	22,03	24,32	27,87	29,77	31,98	34,47	36,93	41,75
125	125				17,54	18,95	20,36	23,14	25,55	29,28	31,29	33,62	36,25	38,84	43,94
130	130				17,90	19,34	20,77	23,61	26,07	29,89	31,94	34,32	37,01	39,66	44,88
135	135				18,96	20,49	22,01	25,03	27,65	31,71	33,90	36,43	39,29	42,13	47,70
140	140					20,92	22,47	25,55	28,22	32,38	34,61	37,20	40,13	43,03	48,73
145	145						23,78	27,05	29,89	34,30	36,68	39,43	42,55	45,63	51,71
150	150							28,58	31,59	36,26	38,78	41,70	45,01	48,29	54,75
155	155							29,45	32,55	37,37	39,97	42,99	46,41	49,79	56,47
160	160							29,56	32,67	37,51	40,13	43,15	46,58	49,98	56,69
175	175							33,57	37,12	42,65	45,64	49,10	53,04	56,94	64,64
180	180							33,57	37,12	42,65	45,64	49,10	53,04	56,94	64,64
185	185							36,08	39,90	45,86	49,09	52,83	57,08	61,29	69,62
190	190							36,08	39,90	45,86	49,09	52,83	57,08	61,29	69,62
195	195							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
200	200							37,58	41,57	47,78	51,15	55,06	59,49	63,89	72,60
220	220							42,09	46,57	53,57	57,36	61,76	66,75	71,72	81,56
240	240								51,02	58,70	62,87	67,71	73,20	78,67	89,51
260	260								55,45	63,82	68,36	73,63	79,63	85,60	97,43
270	270									67,04	71,81	77,36	83,67	89,95	102,41
290	290									70,25	75,26	81,08	87,71	94,30	107,39

## CONVERSÕES FREQUENTEMENTE USADAS

Polegadas em milímetros	1 in = 25,4 mm
Milímetros em polegadas	1 mm = 0,03937 in
Pés em metros	1 ft = 0,3048 m
Metros em pés	1 m = 3,28084 ft
Kilopound em Newton	1 kp = 9,80665 N
Newton em kilopound	1 N = 0,10197 kp
Libra-força por polegada quadrada (PSI) em Newton por milímetro quadrado	1 lbf/in <sup>2</sup> = 0,00689 N/mm <sup>2</sup>
Newton por milímetro quadrado Libra-força por polegada quadrada (PSI)	1 N/mm <sup>2</sup> = 145,038 lbf/in <sup>2</sup>
Libra-força por pé quadrado em Newton por metro quadrado	1 lbf/ft <sup>2</sup> = 47,8803 N/m <sup>2</sup>
Newton por metro quadrado Libra-força por pé quadrado	1 N/m <sup>2</sup> = 0,02089 lbf/ft <sup>2</sup>
Pé libra-força em Joule	1 ft lbf = 1,35582 J
Joule em pé libra-força	1 J = 0,73756 ft lbf
Graus Fahrenheit em graus centígrados	°F = 1,8 x °C + 32°
Graus Centígrados em graus Fahrenheit	°C = 5/9 x (°F - 32°)

1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1 MPa    1 N mm<sup>2</sup> = 1 Pa    1 KSI = 1000 PSI

	N/mm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>	Kp/mm <sup>2</sup>	Kp/cm <sup>2</sup>	Kp/m <sup>2</sup>
1 N/mm <sup>2</sup>	1	100	1 x 10 <sup>6</sup>	0,102	10,2	1,02 x 10 <sup>5</sup>
1 N/cm <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>-2</sup>	1	1 x 10 <sup>4</sup>	1,02 x 10 <sup>-2</sup>	0,102	1,02 x 10 <sup>3</sup>
1 N/m <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>-6</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	1	1,02 x 10 <sup>-7</sup>	1,02 x 10 <sup>-5</sup>	0,102
1 kp/mm <sup>2</sup>	9,81	981	9,81 x 10 <sup>6</sup>	1	100	1 x 10 <sup>-6</sup>
1 kp/cm <sup>2</sup>	9,81 x 10 <sup>-2</sup>	9,81	9,81 x 10 <sup>4</sup>	1 x 10 <sup>-2</sup>	1	1 x 10 <sup>-4</sup>
1 kp/m <sup>2</sup>	9,81 x 10 <sup>-6</sup>	9,81 x 10 <sup>-4</sup>	9,81	1 x 10 <sup>-6</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	1





VALLOUREC & MANNESMANN TUBES

**V & M do BRASIL**

**V & M do BRASIL S.A.**

Av. Olinto Meireles, nº 65  
Barreiro de Baixo  
30640-010 - Belo Horizonte - MG  
Caixa Postal 1453 - 30161-70  
Telefone: + (31) 3328.2121  
Fax: + 31 3333.4471  
E-mail: [rel.corp@vmtubes.com.br](mailto:rel.corp@vmtubes.com.br)  
Site: <http://www.vmtubes.com.br>

**V & M MINERAÇÃO Ltda.**

Mina Pau Branco - Rodovia BR 040  
Km 562,5 - 35460-000 - Brumadinho - MG  
Telefone: + (31) 3571.9000  
Fax: + (31) 3571.9080  
E-mail: [mineracao@vmtubes.com.br](mailto:mineracao@vmtubes.com.br)

**V & M FLORESTAL Ltda.**

Rua Onduras, 78  
35790-000 - Curvelo - MG  
Telefone: + (38) 3729.6050  
Fax: + (38) 3729.6029  
E-mail: [florestal@vmtubes.com.br](mailto:florestal@vmtubes.com.br)

**Escritórios de Vendas**

**São Paulo**

Av. Paulista, 949 - 14º andar  
01311-917 - São Paulo - SP  
Telefone: + (11) 3371.6100  
Fax: + 11 289.7632 / + 11 3284.5779  
E-mail: [vendas.sp@vmtubes.com.br](mailto:vendas.sp@vmtubes.com.br)

**Belo Horizonte**

Av. Olinto Meireles, nº 65  
Barreiro de Baixo  
30640-010 - Belo Horizonte - MG  
Telefone: + 31 3328.2000  
Fax: + 31 3384.1586  
E-mail: [vendas.bh@vmtubes.com.br](mailto:vendas.bh@vmtubes.com.br)

**Rio de Janeiro**

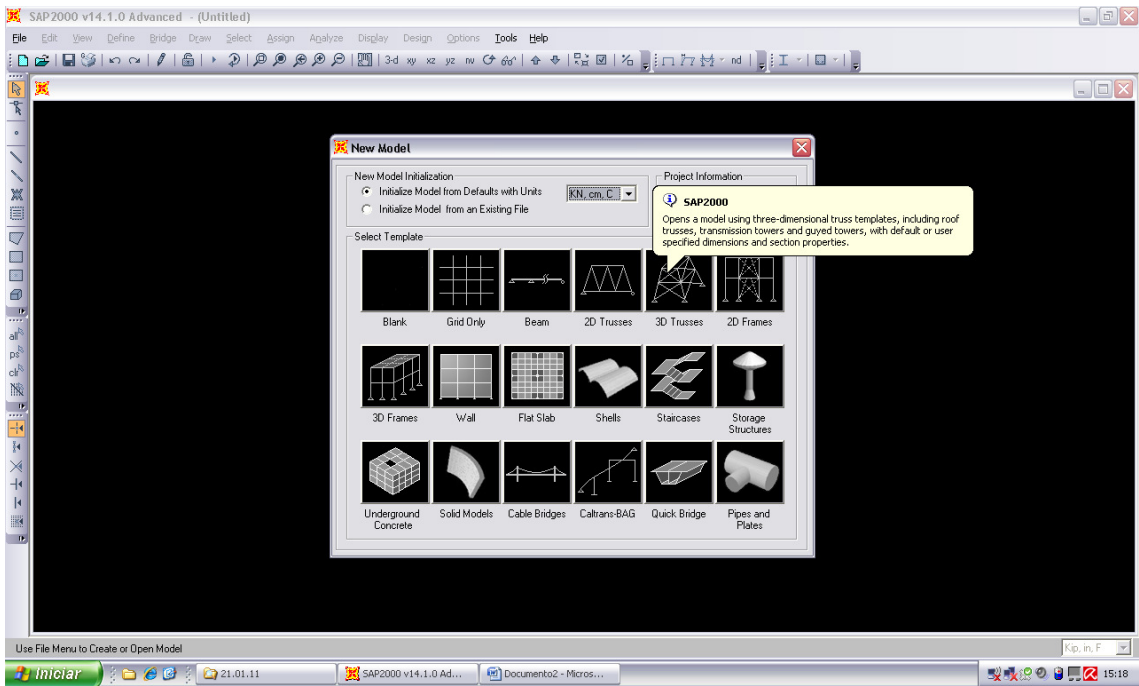
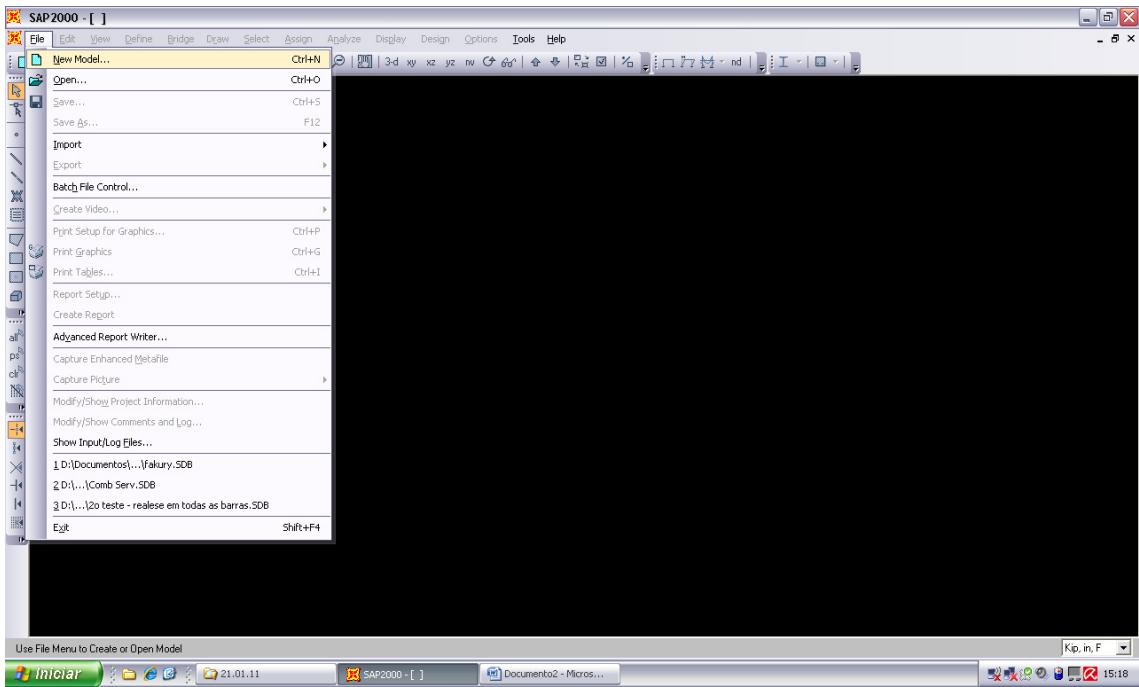
Rua Lauro Müller, nº 116 - sala 2508  
Edifício Rio Sul Center - Botafogo  
22290-160 - Rio de Janeiro - RJ  
Telefone: + 21 3873.8300  
Fax: + 21 3351.7261  
E-mail: [vendas.rj@vmtubes.com.br](mailto:vendas.rj@vmtubes.com.br)

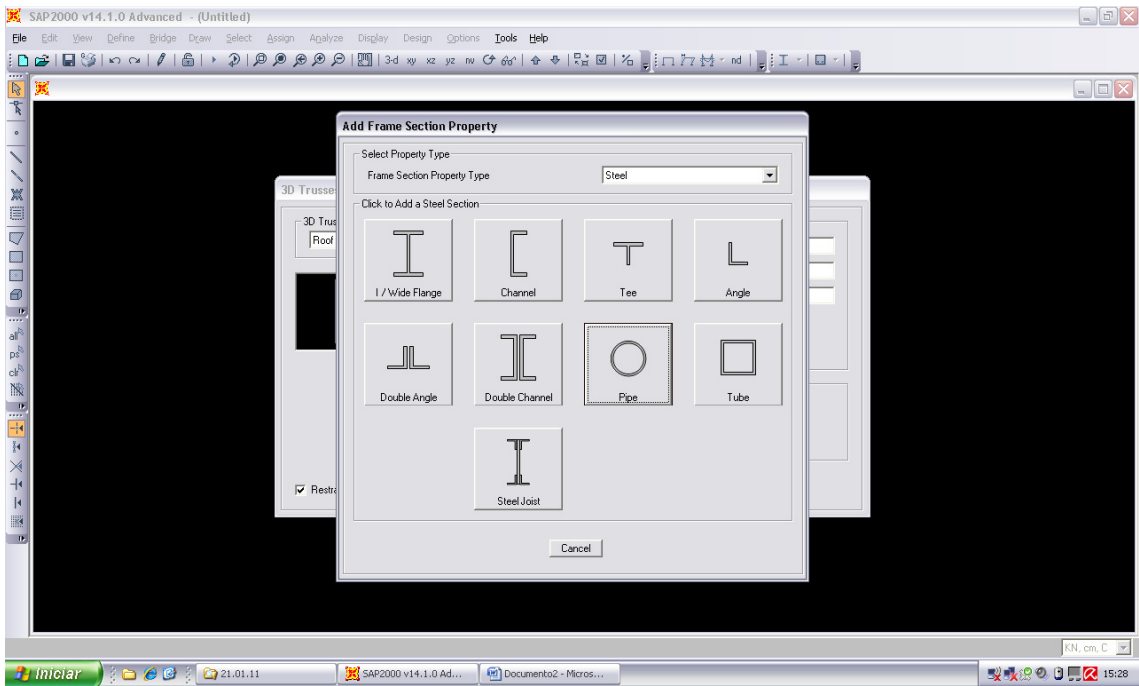
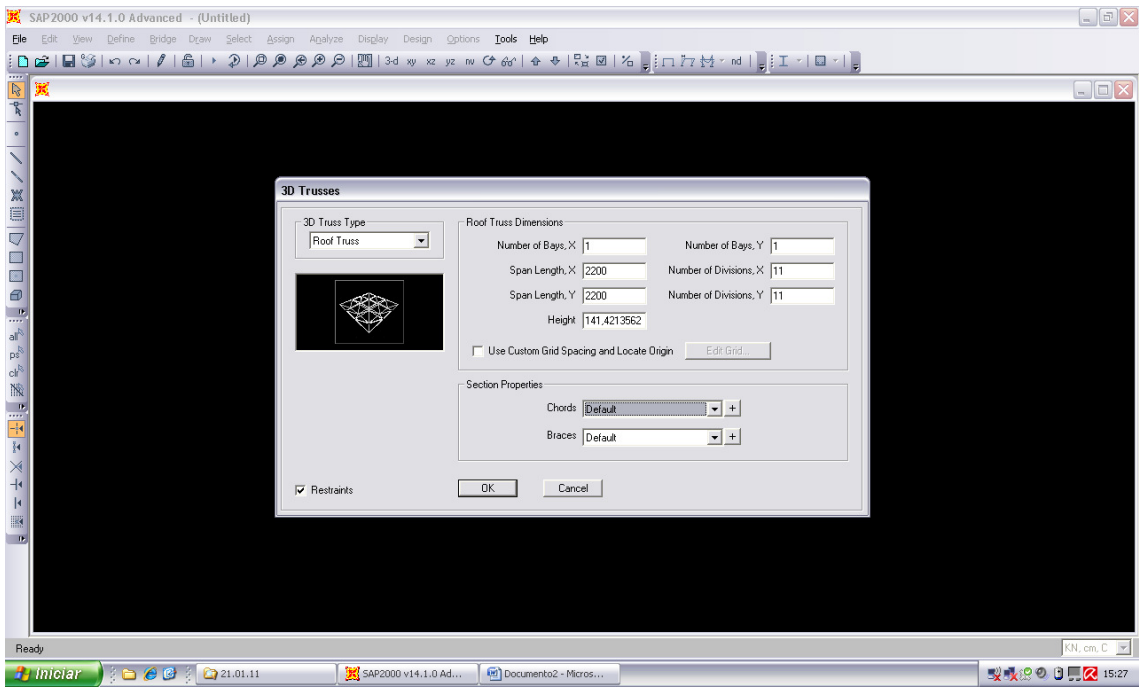
**Porto Alegre**

Av. Dr. Nilo Peçanha, 730 - Cj. 505 - Bela Vista  
90470-000 Porto Alegre - RS  
Telefone: + 51 3330.8177  
Fax: + 51 3331.2315  
E-mail: [vendas.pa@vmtubes.com.br](mailto:vendas.pa@vmtubes.com.br)

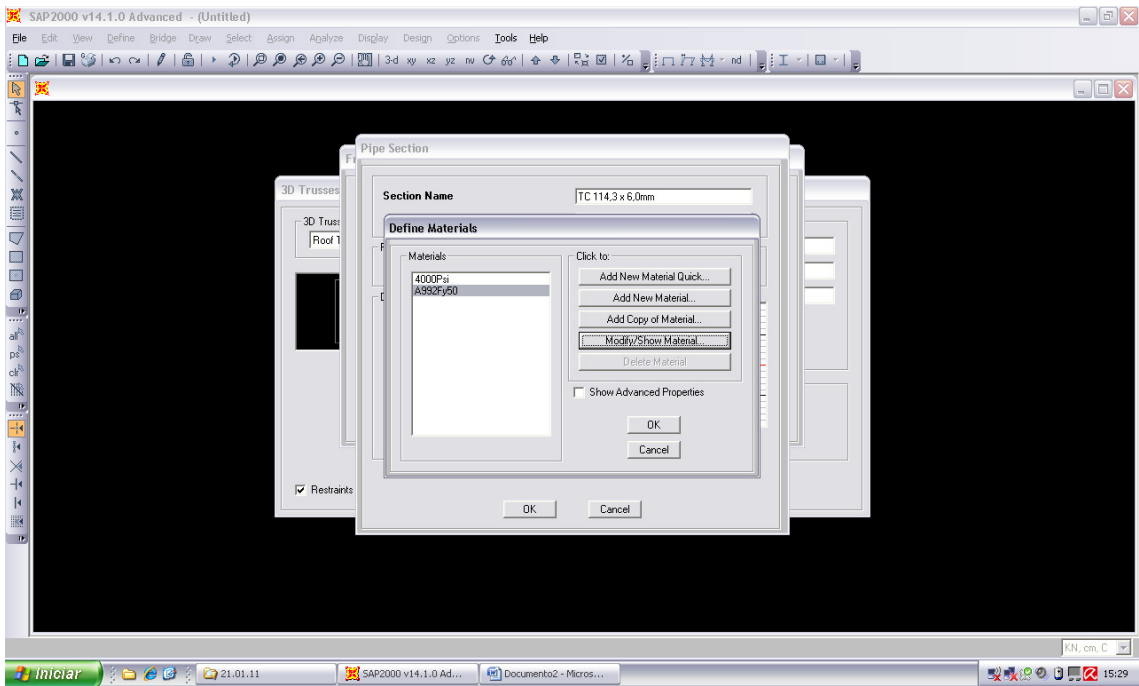
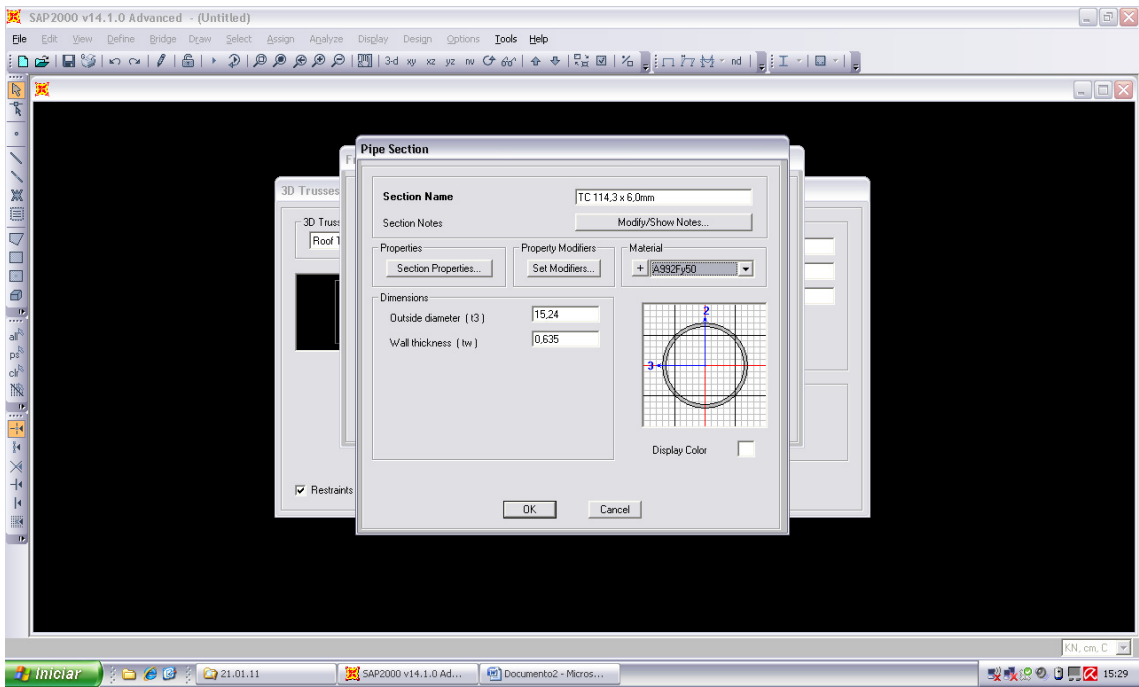


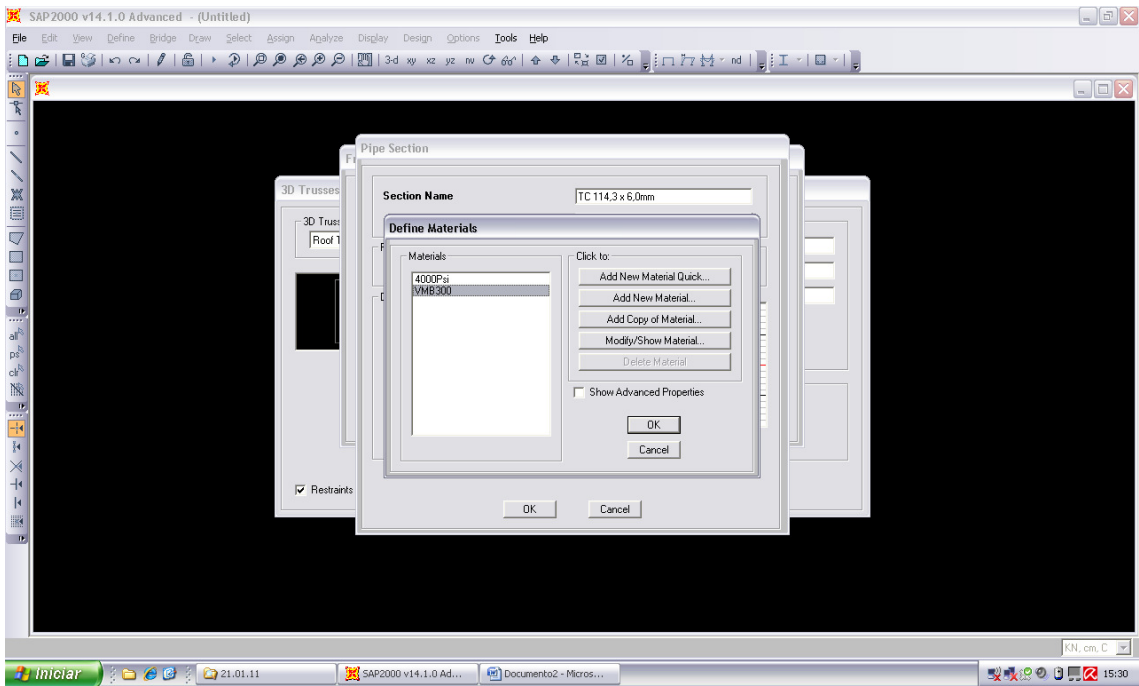
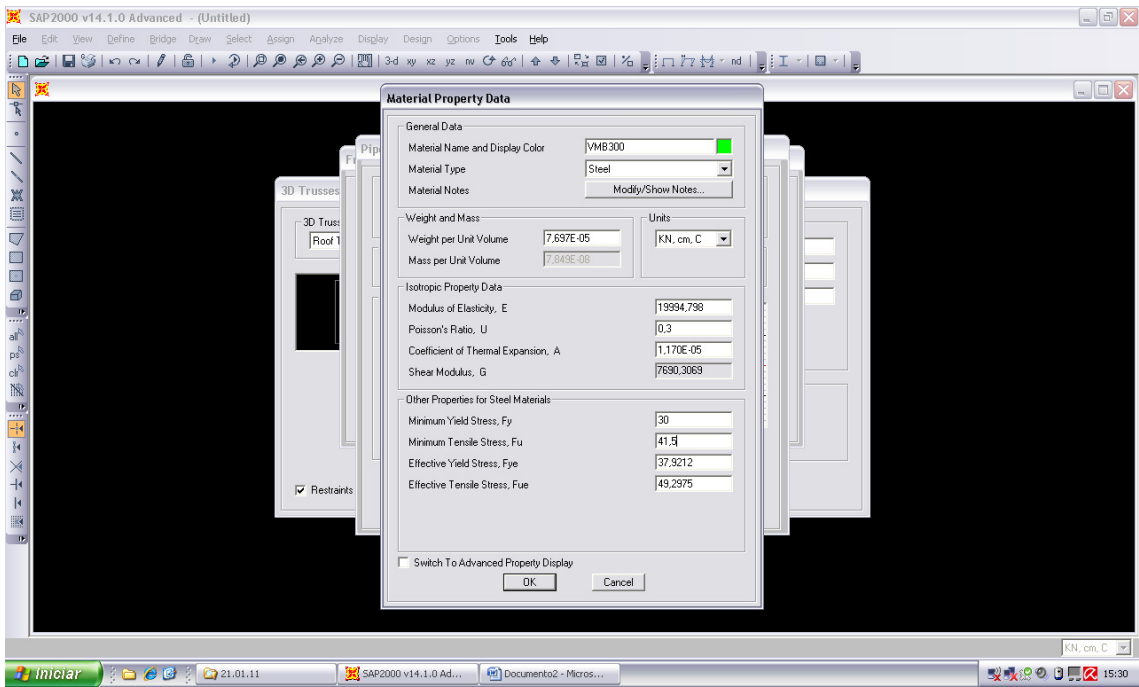
## Anexo 4 – Passo-a-passo da modelagem e análise numérica

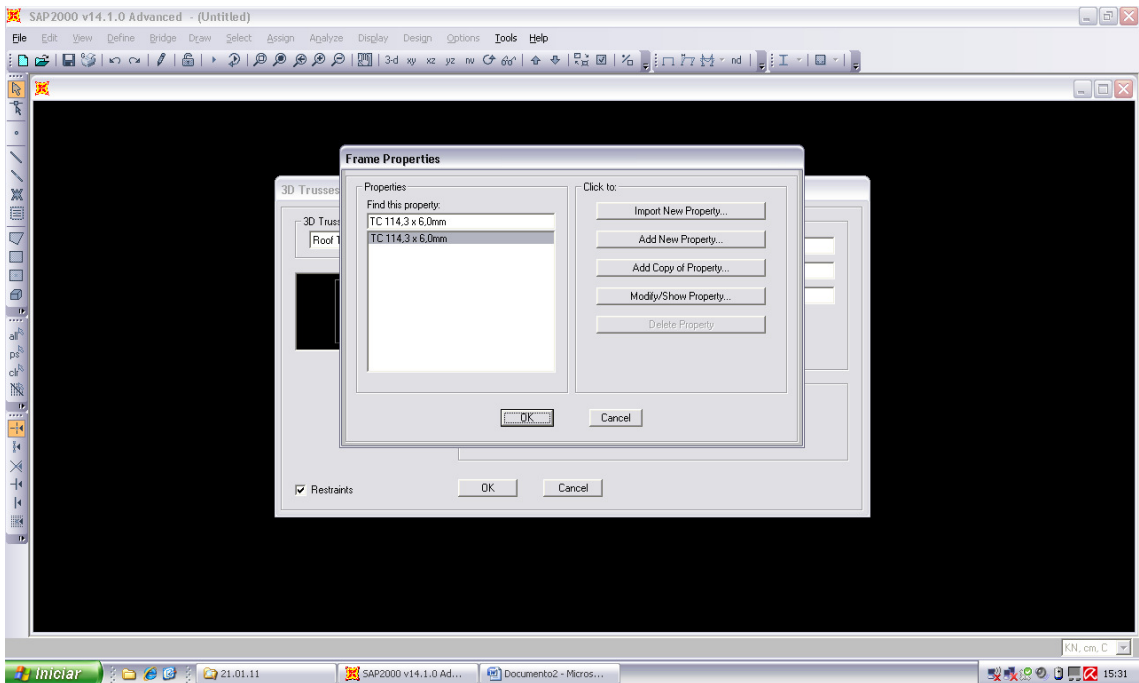
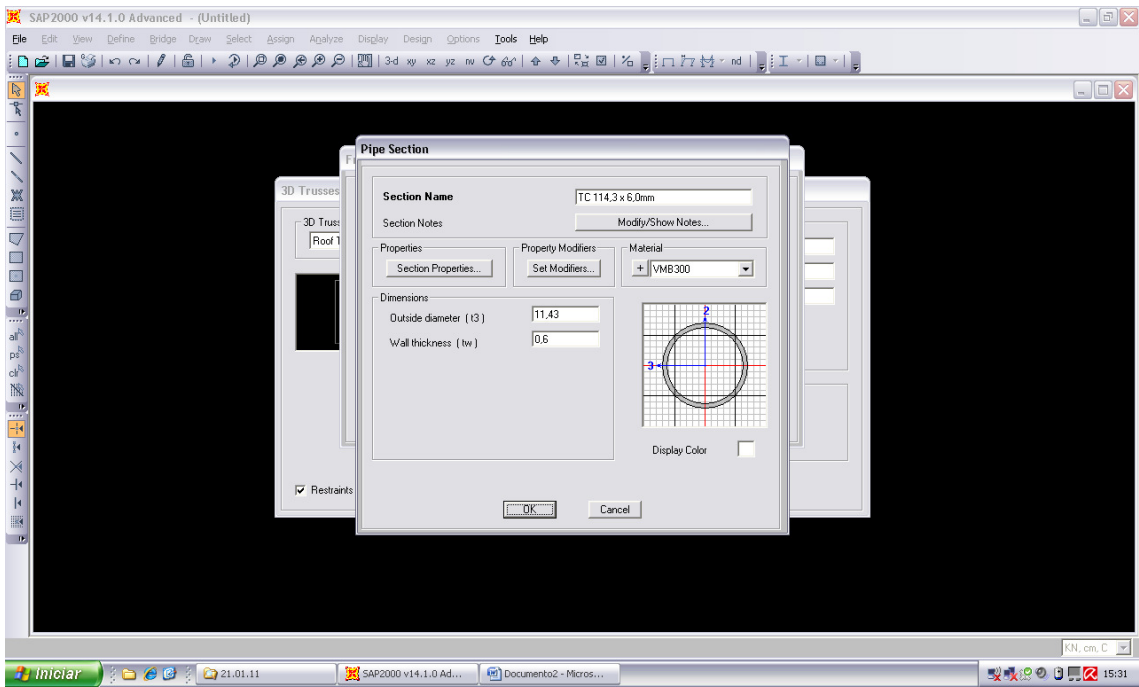


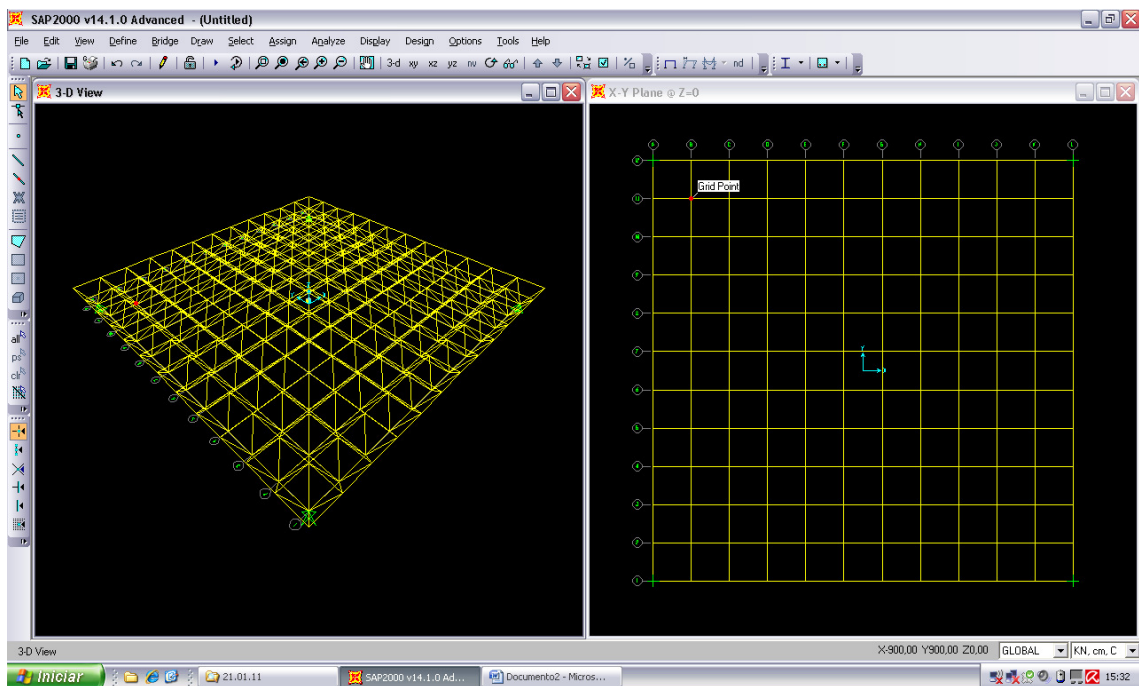
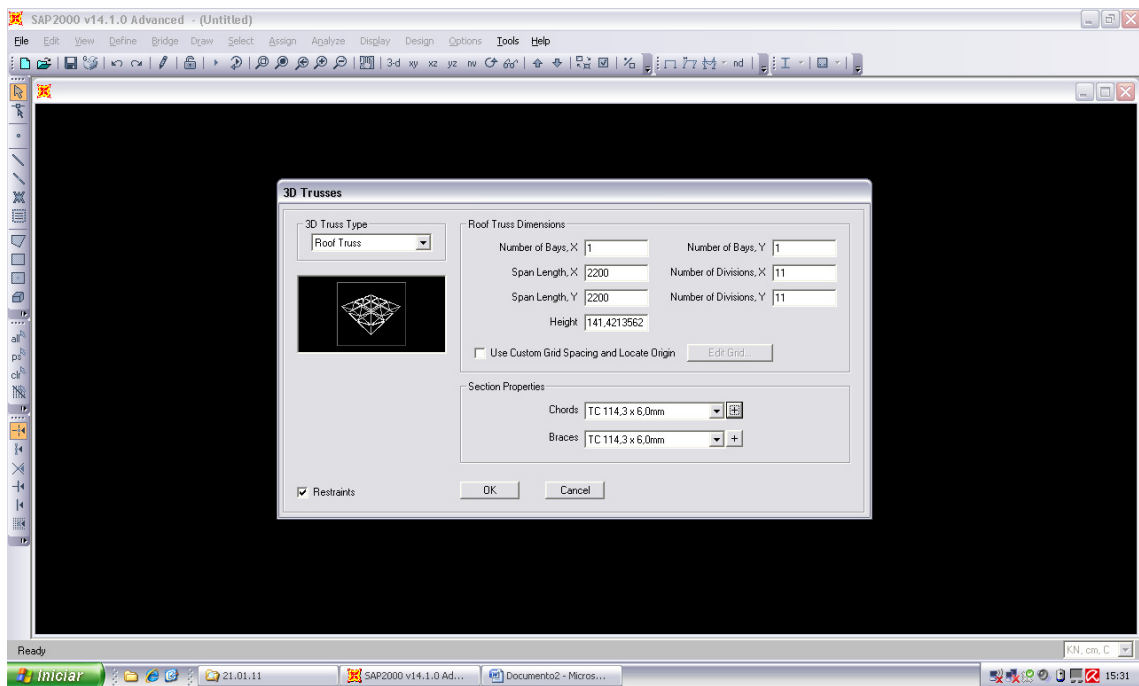


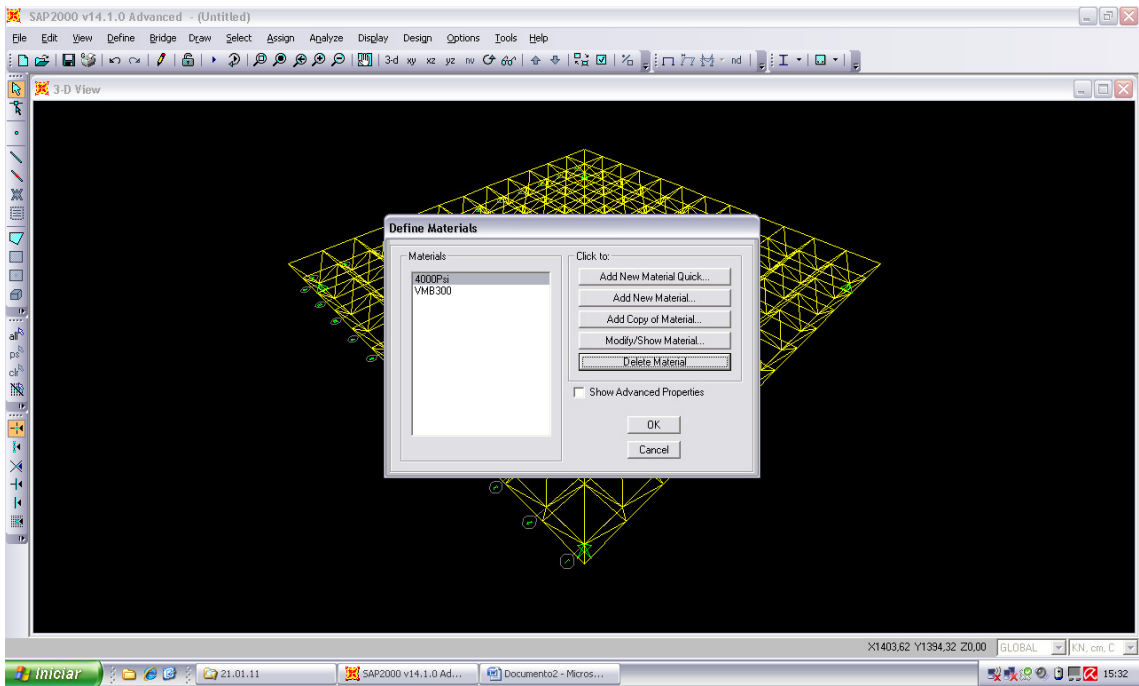
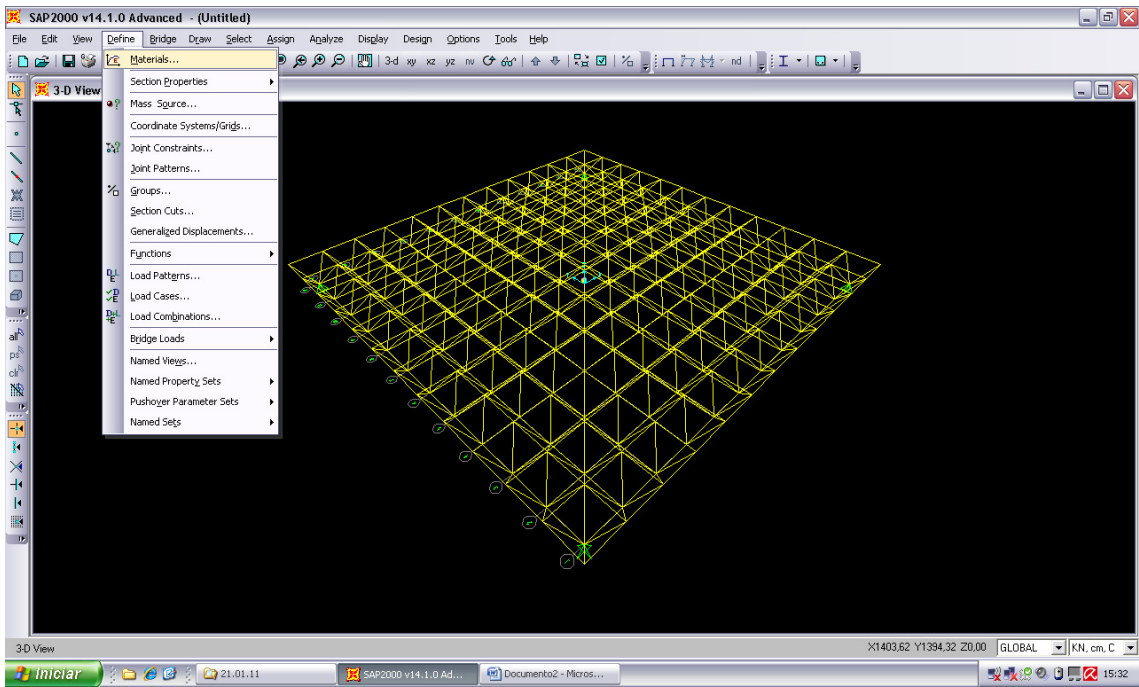


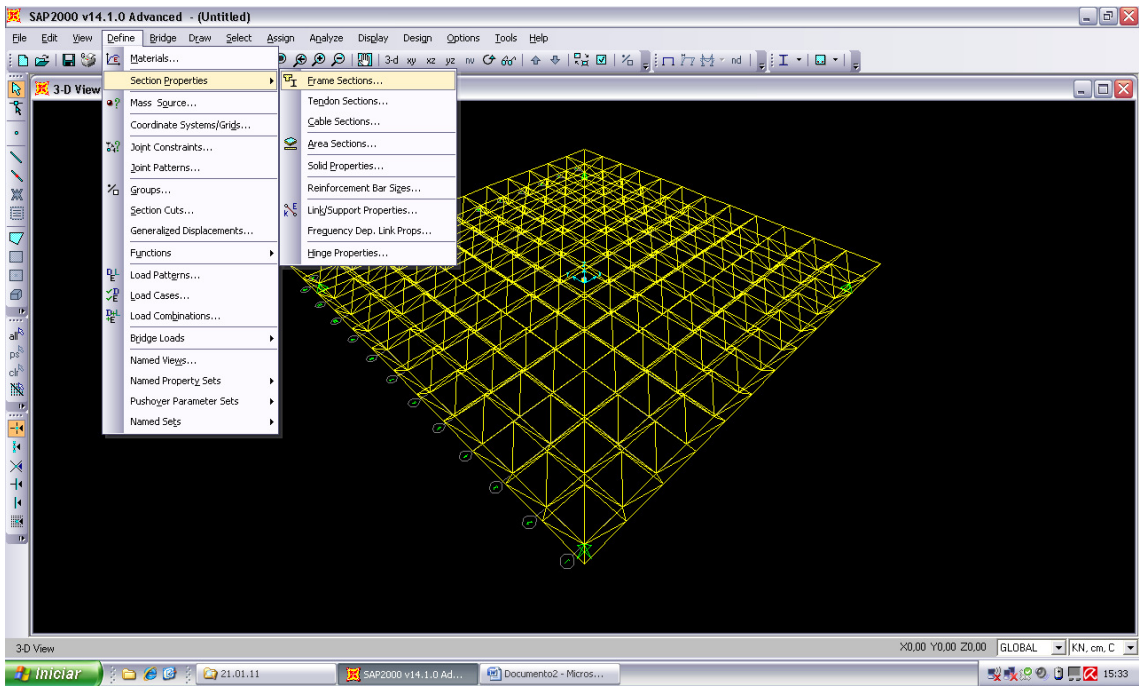
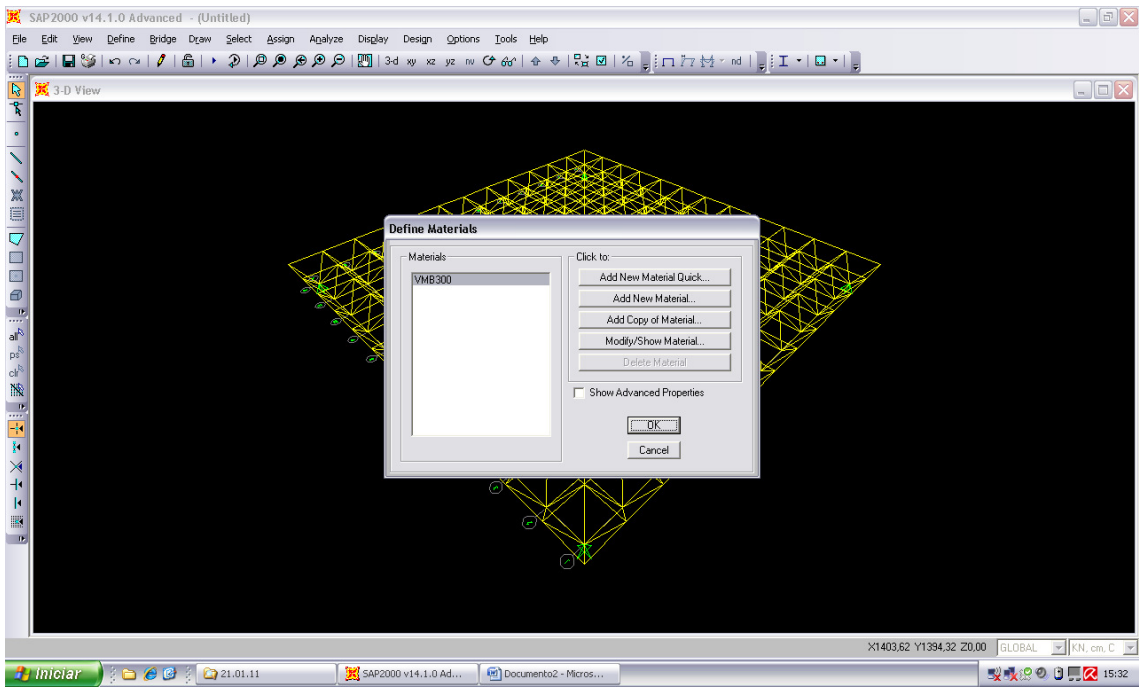


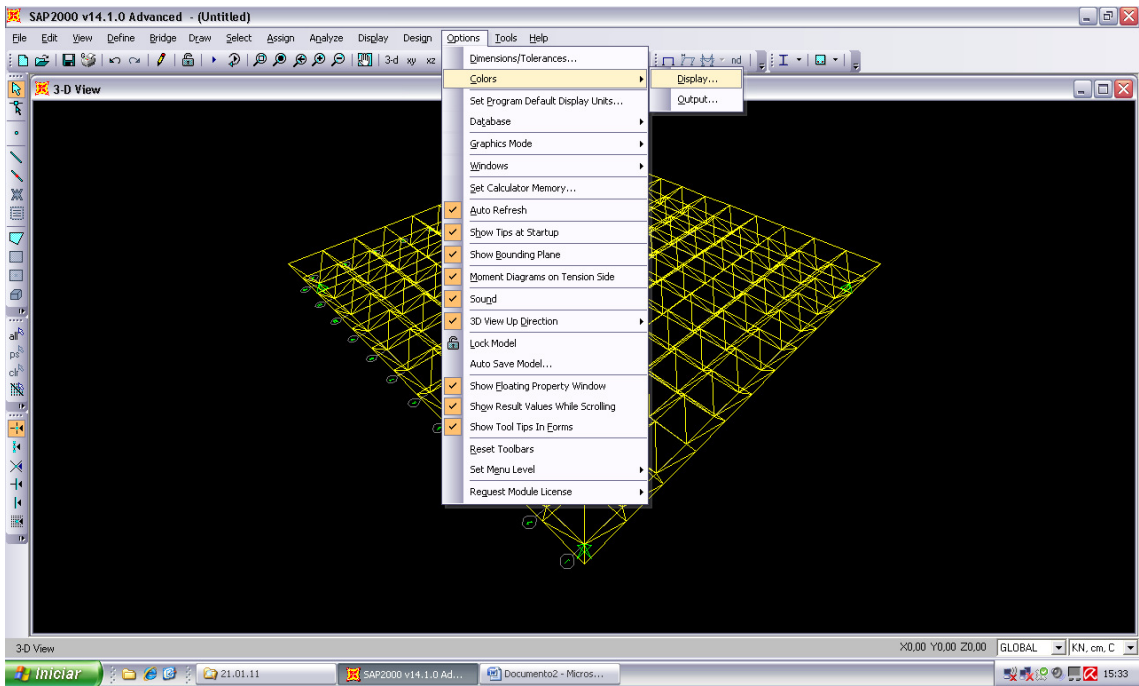
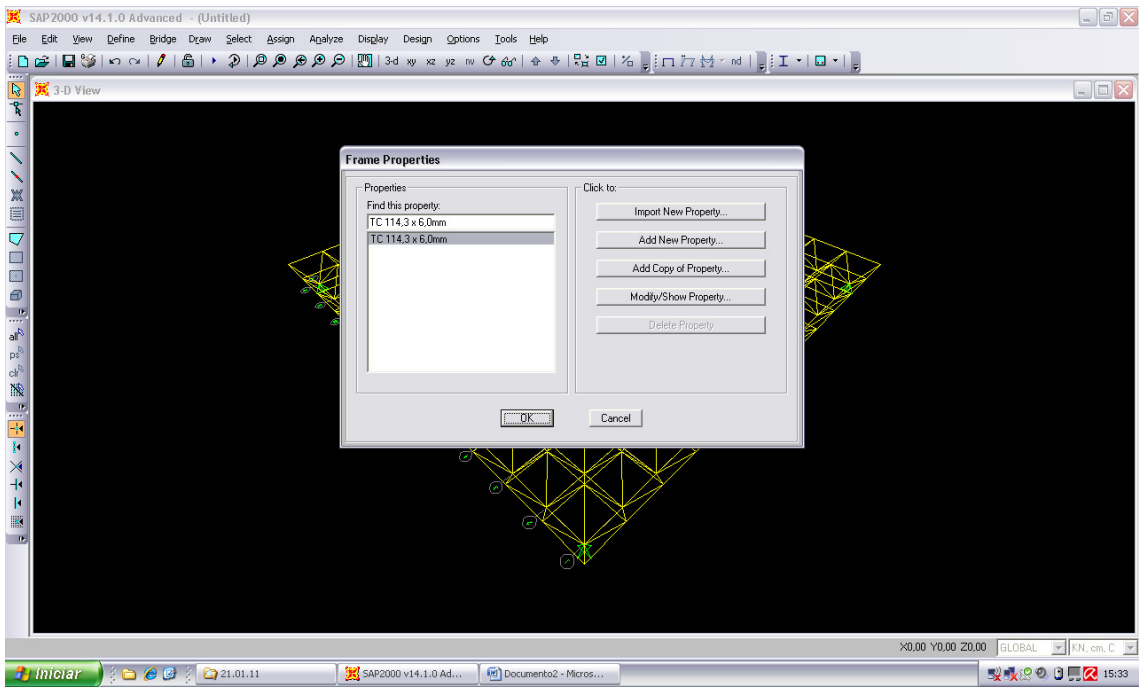




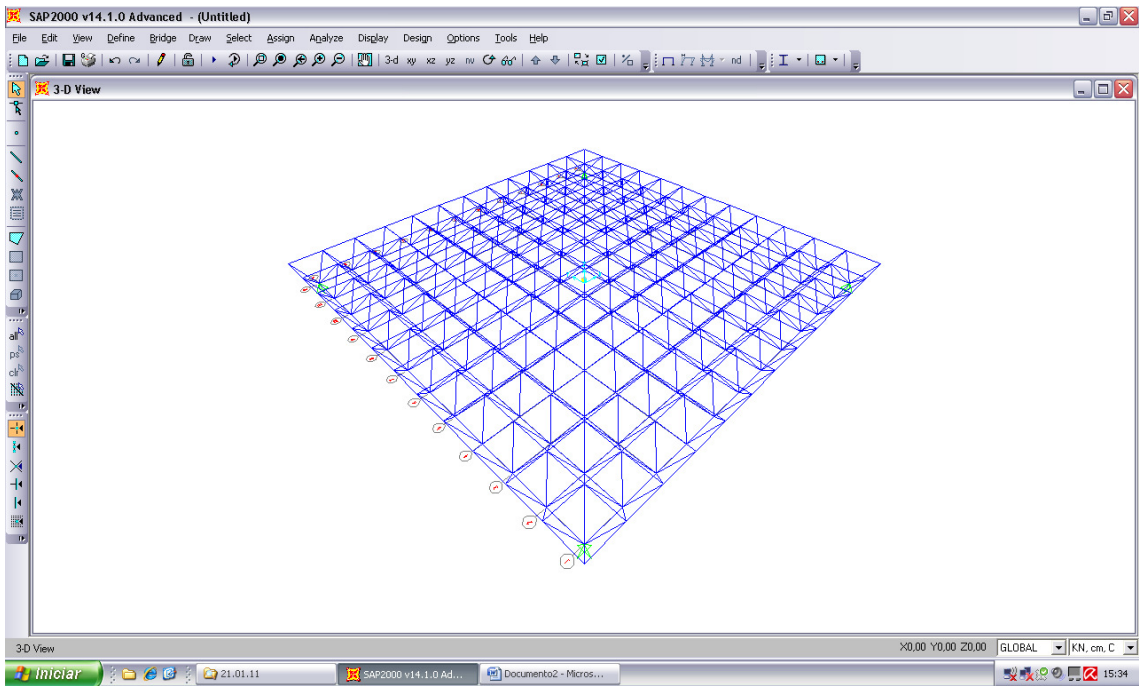
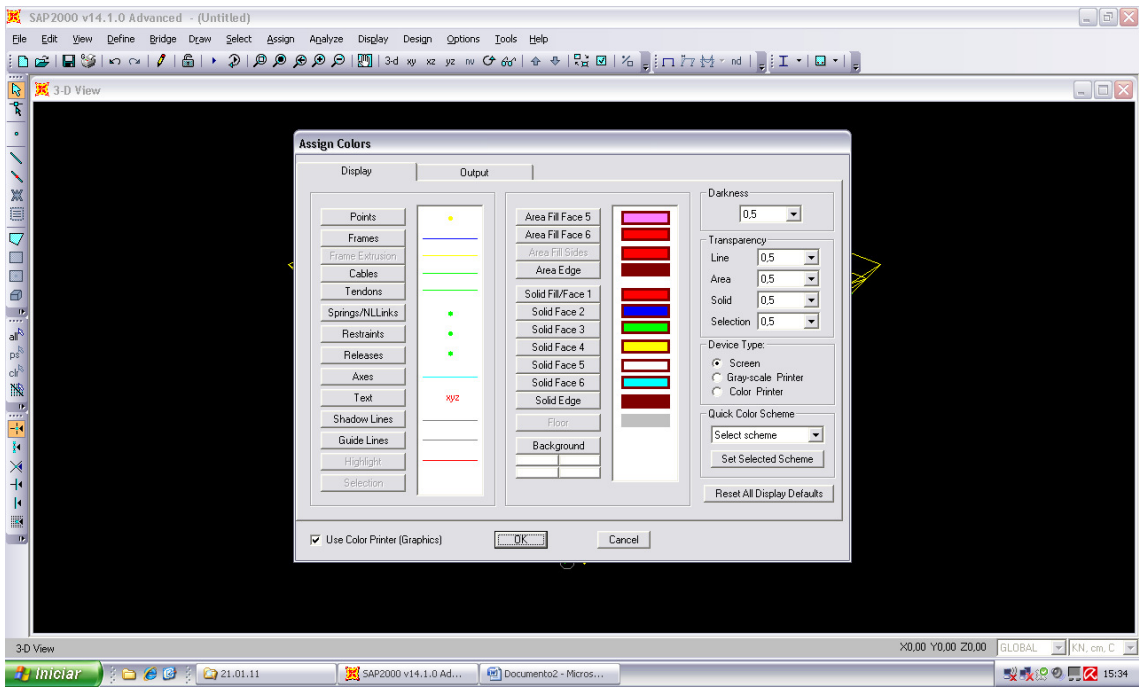




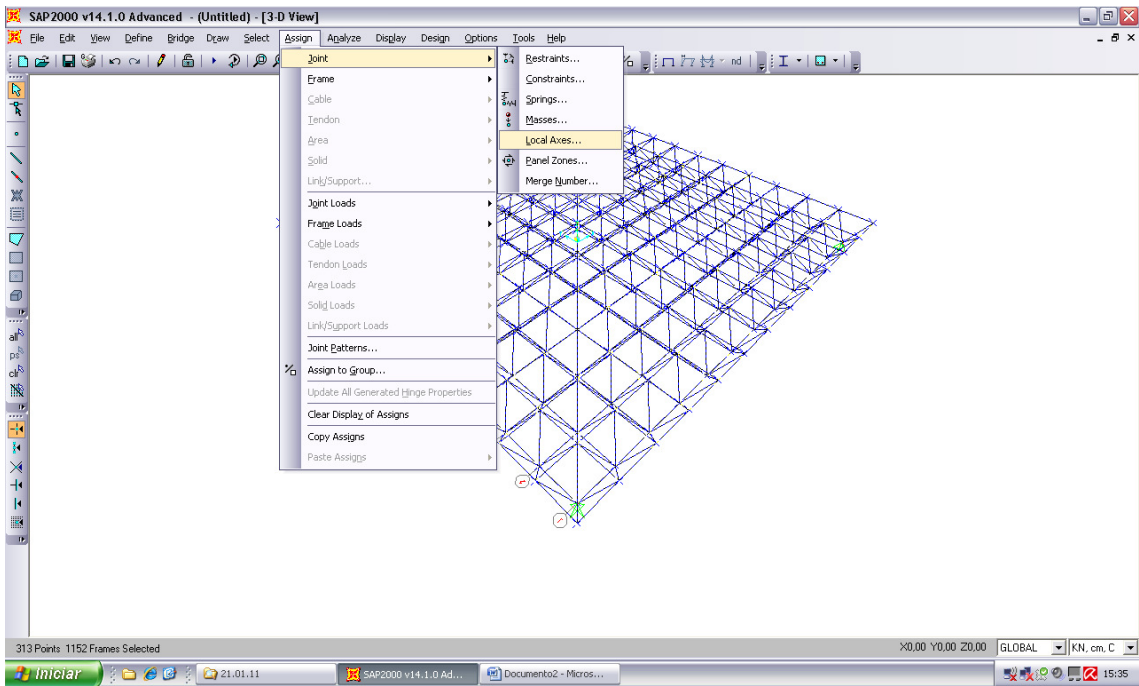
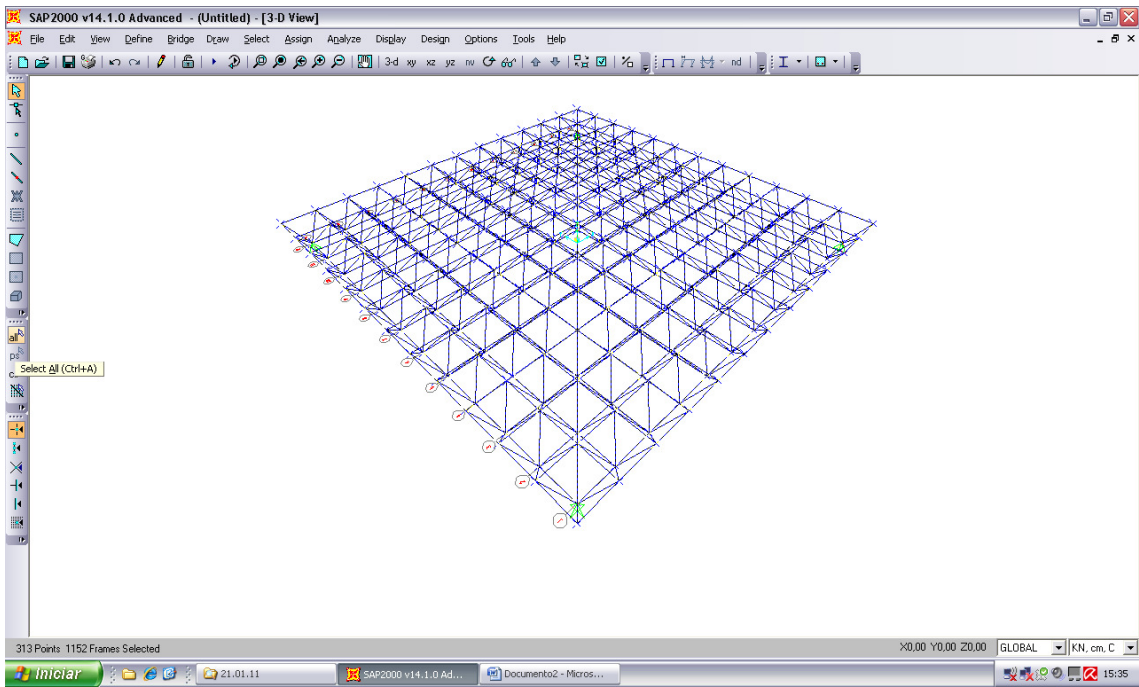


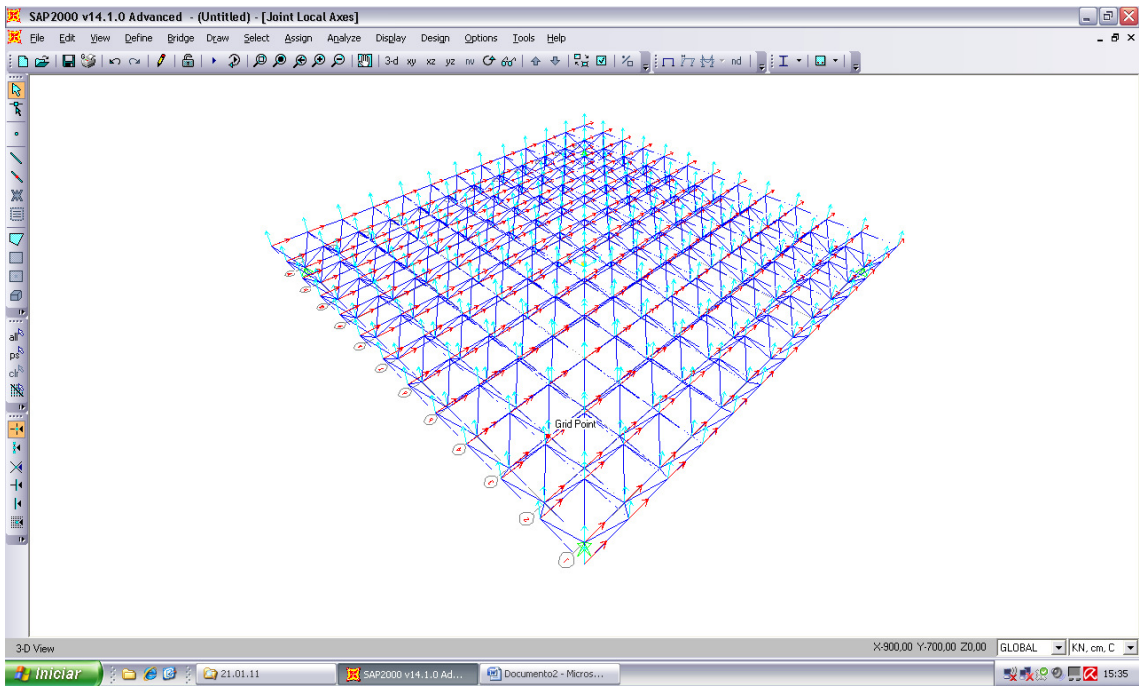
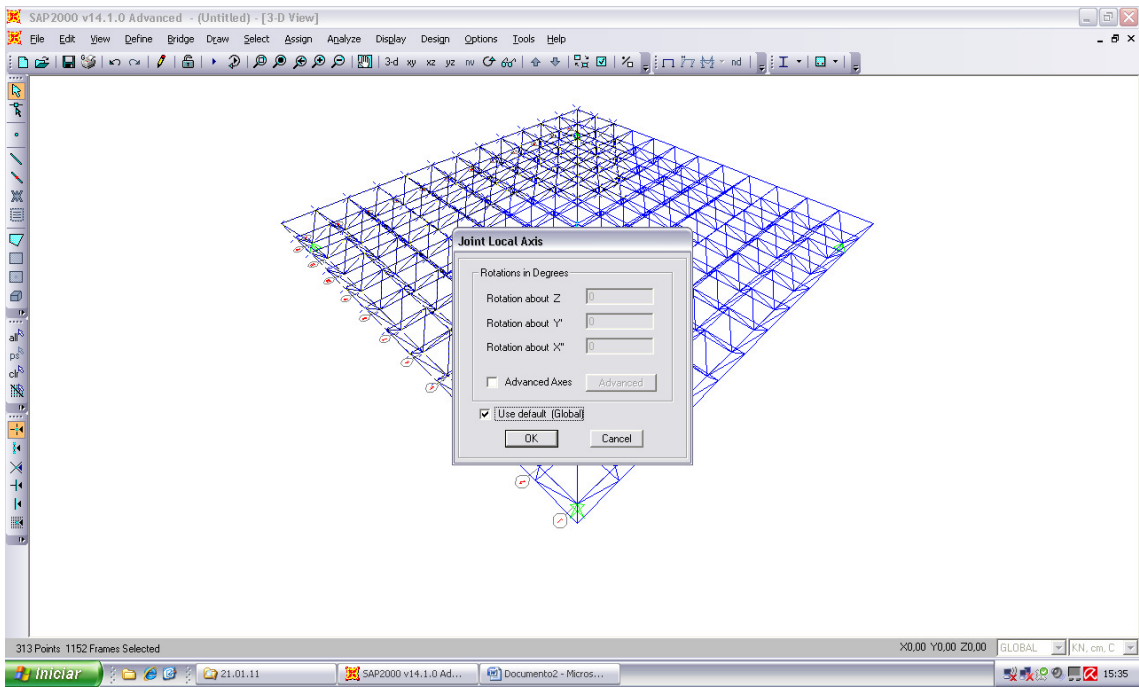


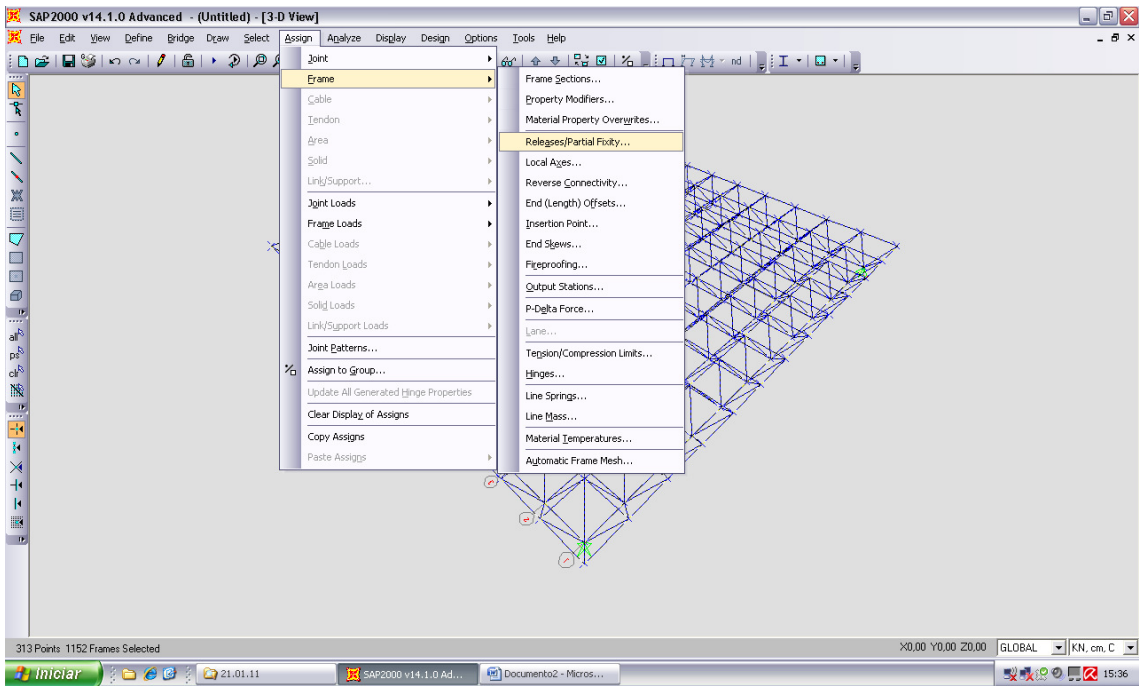
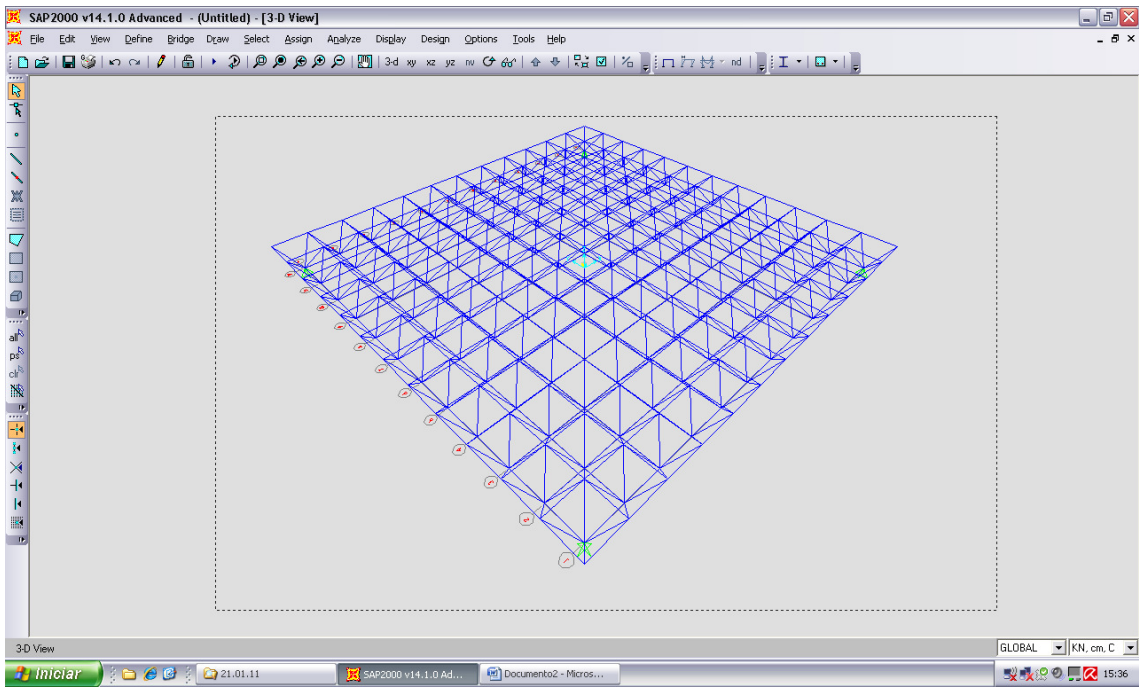


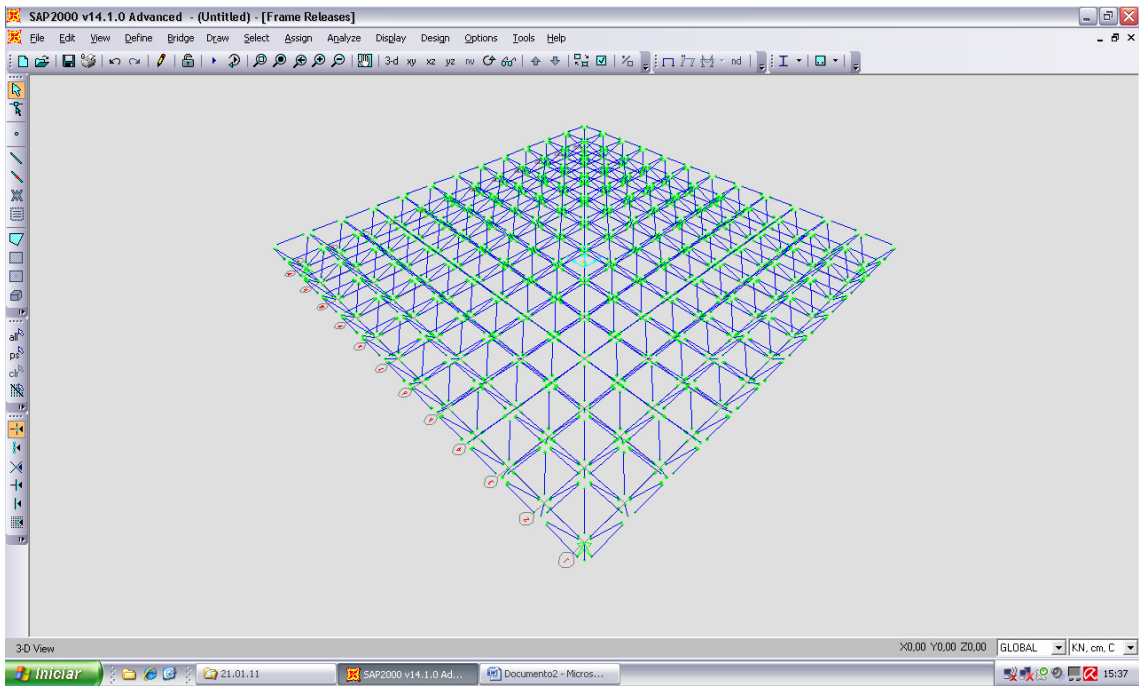
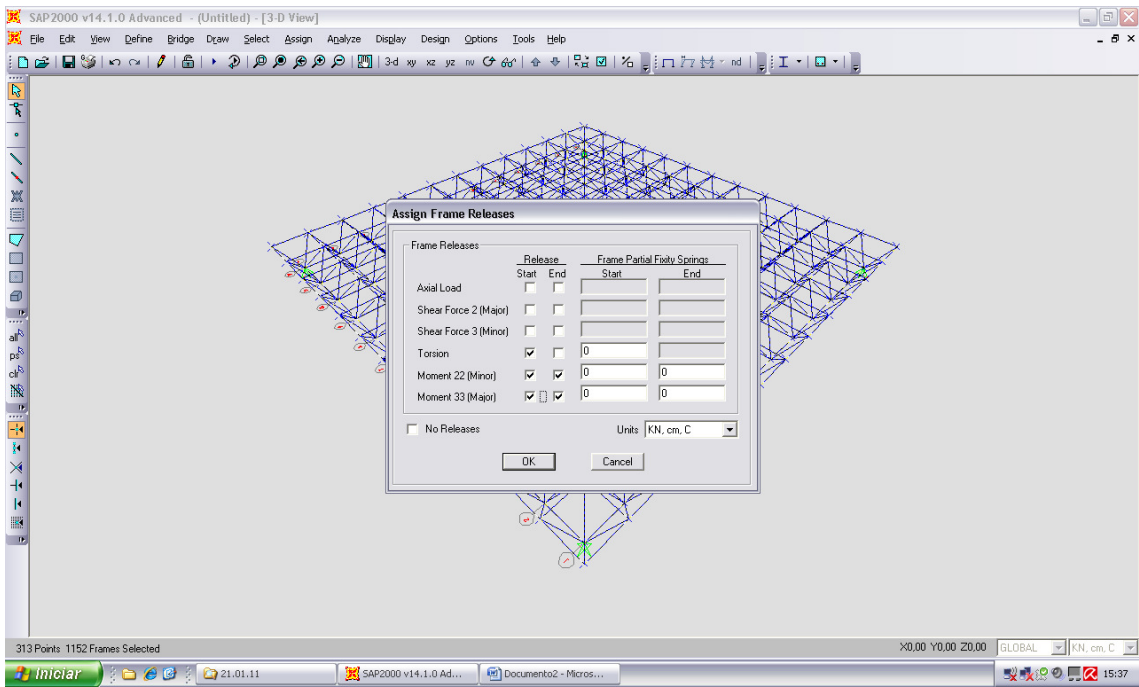


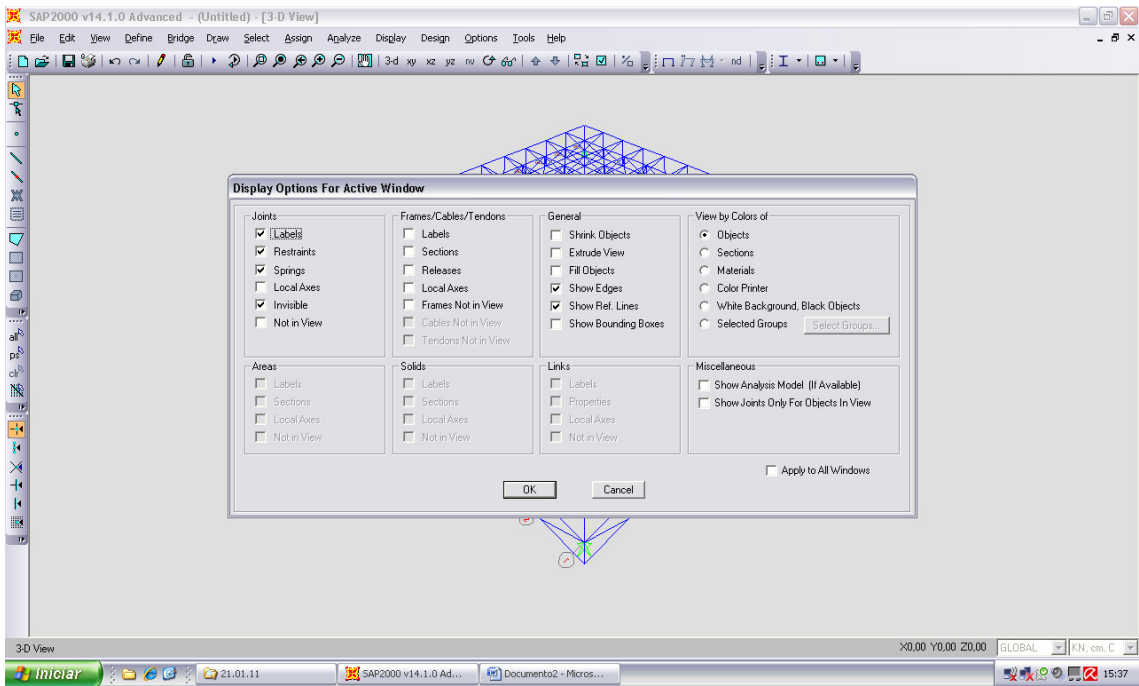
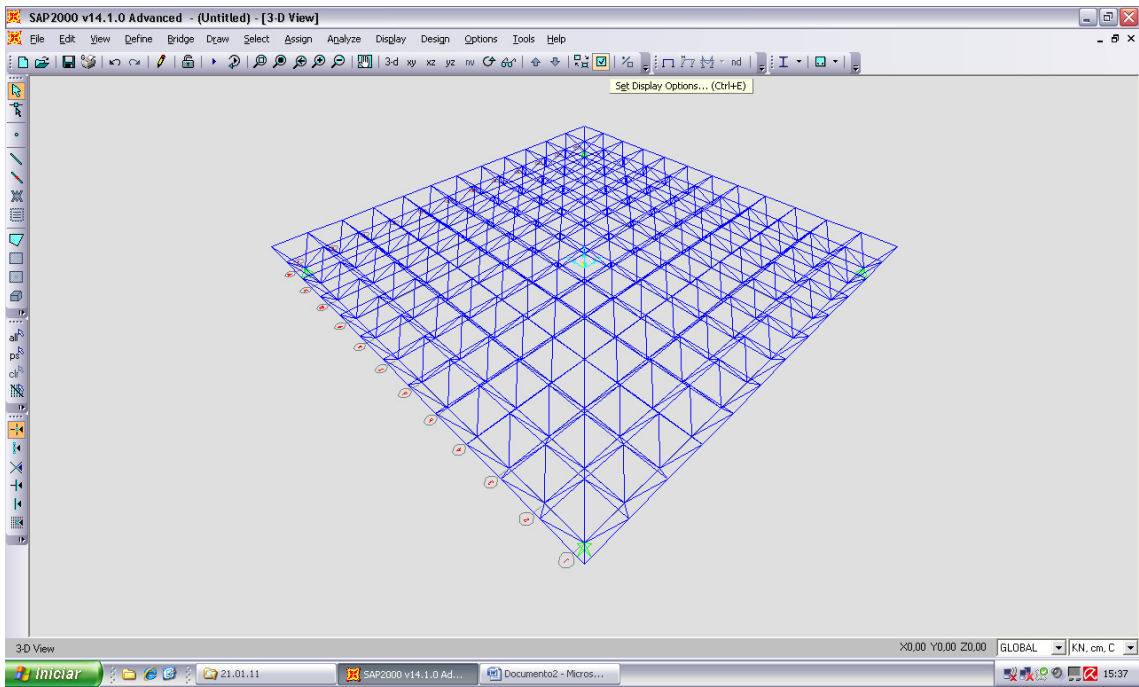




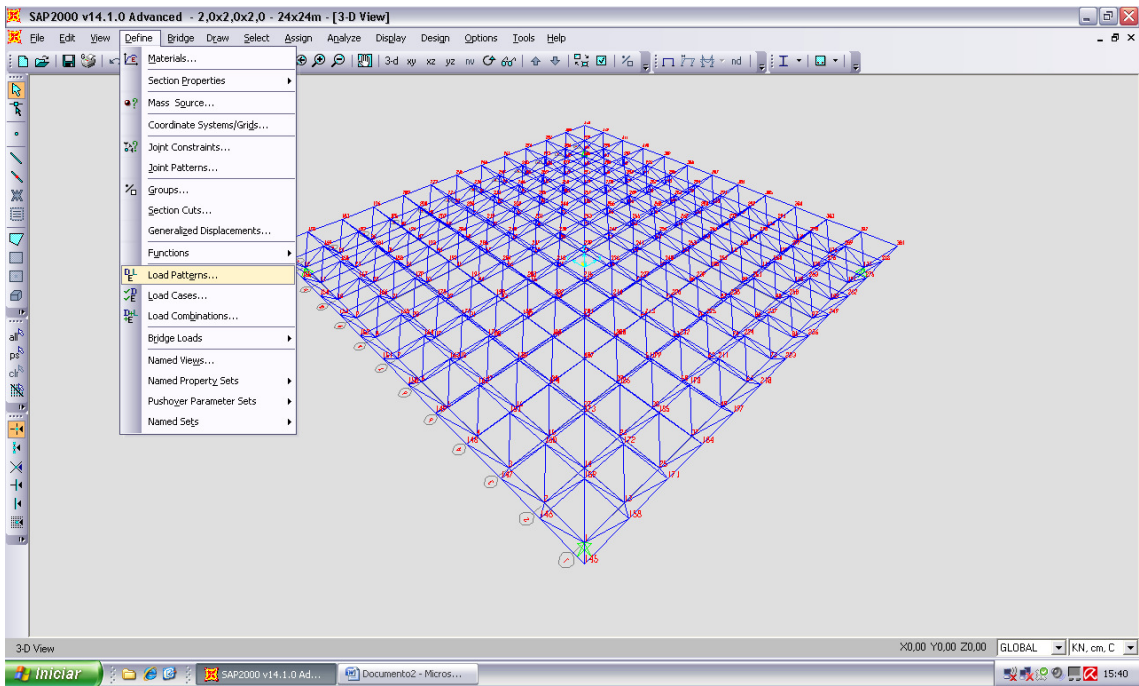
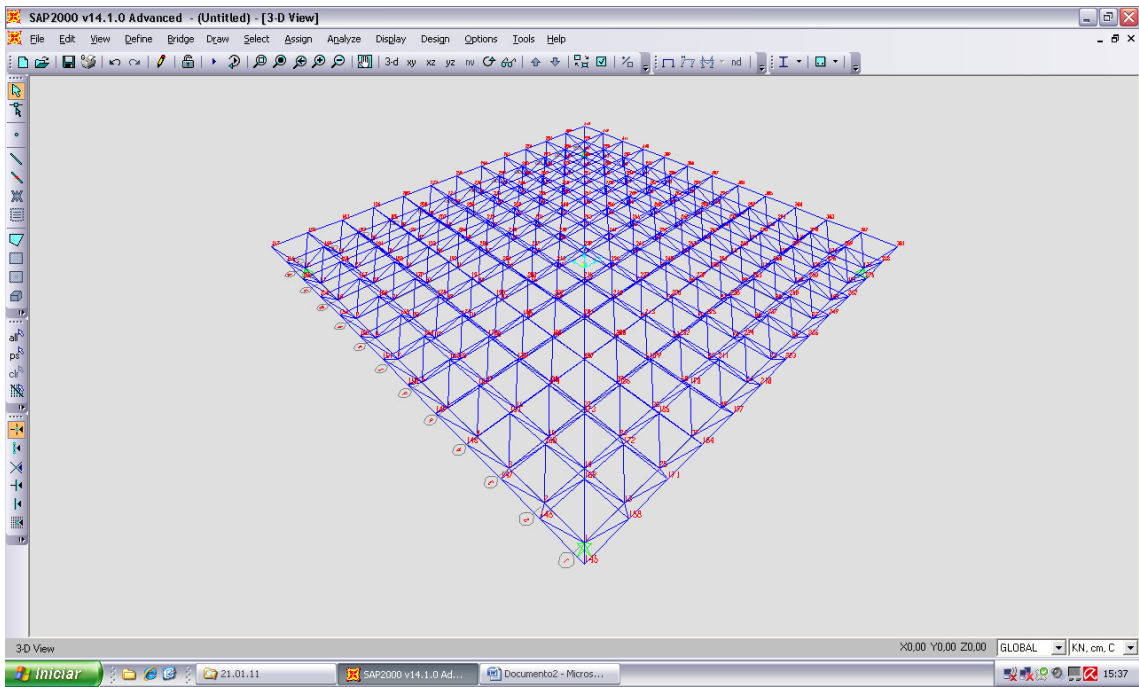


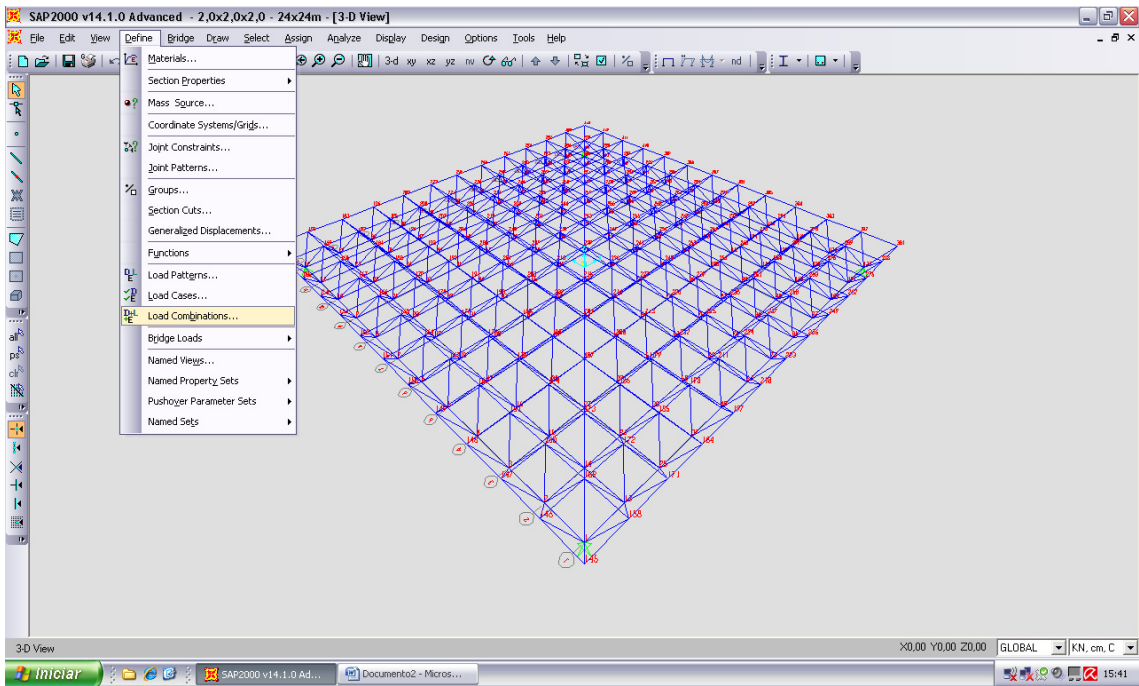
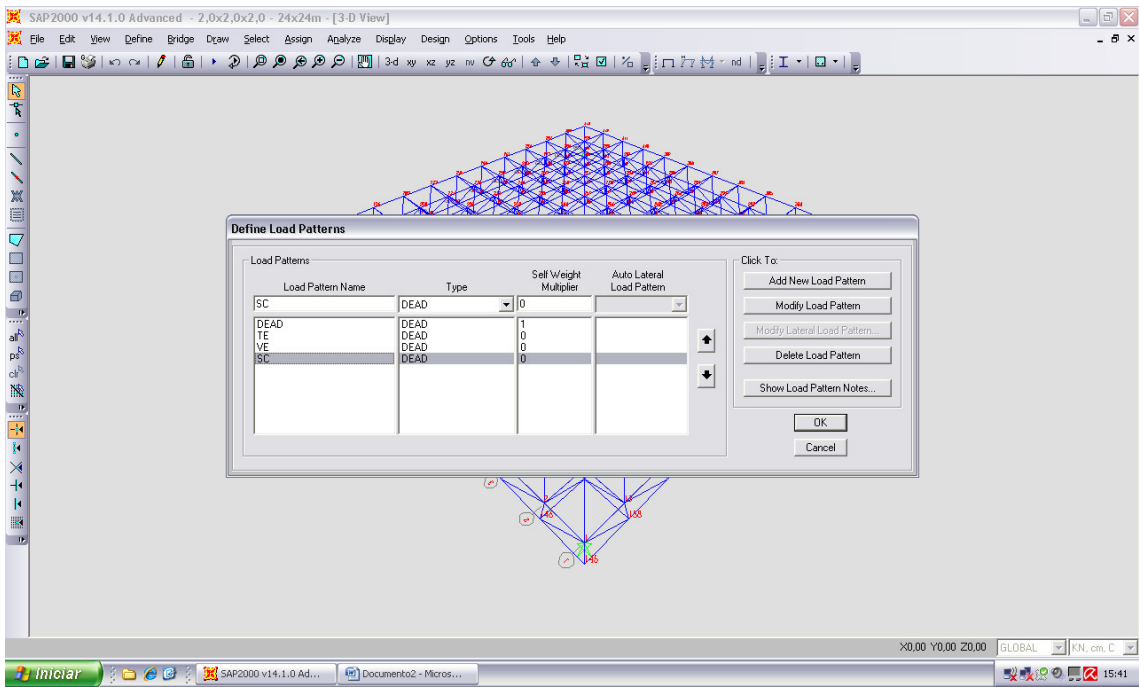


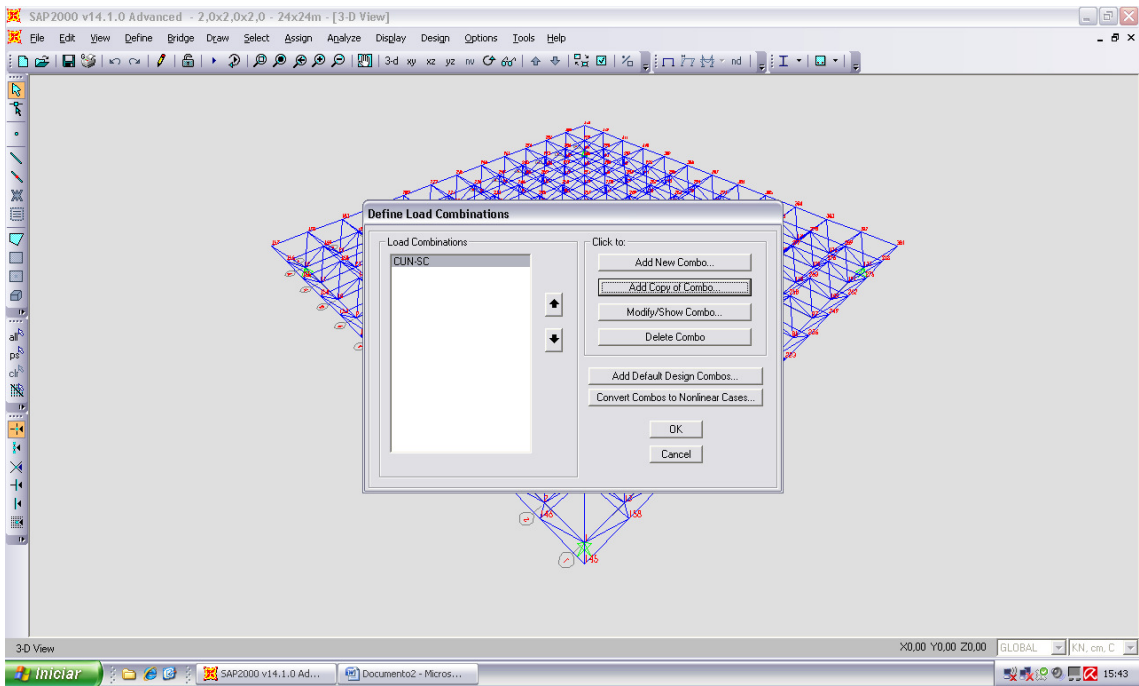
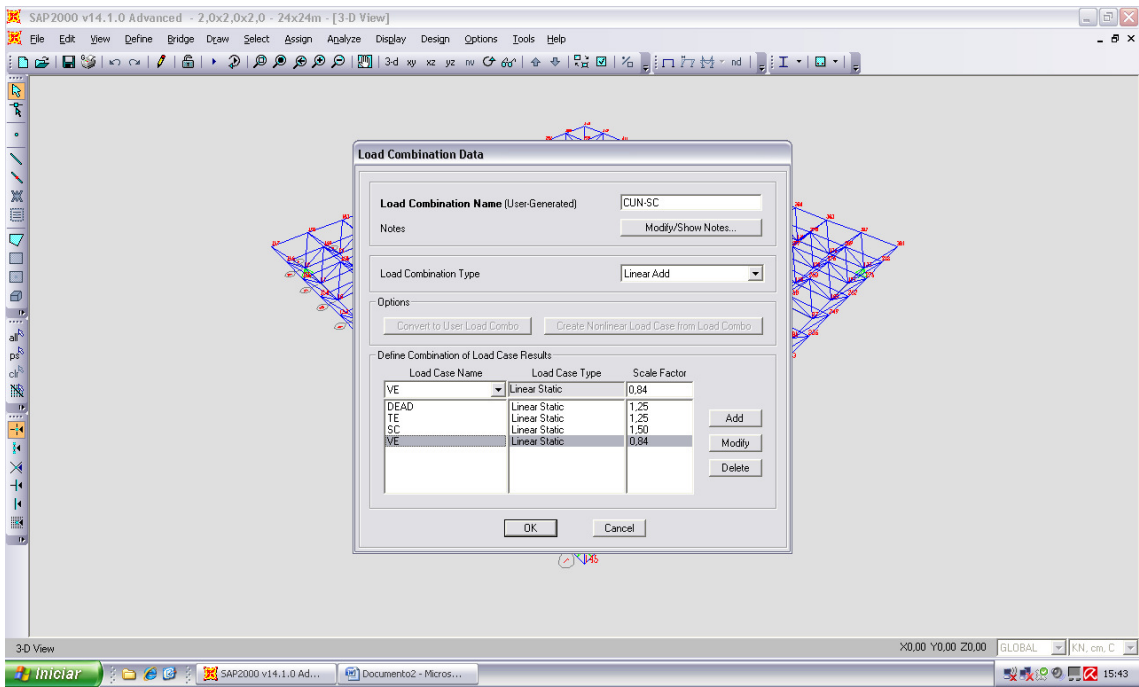




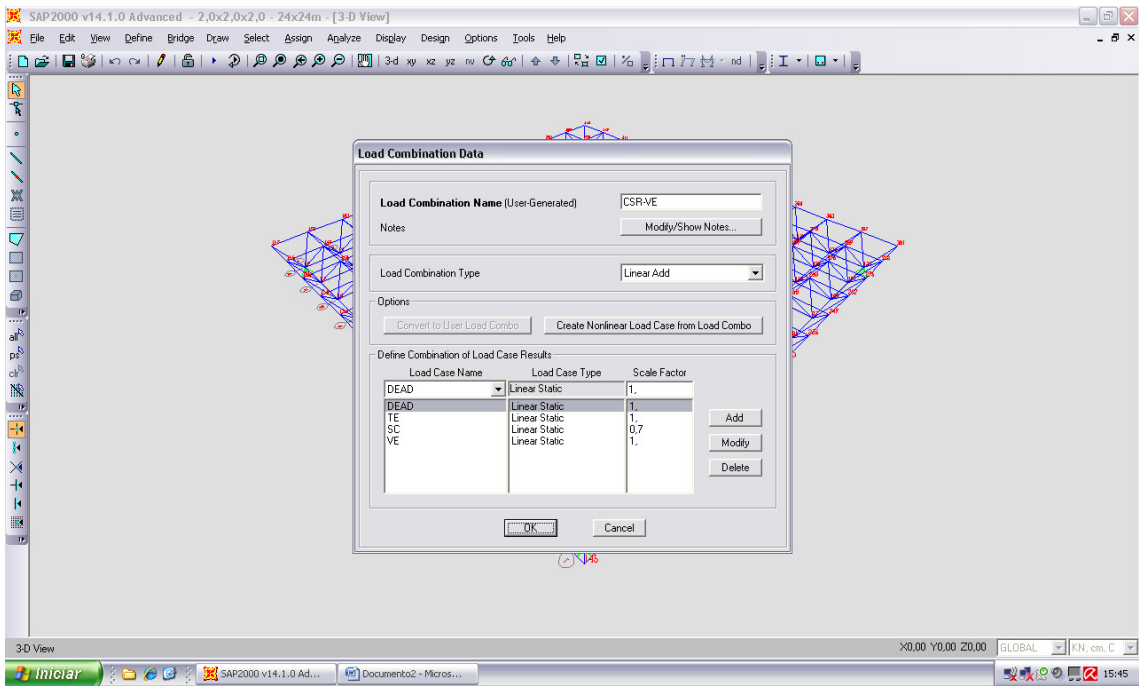
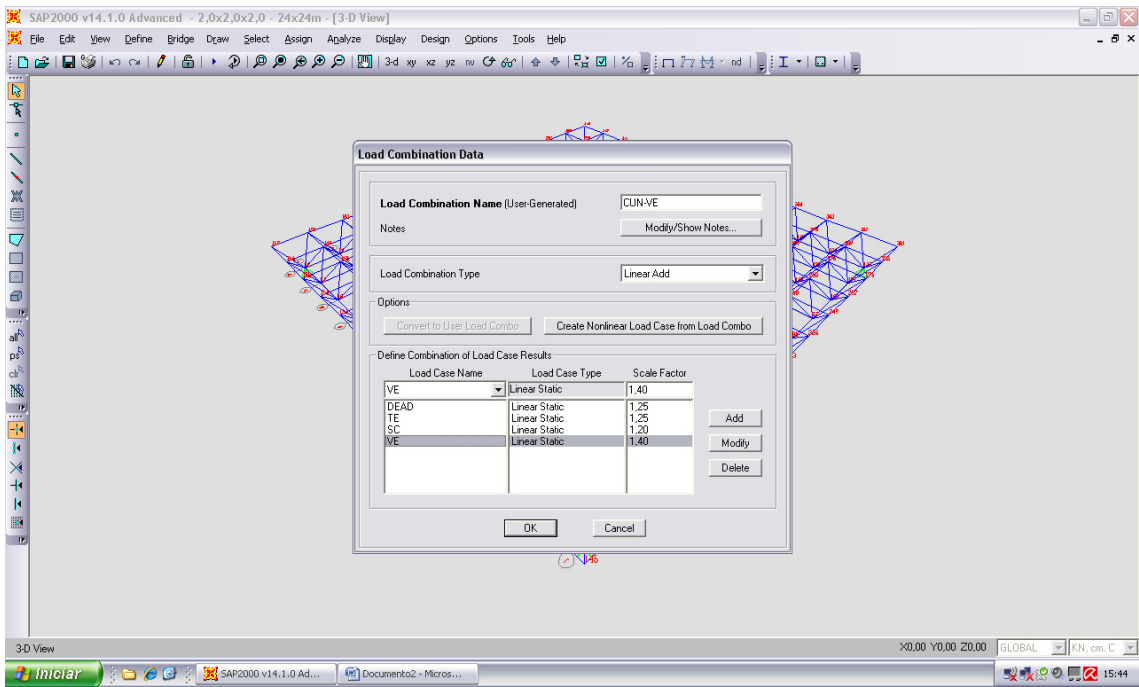


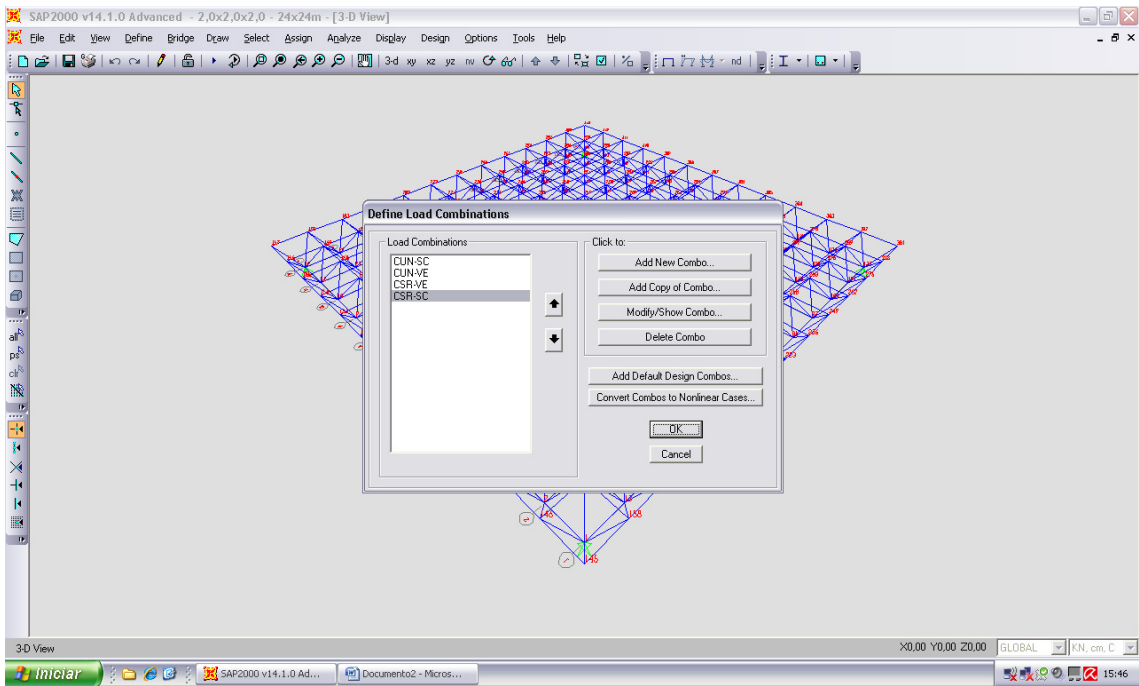
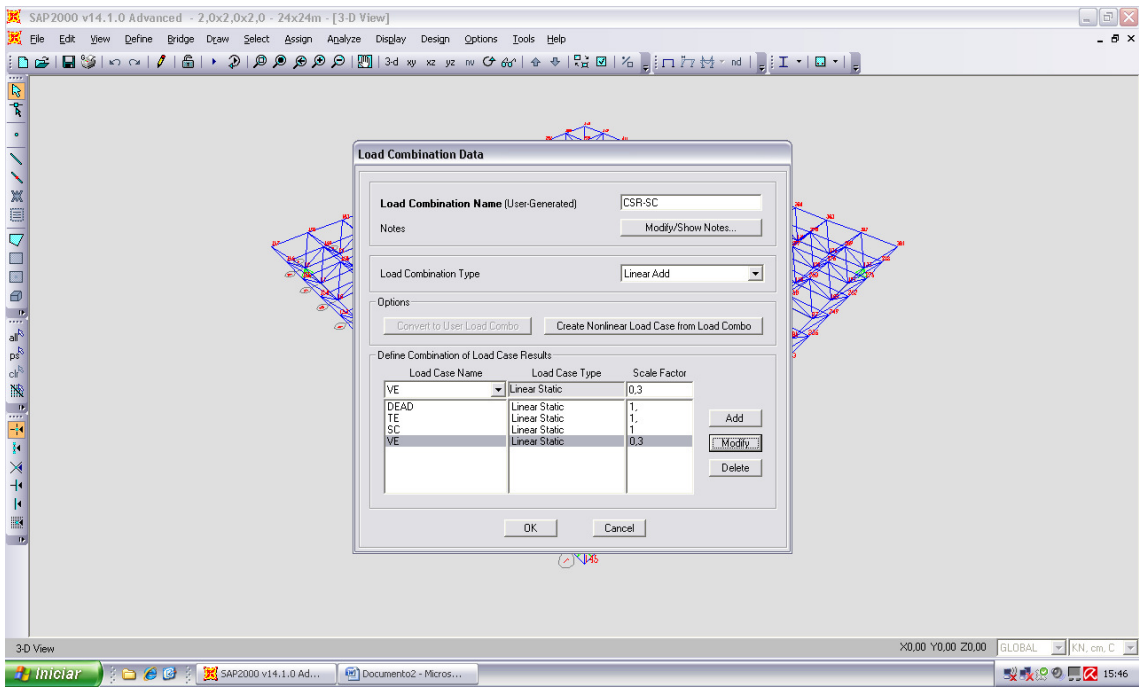


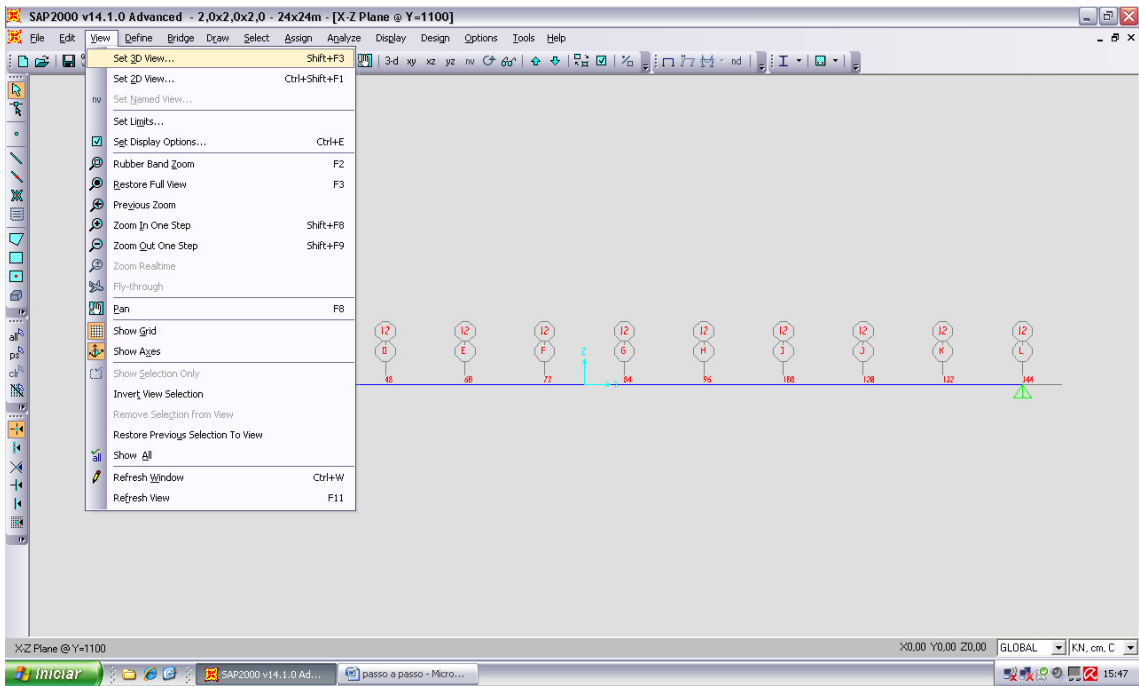
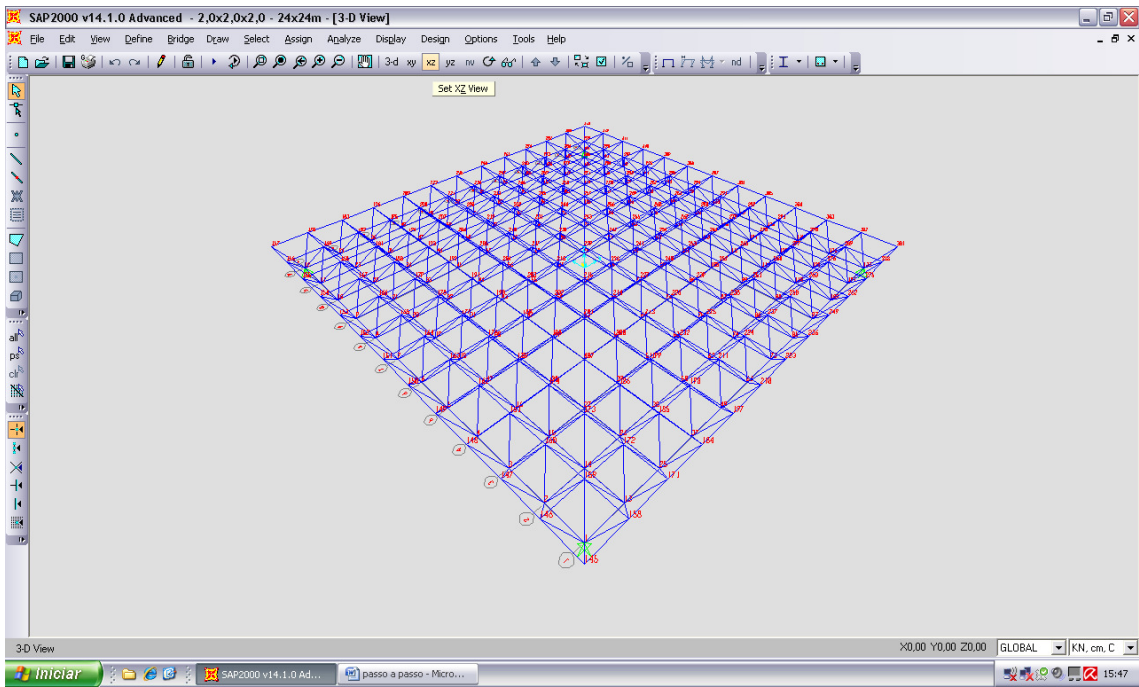


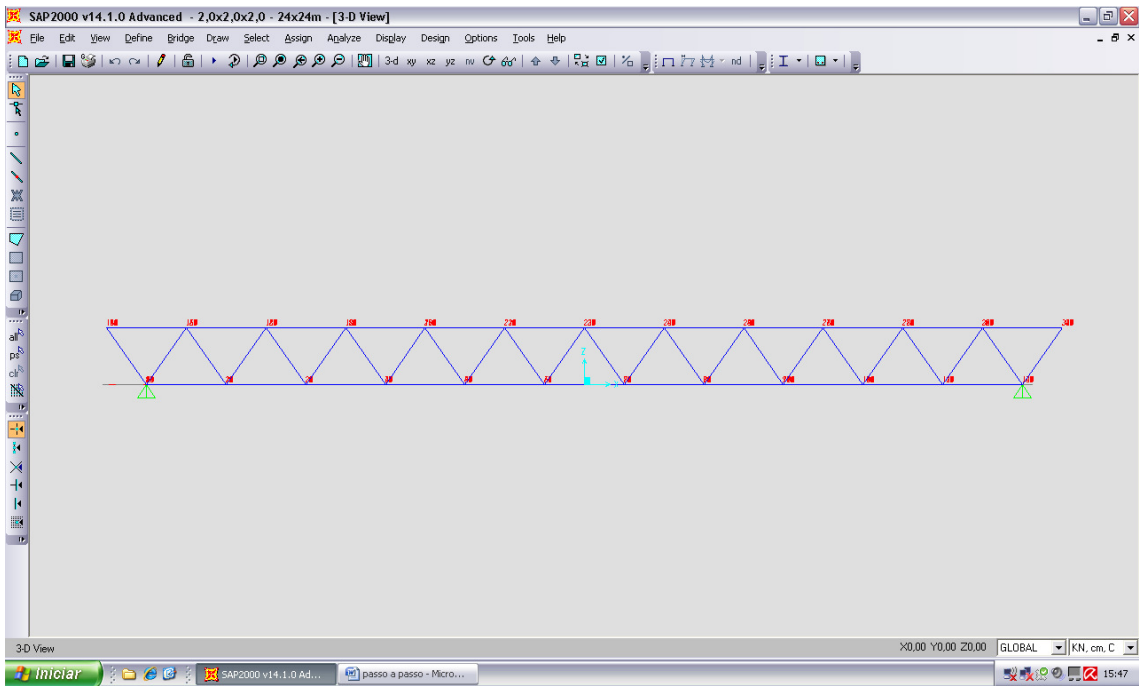
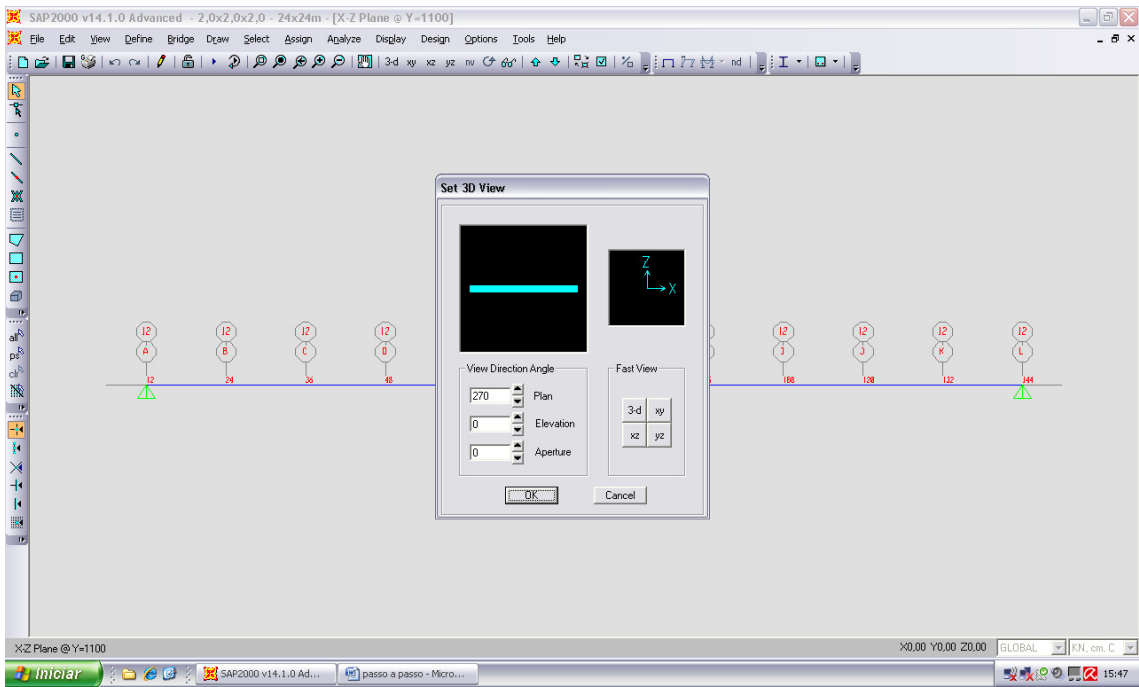


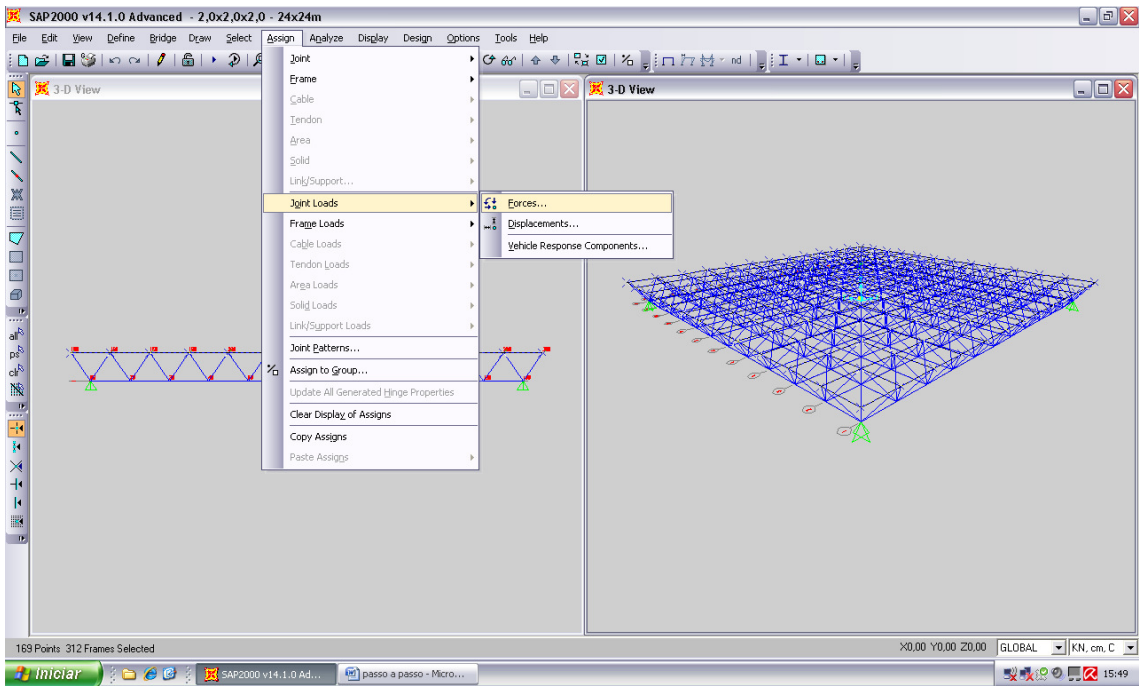
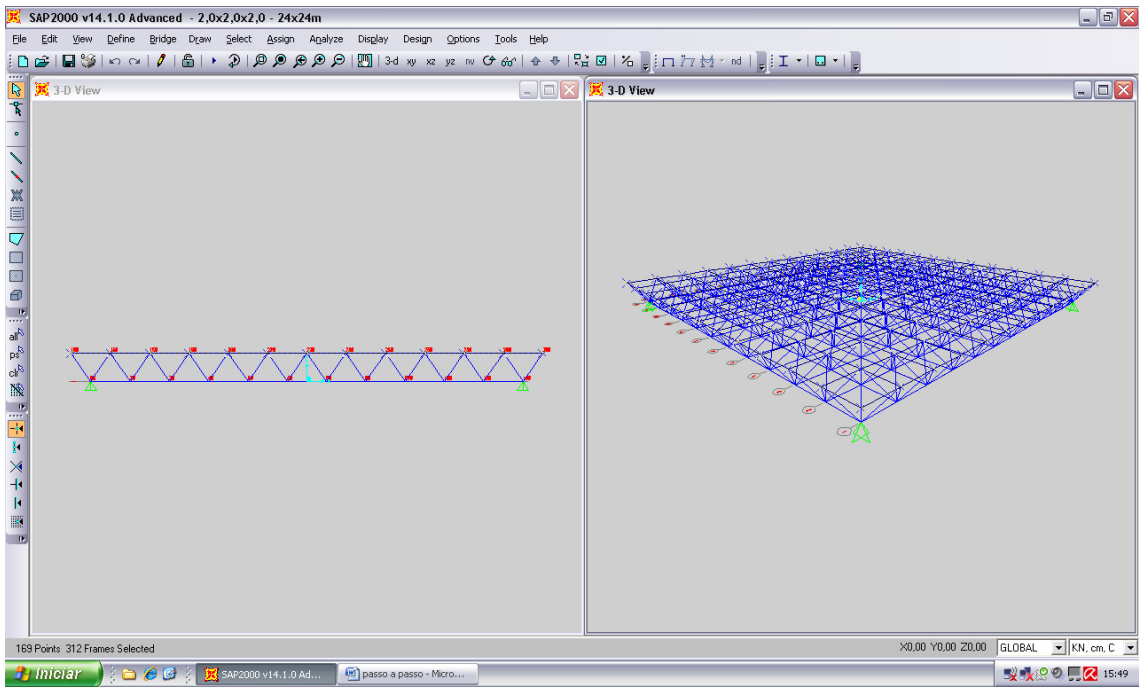


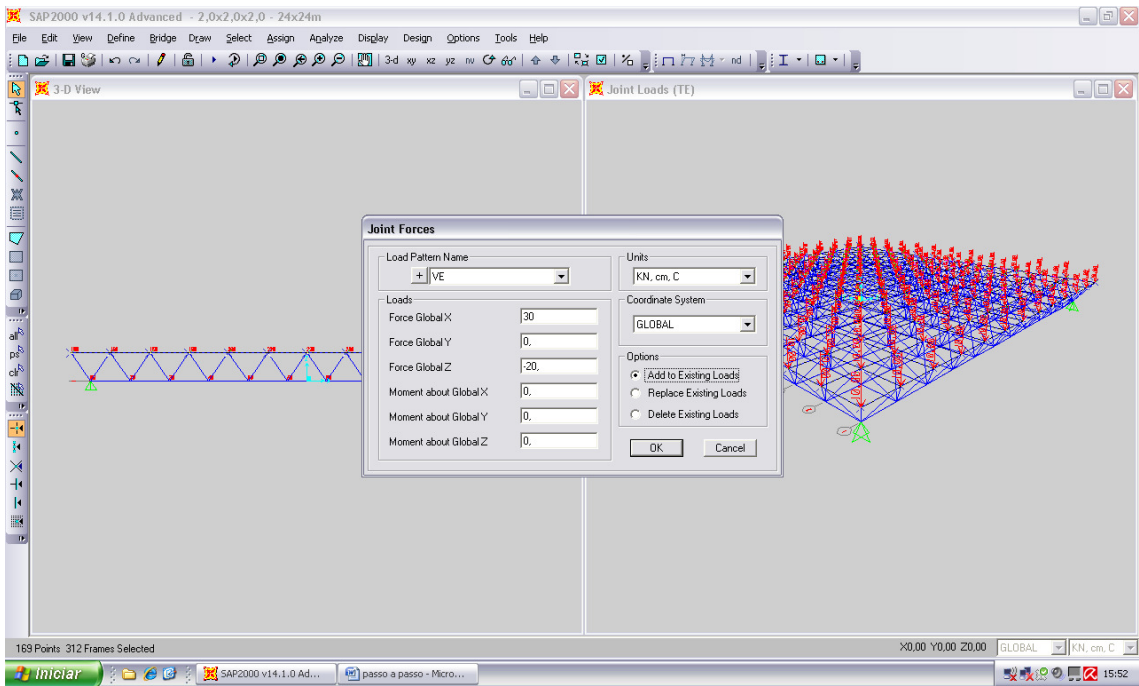
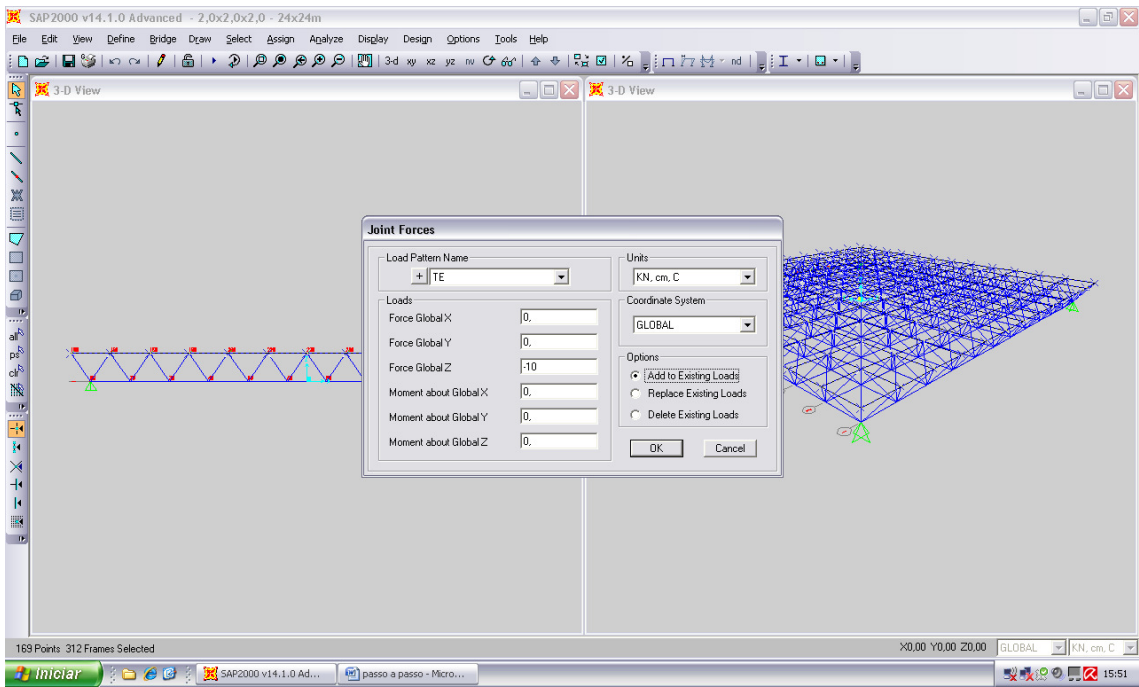




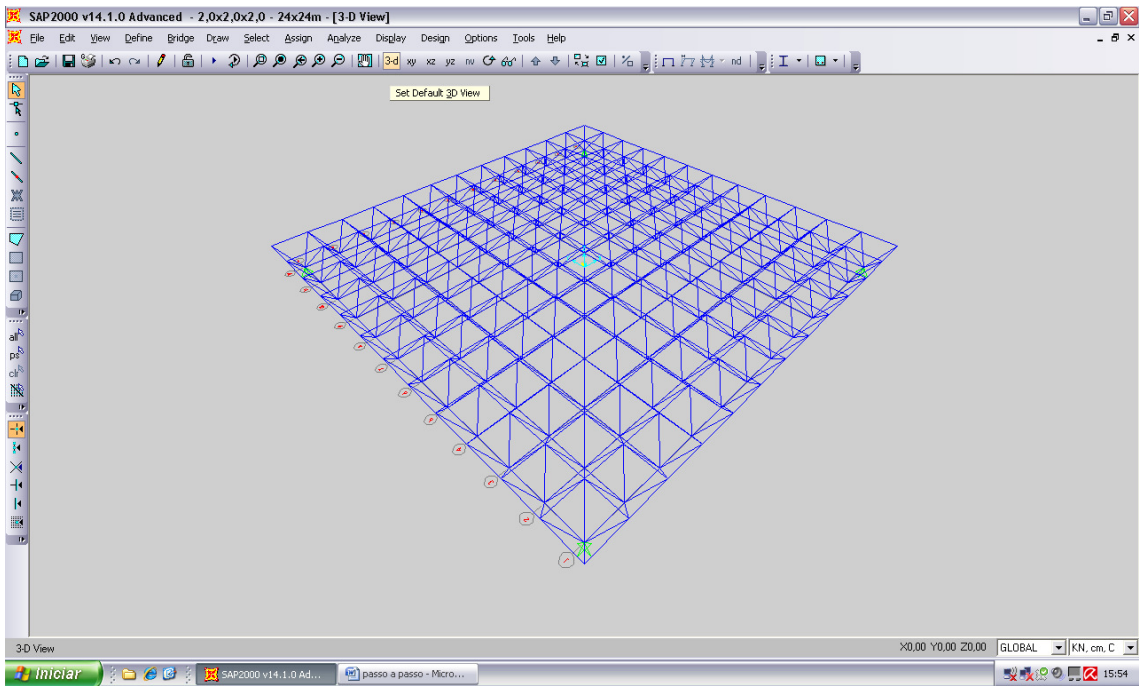
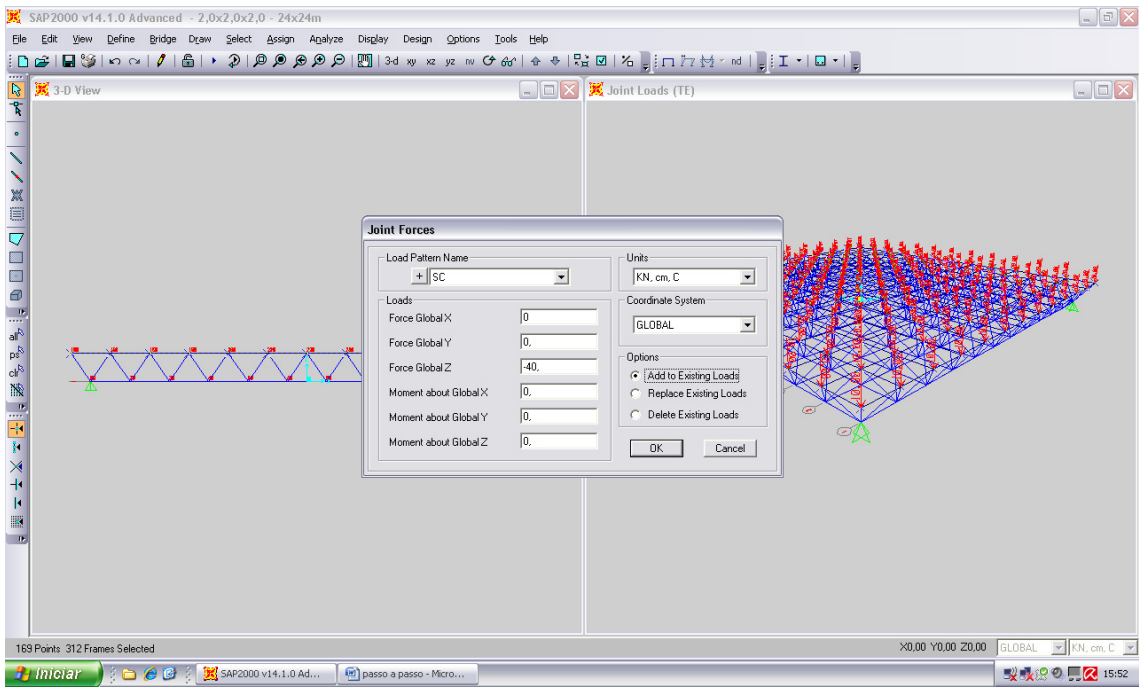


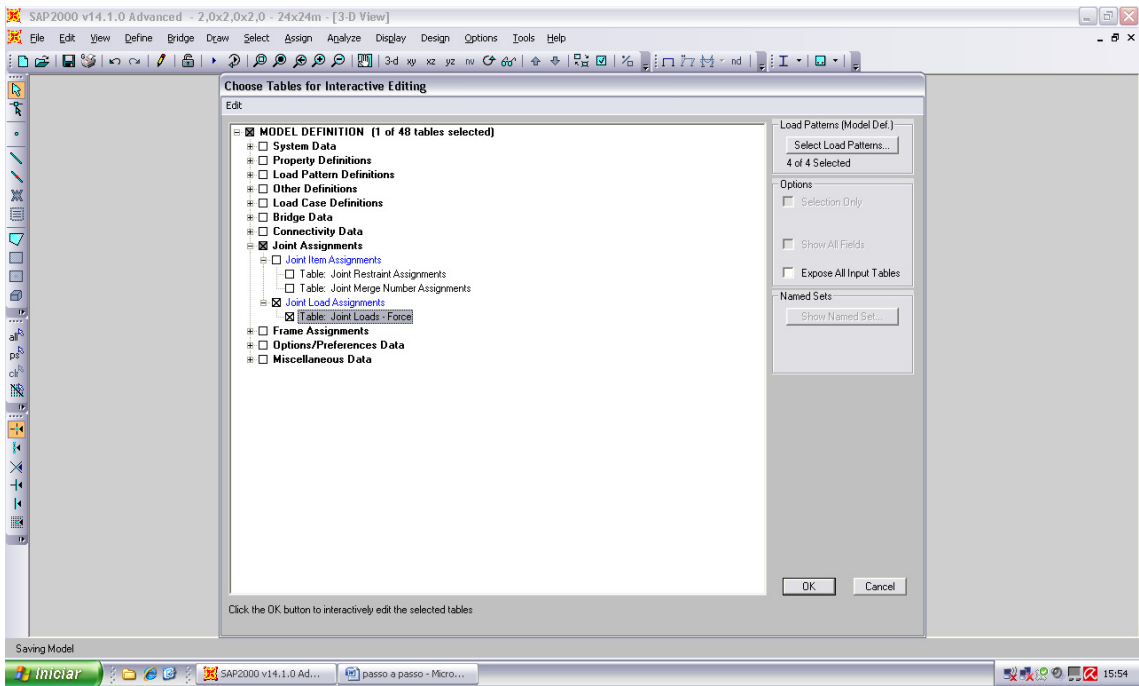
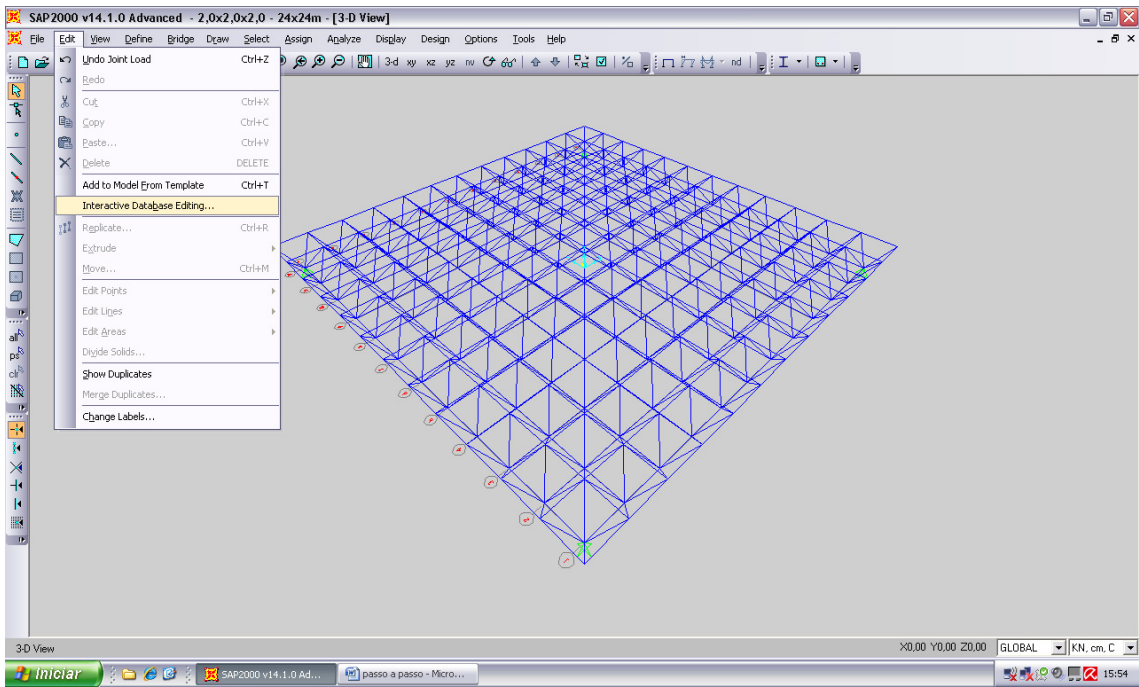


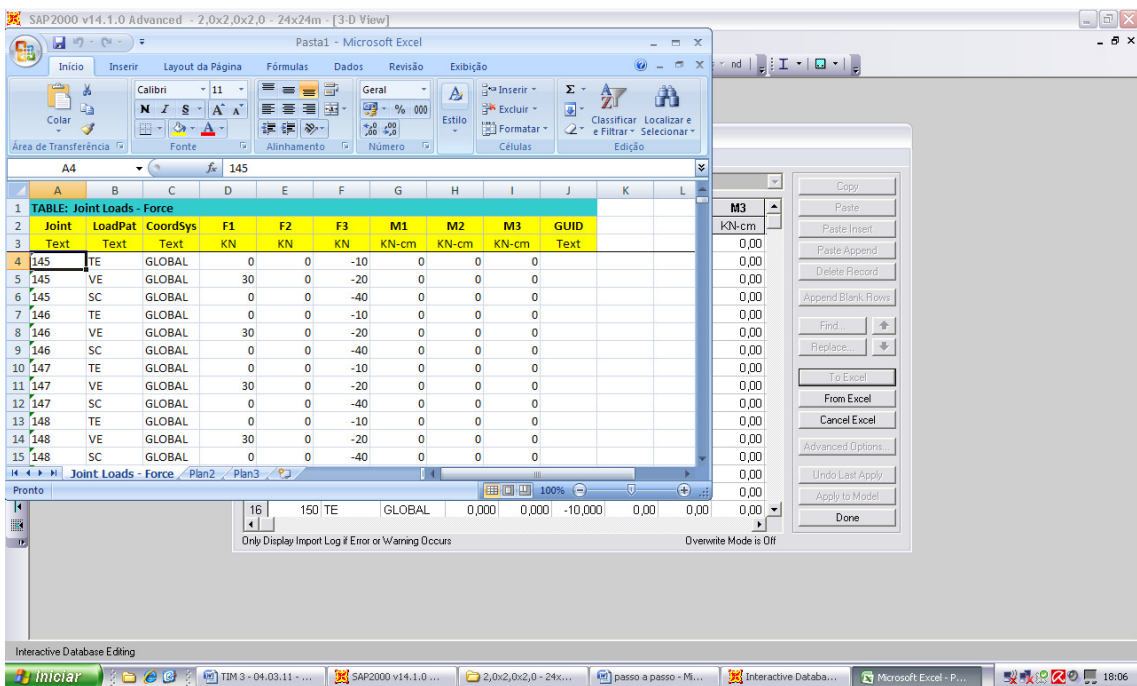
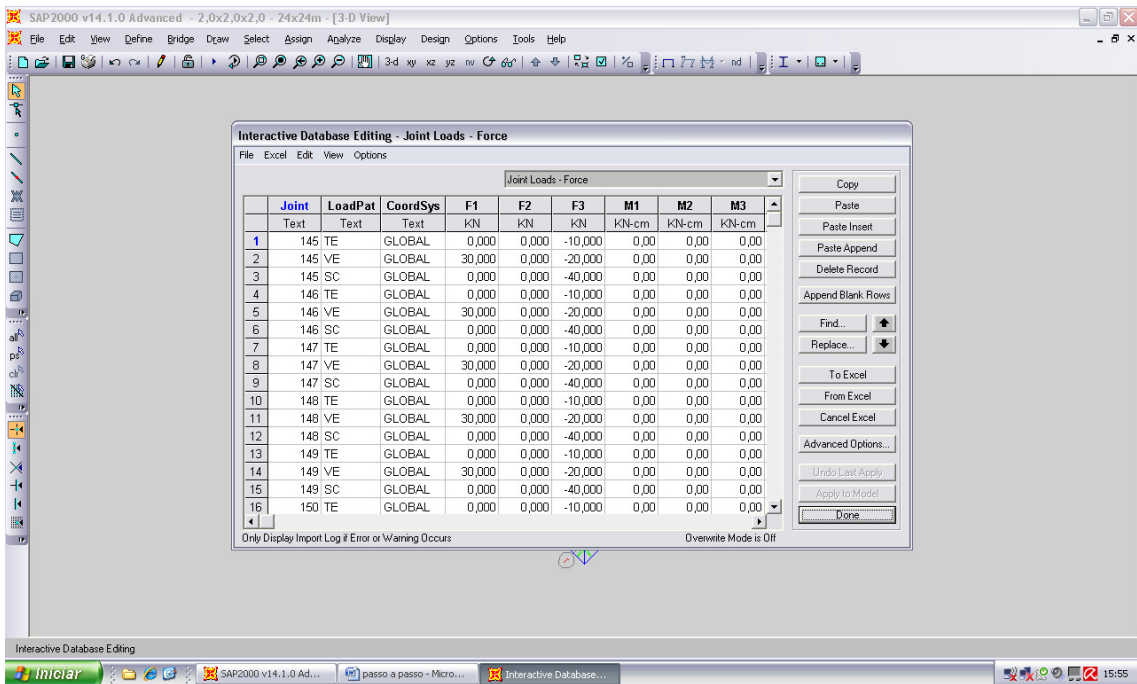












SAP2000 v14.1.0 Advanced - 2,0x2,0x2,0 - 24x24m - [3-D View]

File Edit View Define Bridge Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help

Interactive Database Editing - Joint Loads - Force

File Excel Edit View Options

Joint Loads - Force

Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm
1	145 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-10,000	0,00	0,00	0,00
2	145 VE	GLOBAL	30,000	0,000	-20,000	0,00	0,00	0,00
3	145 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-40,000	0,00	0,00	0,00
4	146 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-10,000	0,00	0,00	0,00
5	146 VE	GLOBAL	30,000	0,000	-20,000	0,00	0,00	0,00
6	146 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-40,000	0,00	0,00	0,00
7	147 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-10,000	0,00	0,00	0,00
8	147 VE	GLOBAL	30,000	0,000	-20,000	0,00	0,00	0,00
9	147 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-40,000	0,00	0,00	0,00
10	148 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-10,000	0,00	0,00	0,00
11	148 VE	GLOBAL	30,000	0,000	-20,000	0,00	0,00	0,00
12	148 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-40,000	0,00	0,00	0,00
13	149 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-10,000	0,00	0,00	0,00
14	149 VE	GLOBAL	30,000	0,000	-20,000	0,00	0,00	0,00
15	149 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-40,000	0,00	0,00	0,00
16	150 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-10,000	0,00	0,00	0,00
17	150 VE	GLOBAL	30,000	0,000	-20,000	0,00	0,00	0,00

Only Display Import Log if Error or Warning Occurs Overwrite Mode is Off

Windows Taskbar: iniciar, TIM 3 - 04.03.11 - ..., SAP2000 v14.1.0..., ANEXOS, passo a passo - Mi..., Interactive Databa..., Pastal, 18:40

SAP2000 v14.1.0 Advanced - 2,0x2,0x2,0 - 24x24m - [3-D View]

File Edit View Define Bridge Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help

Interactive Database Editing - Joint Loads - Force

File Excel Edit View Options

Joint Loads - Force

Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm
1	145 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,040	0,00	0,00	0,00
2	145 VE	GLOBAL	0,090	0,000	-1,010	0,00	0,00	0,00
3	145 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,250	0,00	0,00	0,00
4	146 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,060	0,00	0,00	0,00
5	146 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
6	146 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
7	147 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
8	147 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
9	147 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
10	148 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
11	148 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
12	148 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
13	149 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
14	149 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
15	149 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
16	150 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
17	150 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00

Only Display Import Log if Error or Warning Occurs Overwrite Mode is Off

Windows Taskbar: iniciar, TIM 3 - 04.03.11 - Mi..., SAP2000 v14.1.0 Adv..., ANEXOS, passo a passo - Micro..., Interactive Database..., 18:40

SAP2000 v14.1.0 Advanced - 2,0x2,0x2,0 - 24x24m - [3-D View]

File Edit View Define Bridge Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help

Interactive Database Editing - Joint Loads - Force

File Excel Edit View Options

Joint Loads - Force

Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm
1	145 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,040	0,00	0,00	0,00
2	145 VE	GLOBAL	0,090	0,000	-1,010	0,00	0,00	0,00
3	145 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,250	0,00	0,00	0,00
4	146 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
5	146 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
6	146 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
7	147 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
8	147 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
9	147 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
10	148 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
11	148 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
12	148 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
13	149 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
14	149 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00
15	149 SC	GLOBAL	0,000	0,000	-0,500	0,00	0,00	0,00
16	150 TE	GLOBAL	0,000	0,000	-0,080	0,00	0,00	0,00
17	150 VE	GLOBAL	0,190	0,000	-2,060	0,00	0,00	0,00

Only Display Import Log if Error or Warning Occurs Overwrite Mode is Off

3-D View

iniciar TIM 3 - 04.03.11 - Mi... SAP2000 v14.1.0 Ad... ANEXOS passo a passo - Micro... Interactive Database... 18:40

SAP2000 v14.1.0 Advanced - 2,0x2,0x2,0 - 24x24m - [3-D View]

File Edit View Define Bridge Draw Select Assign Analyze Display Design Options Tools Help

View/Revise Preferences...

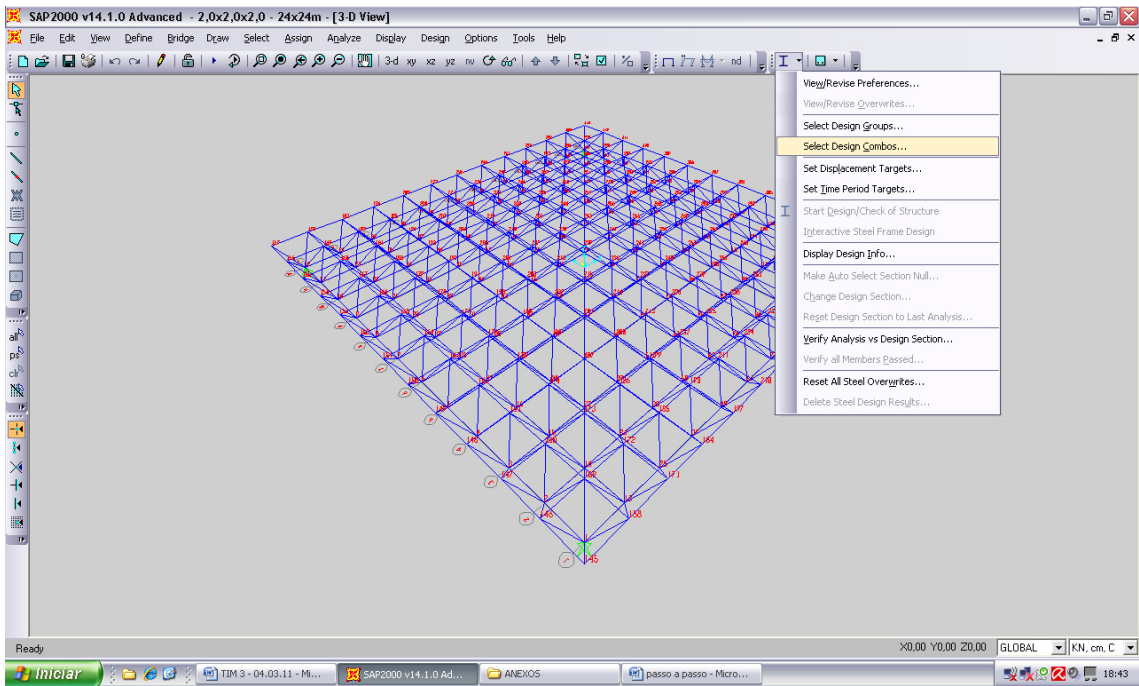
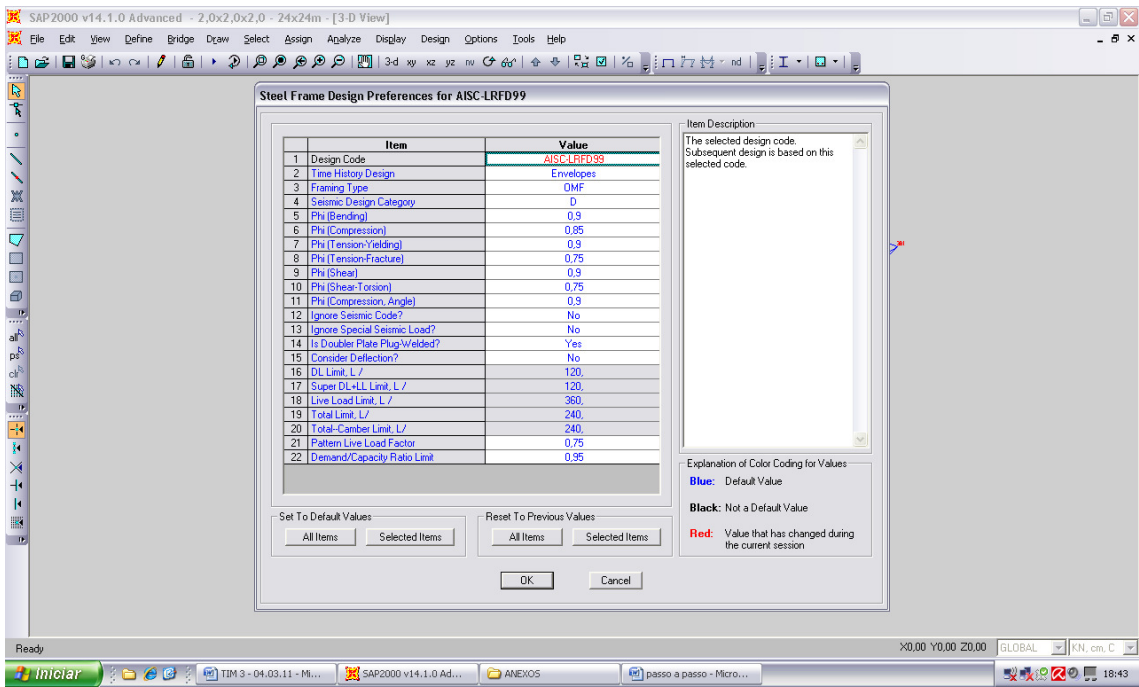
- View/Revise Overwrites...
- Select Design Groups...
- Select Design Combos...
- Set Displacement Targets...
- Set Time Period Targets...
- Start Design/Check of Structure
- Interactive Steel Frame Design
- Display Design Info...
- Make Auto Select Section Null...
- Change Design Section...
- Reset Design Section to Last Analysis...
- Verify Analysis vs Design Section...
- Verify all Members Passed...
- Reset All Steel Overwrites...
- Delete Steel Design Results...

3-D View

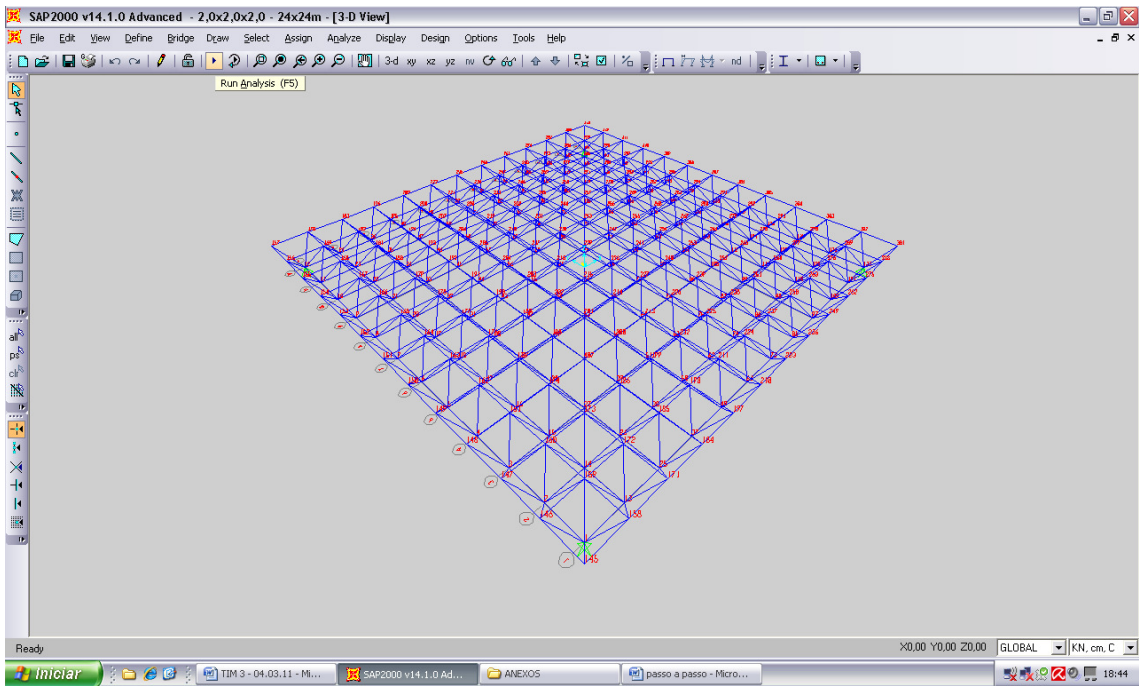
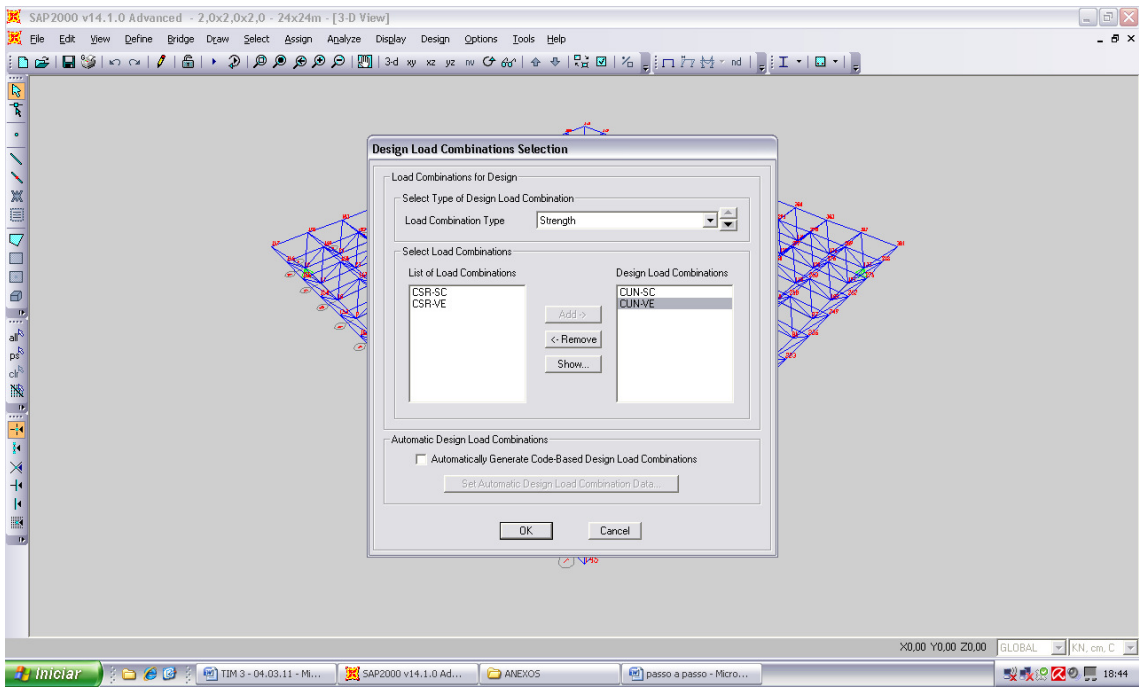
X0,00 Y0,00 Z0,00 GLOBAL KN, cm, C

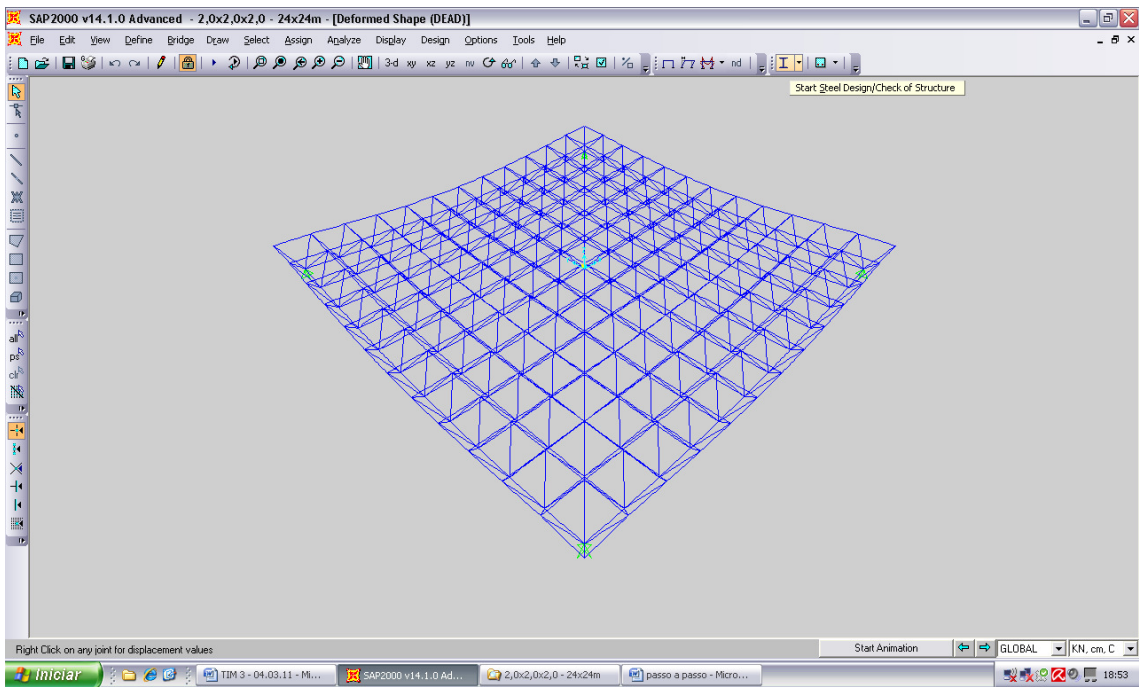
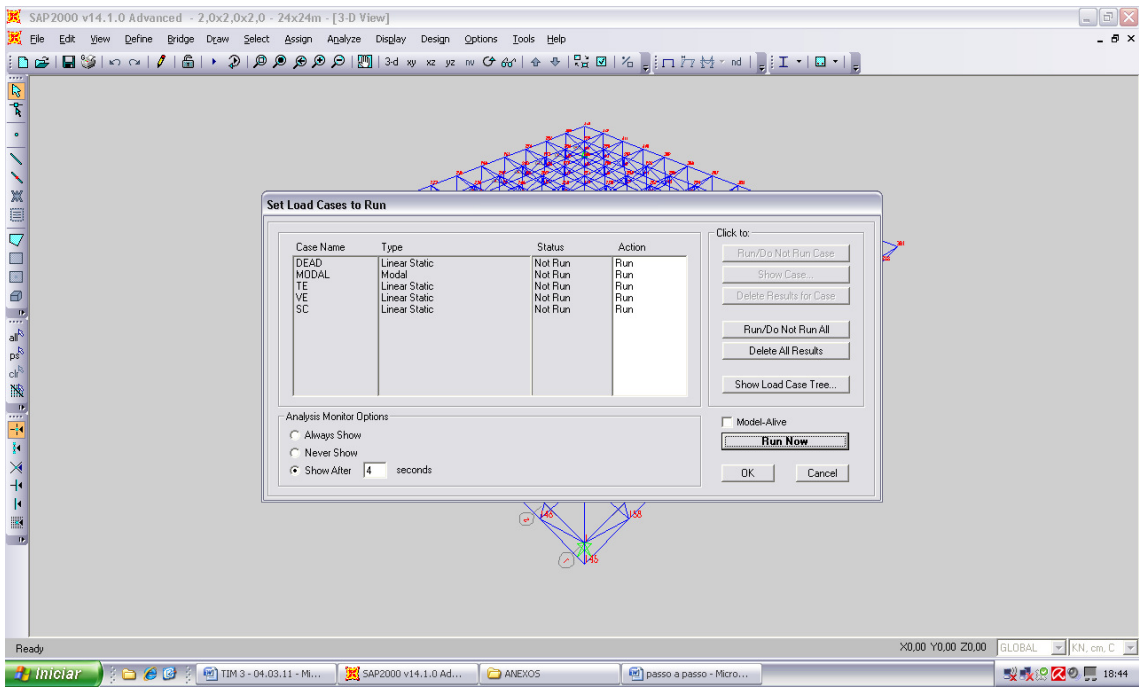
iniciar TIM 3 - 04.03.11 - Mi... SAP2000 v14.1.0 Ad... ANEXOS passo a passo - Micro... 18:43

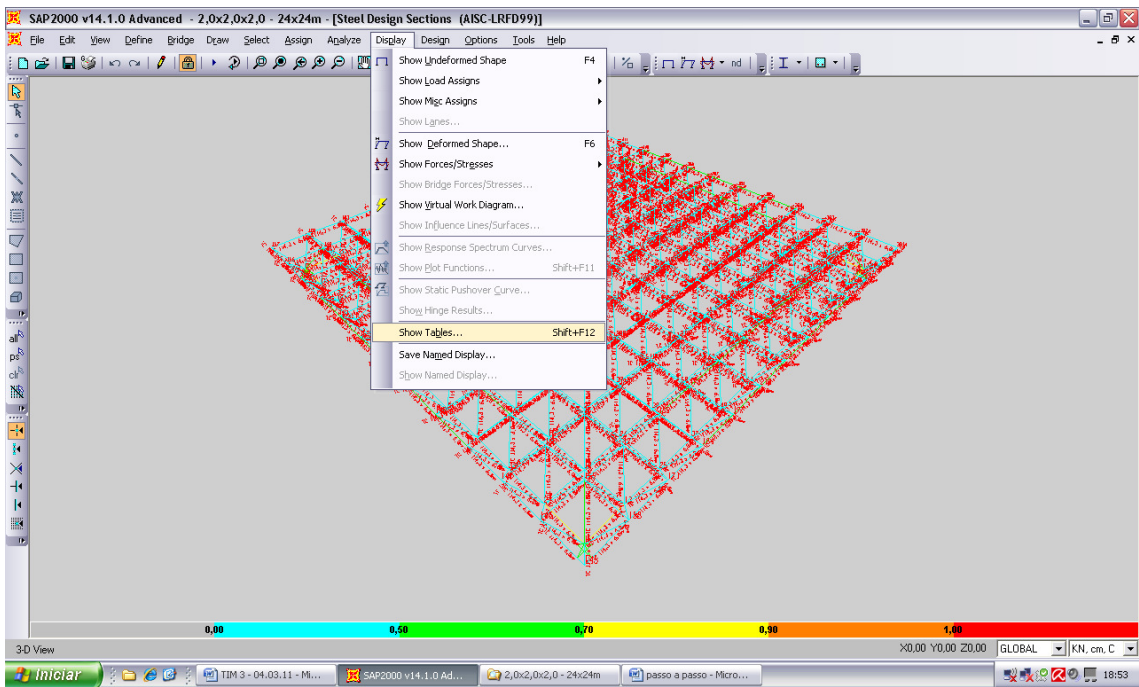
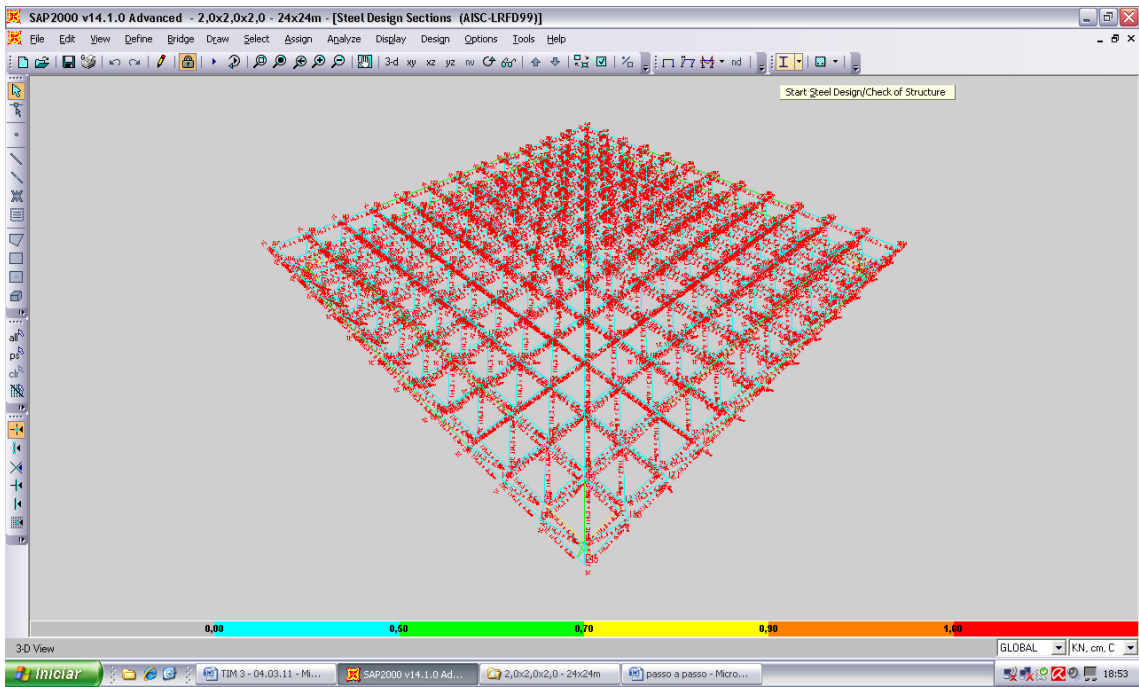


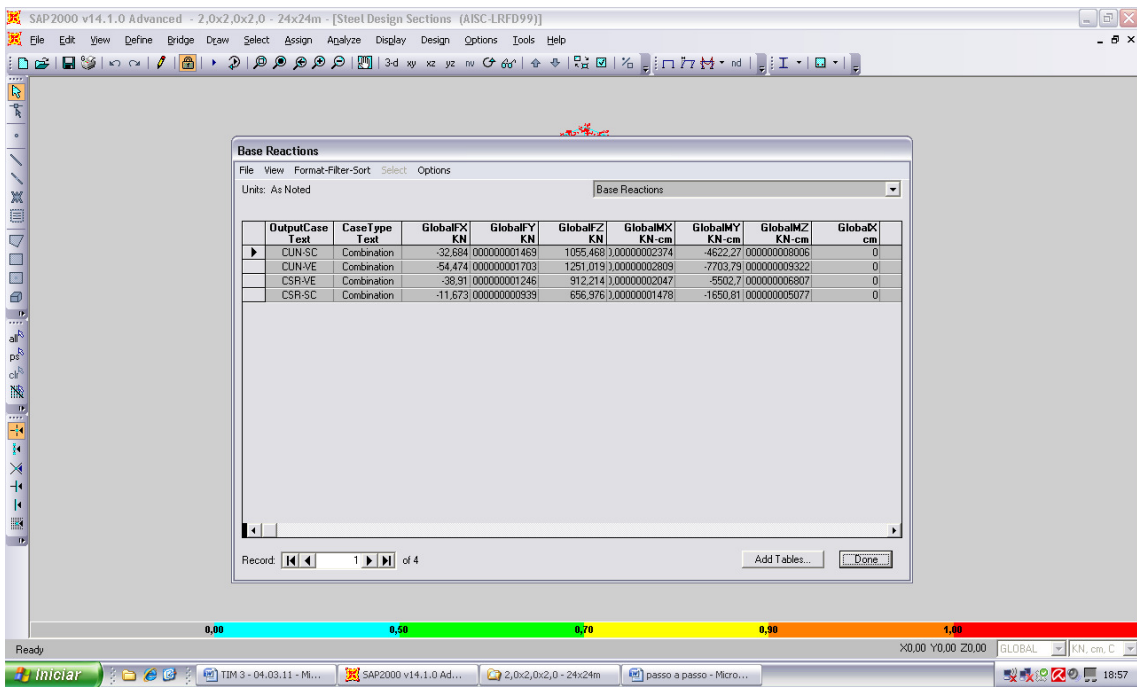
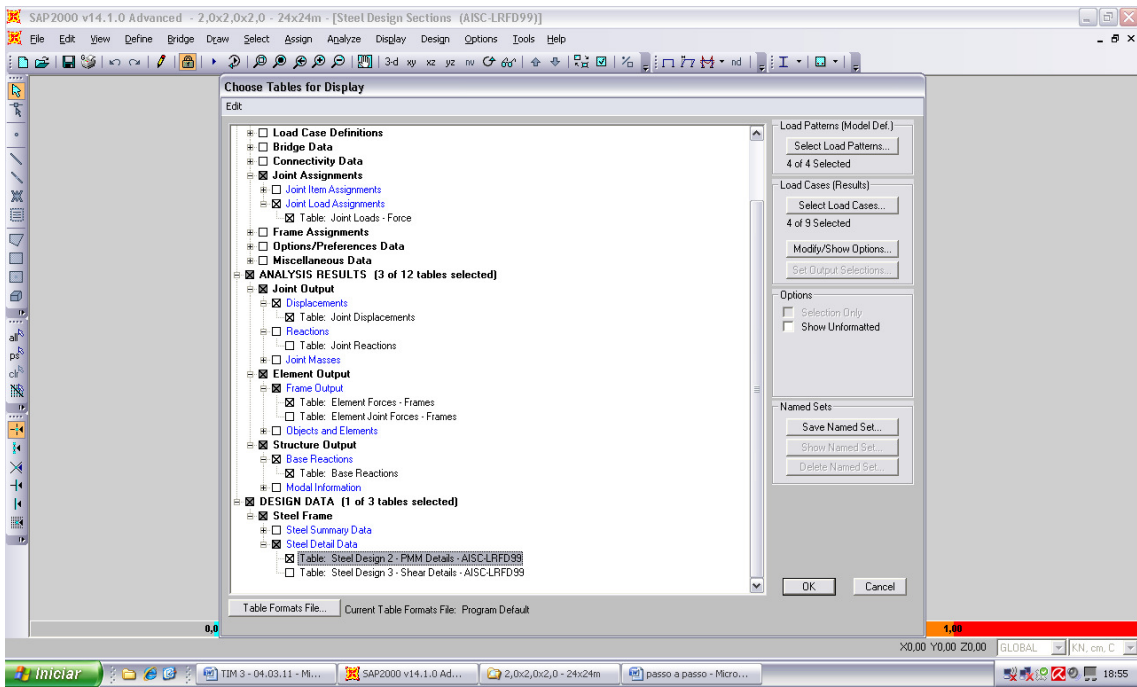












## Anexo 5 – Esforços resultantes nas barras – 1ª Tentativa

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
1	Banzos	CUN-VE	-191,88	15,82	0	-0,055	0	0
2	Banzos	CUN-VE	-34,624	15,82	0	-0,055	0	0
3	Banzos	CUN-VE	58,296	15,82	0	-0,055	0	0
4	Banzos	CUN-VE	107,085	15,82	0	-0,055	0	0
5	Banzos	CUN-VE	122,244	15,82	0	-0,055	0	0
6	Banzos	CUN-VE	107,085	15,82	0	-0,055	0	0
7	Banzos	CUN-VE	58,296	15,82	0	-0,055	0	0
8	Banzos	CUN-VE	-34,624	15,82	0	-0,055	0	0
9	Banzos	CUN-VE	-191,88	15,82	0	-0,055	0	0
10	Banzos	CUN-SC	0,076	15,82	0	-0,055	0	0
11	Banzos	CUN-VE	36,942	15,82	0	-0,055	0	0
12	Banzos	CUN-VE	67,973	15,82	0	-0,055	0	0
13	Banzos	CUN-VE	88,114	15,82	0	-0,055	0	0
14	Banzos	CUN-VE	95,056	15,82	0	-0,055	0	0
15	Banzos	CUN-VE	88,114	15,82	0	-0,055	0	0
16	Banzos	CUN-VE	67,973	15,82	0	-0,055	0	0
17	Banzos	CUN-VE	36,942	15,82	0	-0,055	0	0
18	Banzos	CUN-SC	0,076	15,82	0	-0,055	0	0
19	Banzos	CUN-VE	14,901	15,82	0	-0,055	0	0
20	Banzos	CUN-VE	35,609	15,82	0	-0,055	0	0
21	Banzos	CUN-VE	56,375	15,82	0	-0,055	0	0
22	Banzos	CUN-VE	70,524	15,82	0	-0,055	0	0
23	Banzos	CUN-VE	75,487	15,82	0	-0,055	0	0
24	Banzos	CUN-VE	70,524	15,82	0	-0,055	0	0
25	Banzos	CUN-VE	56,375	15,82	0	-0,055	0	0
26	Banzos	CUN-VE	35,609	15,82	0	-0,055	0	0
27	Banzos	CUN-VE	14,901	15,82	0	-0,055	0	0
28	Banzos	CUN-VE	13,478	15,82	0	-0,055	0	0
29	Banzos	CUN-VE	26,375	15,82	0	-0,055	0	0
30	Banzos	CUN-VE	40,414	15,82	0	-0,055	0	0
31	Banzos	CUN-VE	50,786	15,82	0	-0,055	0	0
32	Banzos	CUN-VE	54,559	15,82	0	-0,055	0	0
33	Banzos	CUN-VE	50,786	15,82	0	-0,055	0	0
34	Banzos	CUN-VE	40,414	15,82	0	-0,055	0	0
35	Banzos	CUN-VE	26,375	15,82	0	-0,055	0	0
36	Banzos	CUN-VE	13,478	15,82	0	-0,055	0	0
37	Banzos	CUN-VE	11,463	15,82	0	-0,055	0	0
38	Banzos	CUN-VE	20,414	15,82	0	-0,055	0	0
39	Banzos	CUN-VE	30,882	15,82	0	-0,055	0	0
40	Banzos	CUN-VE	39,02	15,82	0	-0,055	0	0
41	Banzos	CUN-VE	42,057	15,82	0	-0,055	0	0
42	Banzos	CUN-VE	39,02	15,82	0	-0,055	0	0
43	Banzos	CUN-VE	30,882	15,82	0	-0,055	0	0
44	Banzos	CUN-VE	20,414	15,82	0	-0,055	0	0
45	Banzos	CUN-VE	11,463	15,82	0	-0,055	0	0
46	Banzos	CUN-VE	11,545	15,82	0	-0,055	0	0
47	Banzos	CUN-VE	20,615	15,82	0	-0,055	0	0
48	Banzos	CUN-VE	31,16	15,82	0	-0,055	0	0
49	Banzos	CUN-VE	39,321	15,82	0	-0,055	0	0
50	Banzos	CUN-VE	42,36	15,82	0	-0,055	0	0
51	Banzos	CUN-VE	39,321	15,82	0	-0,055	0	0
52	Banzos	CUN-VE	31,16	15,82	0	-0,055	0	0
53	Banzos	CUN-VE	20,615	15,82	0	-0,055	0	0
54	Banzos	CUN-VE	11,545	15,82	0	-0,055	0	0
55	Banzos	CUN-VE	13,729	15,82	0	-0,055	0	0
56	Banzos	CUN-VE	26,973	15,82	0	-0,055	0	0
57	Banzos	CUN-VE	41,204	15,82	0	-0,055	0	0
58	Banzos	CUN-VE	51,617	15,82	0	-0,055	0	0
59	Banzos	CUN-VE	55,387	15,82	0	-0,055	0	0



**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
60	Banzos	CUN-VE	51,617	15,82	0	-0,055	0	0
61	Banzos	CUN-VE	41,204	15,82	0	-0,055	0	0
62	Banzos	CUN-VE	26,973	15,82	0	-0,055	0	0
63	Banzos	CUN-VE	13,729	15,82	0	-0,055	0	0
64	Banzos	CUN-VE	15,298	15,82	0	-0,055	0	0
65	Banzos	CUN-VE	36,537	15,82	0	-0,055	0	0
66	Banzos	CUN-VE	57,513	15,82	0	-0,055	0	0
67	Banzos	CUN-VE	71,684	15,82	0	-0,055	0	0
68	Banzos	CUN-VE	76,639	15,82	0	-0,055	0	0
69	Banzos	CUN-VE	71,684	15,82	0	-0,055	0	0
70	Banzos	CUN-VE	57,513	15,82	0	-0,055	0	0
71	Banzos	CUN-VE	36,537	15,82	0	-0,055	0	0
72	Banzos	CUN-VE	15,298	15,82	0	-0,055	0	0
73	Banzos	CUN-SC	0,187	15,82	0	-0,055	0	0
74	Banzos	CUN-VE	37,805	15,82	0	-0,055	0	0
75	Banzos	CUN-VE	69,116	15,82	0	-0,055	0	0
76	Banzos	CUN-VE	89,44	15,82	0	-0,055	0	0
77	Banzos	CUN-VE	96,453	15,82	0	-0,055	0	0
78	Banzos	CUN-VE	89,44	15,82	0	-0,055	0	0
79	Banzos	CUN-VE	69,116	15,82	0	-0,055	0	0
80	Banzos	CUN-VE	37,805	15,82	0	-0,055	0	0
81	Banzos	CUN-SC	0,187	15,82	0	-0,055	0	0
82	Banzos	CUN-VE	-195,744	15,82	0	-0,055	0	0
83	Banzos	CUN-VE	-35,769	15,82	0	-0,055	0	0
84	Banzos	CUN-VE	59,363	15,82	0	-0,055	0	0
85	Banzos	CUN-VE	109,555	15,82	0	-0,055	0	0
86	Banzos	CUN-VE	125,189	15,82	0	-0,055	0	0
87	Banzos	CUN-VE	109,555	15,82	0	-0,055	0	0
88	Banzos	CUN-VE	59,363	15,82	0	-0,055	0	0
89	Banzos	CUN-VE	-35,769	15,82	0	-0,055	0	0
90	Banzos	CUN-VE	-195,744	15,82	0	-0,055	0	0
91	Banzos	CUN-VE	-183,325	15,82	0	-0,055	0	0
92	Banzos	CUN-VE	-28,283	15,82	0	-0,055	0	0
93	Banzos	CUN-VE	62,988	15,82	0	-0,055	0	0
94	Banzos	CUN-VE	110,269	15,82	0	-0,055	0	0
95	Banzos	CUN-VE	123,716	15,82	0	-0,055	0	0
96	Banzos	CUN-VE	106,372	15,82	0	-0,055	0	0
97	Banzos	CUN-VE	54,671	15,82	0	-0,055	0	0
98	Banzos	CUN-VE	-42,11	15,82	0	-0,055	0	0
99	Banzos	CUN-VE	-204,298	15,82	0	-0,055	0	0
100	Banzos	CUN-VE	1,454	15,82	0	-0,055	0	0
101	Banzos	CUN-VE	39,073	15,82	0	-0,055	0	0
102	Banzos	CUN-VE	69,927	15,82	0	-0,055	0	0
103	Banzos	CUN-VE	89,529	15,82	0	-0,055	0	0
104	Banzos	CUN-VE	95,755	15,82	0	-0,055	0	0
105	Banzos	CUN-VE	88,025	15,82	0	-0,055	0	0
106	Banzos	CUN-VE	67,162	15,82	0	-0,055	0	0
107	Banzos	CUN-VE	35,675	15,82	0	-0,055	0	0
108	Banzos	CUN-VE	-1,354	15,82	0	-0,055	0	0
109	Banzos	CUN-VE	15,31	15,82	0	-0,055	0	0
110	Banzos	CUN-VE	36,496	15,82	0	-0,055	0	0
111	Banzos	CUN-VE	57,375	15,82	0	-0,055	0	0
112	Banzos	CUN-VE	71,366	15,82	0	-0,055	0	0
113	Banzos	CUN-VE	76,063	15,82	0	-0,055	0	0
114	Banzos	CUN-VE	70,843	15,82	0	-0,055	0	0
115	Banzos	CUN-VE	56,513	15,82	0	-0,055	0	0
116	Banzos	CUN-VE	35,65	15,82	0	-0,055	0	0
117	Banzos	CUN-VE	14,889	15,82	0	-0,055	0	0
118	Banzos	CUN-VE	13,596	15,82	0	-0,055	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
119	Banzos	CUN-VE	26,725	15,82	0	-0,055	0	0
120	Banzos	CUN-VE	40,895	15,82	0	-0,055	0	0
121	Banzos	CUN-VE	51,266	15,82	0	-0,055	0	0
122	Banzos	CUN-VE	54,973	15,82	0	-0,055	0	0
123	Banzos	CUN-VE	51,138	15,82	0	-0,055	0	0
124	Banzos	CUN-VE	40,722	15,82	0	-0,055	0	0
125	Banzos	CUN-VE	26,622	15,82	0	-0,055	0	0
126	Banzos	CUN-VE	13,611	15,82	0	-0,055	0	0
127	Banzos	CUN-VE	11,454	15,82	0	-0,055	0	0
128	Banzos	CUN-VE	20,46	15,82	0	-0,055	0	0
129	Banzos	CUN-VE	30,984	15,82	0	-0,055	0	0
130	Banzos	CUN-VE	39,155	15,82	0	-0,055	0	0
131	Banzos	CUN-VE	42,208	15,82	0	-0,055	0	0
132	Banzos	CUN-VE	39,185	15,82	0	-0,055	0	0
133	Banzos	CUN-VE	31,058	15,82	0	-0,055	0	0
134	Banzos	CUN-VE	20,569	15,82	0	-0,055	0	0
135	Banzos	CUN-VE	11,554	15,82	0	-0,055	0	0
136	Banzos	CUN-VE	11,454	15,82	0	-0,055	0	0
137	Banzos	CUN-VE	20,46	15,82	0	-0,055	0	0
138	Banzos	CUN-VE	30,984	15,82	0	-0,055	0	0
139	Banzos	CUN-VE	39,155	15,82	0	-0,055	0	0
140	Banzos	CUN-VE	42,208	15,82	0	-0,055	0	0
141	Banzos	CUN-VE	39,185	15,82	0	-0,055	0	0
142	Banzos	CUN-VE	31,058	15,82	0	-0,055	0	0
143	Banzos	CUN-VE	20,569	15,82	0	-0,055	0	0
144	Banzos	CUN-VE	11,554	15,82	0	-0,055	0	0
145	Banzos	CUN-VE	13,596	15,82	0	-0,055	0	0
146	Banzos	CUN-VE	26,725	15,82	0	-0,055	0	0
147	Banzos	CUN-VE	40,895	15,82	0	-0,055	0	0
148	Banzos	CUN-VE	51,266	15,82	0	-0,055	0	0
149	Banzos	CUN-VE	54,973	15,82	0	-0,055	0	0
150	Banzos	CUN-VE	51,138	15,82	0	-0,055	0	0
151	Banzos	CUN-VE	40,722	15,82	0	-0,055	0	0
152	Banzos	CUN-VE	26,622	15,82	0	-0,055	0	0
153	Banzos	CUN-VE	13,611	15,82	0	-0,055	0	0
154	Banzos	CUN-VE	15,31	15,82	0	-0,055	0	0
155	Banzos	CUN-VE	36,496	15,82	0	-0,055	0	0
156	Banzos	CUN-VE	57,375	15,82	0	-0,055	0	0
157	Banzos	CUN-VE	71,366	15,82	0	-0,055	0	0
158	Banzos	CUN-VE	76,063	15,82	0	-0,055	0	0
159	Banzos	CUN-VE	70,843	15,82	0	-0,055	0	0
160	Banzos	CUN-VE	56,513	15,82	0	-0,055	0	0
161	Banzos	CUN-VE	35,65	15,82	0	-0,055	0	0
162	Banzos	CUN-VE	14,889	15,82	0	-0,055	0	0
163	Banzos	CUN-VE	1,454	15,82	0	-0,055	0	0
164	Banzos	CUN-VE	39,073	15,82	0	-0,055	0	0
165	Banzos	CUN-VE	69,927	15,82	0	-0,055	0	0
166	Banzos	CUN-VE	89,529	15,82	0	-0,055	0	0
167	Banzos	CUN-VE	95,755	15,82	0	-0,055	0	0
168	Banzos	CUN-VE	88,025	15,82	0	-0,055	0	0
169	Banzos	CUN-VE	67,162	15,82	0	-0,055	0	0
170	Banzos	CUN-VE	35,675	15,82	0	-0,055	0	0
171	Banzos	CUN-VE	-1,354	15,82	0	-0,055	0	0
172	Banzos	CUN-VE	-183,325	15,82	0	-0,055	0	0
173	Banzos	CUN-VE	-28,283	15,82	0	-0,055	0	0
174	Banzos	CUN-VE	62,988	15,82	0	-0,055	0	0
175	Banzos	CUN-VE	110,269	15,82	0	-0,055	0	0
176	Banzos	CUN-VE	123,716	15,82	0	-0,055	0	0
177	Banzos	CUN-VE	106,372	15,82	0	-0,055	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99								
Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
178	Banzos	CUN-VE	54,671	15,82	0	-0,055	0	0
179	Banzos	CUN-VE	-42,11	15,82	0	-0,055	0	0
180	Banzos	CUN-VE	-204,298	15,82	0	-0,055	0	0
181	Banzos	CUN-VE	2,024	15,82	0	-0,055	0	0
182	Banzos	CUN-VE	-75,251	15,82	0	-0,055	0	0
183	Banzos	CUN-VE	-142,207	15,82	0	-0,055	0	0
184	Banzos	CUN-VE	-184,988	15,82	0	-0,055	0	0
185	Banzos	CUN-VE	-205,308	15,82	0	-0,055	0	0
186	Banzos	CUN-VE	-205,308	15,82	0	-0,055	0	0
187	Banzos	CUN-VE	-184,988	15,82	0	-0,055	0	0
188	Banzos	CUN-VE	-142,207	15,82	0	-0,055	0	0
189	Banzos	CUN-VE	-75,251	15,82	0	-0,055	0	0
190	Banzos	CUN-VE	2,024	15,82	0	-0,055	0	0
191	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
192	Banzos	CUN-VE	-99,613	15,82	0	-0,055	0	0
193	Banzos	CUN-VE	-150,505	15,82	0	-0,055	0	0
194	Banzos	CUN-VE	-179,544	15,82	0	-0,055	0	0
195	Banzos	CUN-VE	-193,073	15,82	0	-0,055	0	0
196	Banzos	CUN-VE	-193,073	15,82	0	-0,055	0	0
197	Banzos	CUN-VE	-179,544	15,82	0	-0,055	0	0
198	Banzos	CUN-VE	-150,505	15,82	0	-0,055	0	0
199	Banzos	CUN-VE	-99,613	15,82	0	-0,055	0	0
200	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
201	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
202	Banzos	CUN-VE	-43,108	15,82	0	-0,055	0	0
203	Banzos	CUN-VE	-82,596	15,82	0	-0,055	0	0
204	Banzos	CUN-VE	-109,979	15,82	0	-0,055	0	0
205	Banzos	CUN-VE	-123,909	15,82	0	-0,055	0	0
206	Banzos	CUN-VE	-123,909	15,82	0	-0,055	0	0
207	Banzos	CUN-VE	-109,979	15,82	0	-0,055	0	0
208	Banzos	CUN-VE	-82,596	15,82	0	-0,055	0	0
209	Banzos	CUN-VE	-43,108	15,82	0	-0,055	0	0
210	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
211	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
212	Banzos	CUN-VE	-23,327	15,82	0	-0,055	0	0
213	Banzos	CUN-VE	-47,521	15,82	0	-0,055	0	0
214	Banzos	CUN-VE	-66,191	15,82	0	-0,055	0	0
215	Banzos	CUN-VE	-76,25	15,82	0	-0,055	0	0
216	Banzos	CUN-VE	-76,25	15,82	0	-0,055	0	0
217	Banzos	CUN-VE	-66,191	15,82	0	-0,055	0	0
218	Banzos	CUN-VE	-47,521	15,82	0	-0,055	0	0
219	Banzos	CUN-VE	-23,327	15,82	0	-0,055	0	0
220	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
221	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
222	Banzos	CUN-VE	-13,17	15,82	0	-0,055	0	0
223	Banzos	CUN-VE	-29,332	15,82	0	-0,055	0	0
224	Banzos	CUN-VE	-42,376	15,82	0	-0,055	0	0
225	Banzos	CUN-VE	-49,67	15,82	0	-0,055	0	0
226	Banzos	CUN-VE	-49,67	15,82	0	-0,055	0	0
227	Banzos	CUN-VE	-42,376	15,82	0	-0,055	0	0
228	Banzos	CUN-VE	-29,332	15,82	0	-0,055	0	0
229	Banzos	CUN-VE	-13,17	15,82	0	-0,055	0	0
230	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
231	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
232	Banzos	CUN-VE	-10,129	15,82	0	-0,055	0	0
233	Banzos	CUN-VE	-23,828	15,82	0	-0,055	0	0
234	Banzos	CUN-VE	-35,032	15,82	0	-0,055	0	0
235	Banzos	CUN-VE	-41,368	15,82	0	-0,055	0	0
236	Banzos	CUN-VE	-41,368	15,82	0	-0,055	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
237	Banzos	CUN-VE	-35,032	15,82	0	-0,055	0	0
238	Banzos	CUN-VE	-23,828	15,82	0	-0,055	0	0
239	Banzos	CUN-VE	-10,129	15,82	0	-0,055	0	0
240	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
241	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
242	Banzos	CUN-VE	-13,693	15,82	0	-0,055	0	0
243	Banzos	CUN-VE	-30,135	15,82	0	-0,055	0	0
244	Banzos	CUN-VE	-43,275	15,82	0	-0,055	0	0
245	Banzos	CUN-VE	-50,582	15,82	0	-0,055	0	0
246	Banzos	CUN-VE	-50,582	15,82	0	-0,055	0	0
247	Banzos	CUN-VE	-43,275	15,82	0	-0,055	0	0
248	Banzos	CUN-VE	-30,135	15,82	0	-0,055	0	0
249	Banzos	CUN-VE	-13,693	15,82	0	-0,055	0	0
250	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
251	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
252	Banzos	CUN-VE	-24,417	15,82	0	-0,055	0	0
253	Banzos	CUN-VE	-49,072	15,82	0	-0,055	0	0
254	Banzos	CUN-VE	-67,85	15,82	0	-0,055	0	0
255	Banzos	CUN-VE	-77,901	15,82	0	-0,055	0	0
256	Banzos	CUN-VE	-77,901	15,82	0	-0,055	0	0
257	Banzos	CUN-VE	-67,85	15,82	0	-0,055	0	0
258	Banzos	CUN-VE	-49,072	15,82	0	-0,055	0	0
259	Banzos	CUN-VE	-24,417	15,82	0	-0,055	0	0
260	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
261	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
262	Banzos	CUN-VE	-44,744	15,82	0	-0,055	0	0
263	Banzos	CUN-VE	-84,645	15,82	0	-0,055	0	0
264	Banzos	CUN-VE	-112,031	15,82	0	-0,055	0	0
265	Banzos	CUN-VE	-125,917	15,82	0	-0,055	0	0
266	Banzos	CUN-VE	-125,917	15,82	0	-0,055	0	0
267	Banzos	CUN-VE	-112,031	15,82	0	-0,055	0	0
268	Banzos	CUN-VE	-84,645	15,82	0	-0,055	0	0
269	Banzos	CUN-VE	-44,744	15,82	0	-0,055	0	0
270	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
271	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
272	Banzos	CUN-VE	-101,601	15,82	0	-0,055	0	0
273	Banzos	CUN-VE	-152,263	15,82	0	-0,055	0	0
274	Banzos	CUN-VE	-181,078	15,82	0	-0,055	0	0
275	Banzos	CUN-VE	-194,516	15,82	0	-0,055	0	0
276	Banzos	CUN-VE	-194,516	15,82	0	-0,055	0	0
277	Banzos	CUN-VE	-181,078	15,82	0	-0,055	0	0
278	Banzos	CUN-VE	-152,263	15,82	0	-0,055	0	0
279	Banzos	CUN-VE	-101,601	15,82	0	-0,055	0	0
280	Banzos	CUN-VE	3,892	15,82	0	-0,055	0	0
281	Banzos	CUN-VE	2,024	15,82	0	-0,055	0	0
282	Banzos	CUN-VE	-72,138	15,82	0	-0,055	0	0
283	Banzos	CUN-VE	-138,789	15,82	0	-0,055	0	0
284	Banzos	CUN-VE	-181,686	15,82	0	-0,055	0	0
285	Banzos	CUN-VE	-202,105	15,82	0	-0,055	0	0
286	Banzos	CUN-VE	-202,105	15,82	0	-0,055	0	0
287	Banzos	CUN-VE	-181,686	15,82	0	-0,055	0	0
288	Banzos	CUN-VE	-138,789	15,82	0	-0,055	0	0
289	Banzos	CUN-VE	-72,138	15,82	0	-0,055	0	0
290	Banzos	CUN-VE	2,024	15,82	0	-0,055	0	0
291	Banzos	CUN-VE	1,842	15,82	0	-0,055	0	0
292	Banzos	CUN-VE	-73,608	15,82	0	-0,055	0	0
293	Banzos	CUN-VE	-140,235	15,82	0	-0,055	0	0
294	Banzos	CUN-VE	-183,095	15,82	0	-0,055	0	0
295	Banzos	CUN-VE	-203,612	15,82	0	-0,055	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
296	Banzos	CUN-VE	-203,801	15,82	0	-0,055	0	0
297	Banzos	CUN-VE	-183,578	15,82	0	-0,055	0	0
298	Banzos	CUN-VE	-140,762	15,82	0	-0,055	0	0
299	Banzos	CUN-VE	-73,782	15,82	0	-0,055	0	0
300	Banzos	CUN-VE	2,206	15,82	0	-0,055	0	0
301	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
302	Banzos	CUN-VE	-100,708	15,82	0	-0,055	0	0
303	Banzos	CUN-VE	-151,385	15,82	0	-0,055	0	0
304	Banzos	CUN-VE	-180,279	15,82	0	-0,055	0	0
305	Banzos	CUN-VE	-193,777	15,82	0	-0,055	0	0
306	Banzos	CUN-VE	-193,811	15,82	0	-0,055	0	0
307	Banzos	CUN-VE	-180,343	15,82	0	-0,055	0	0
308	Banzos	CUN-VE	-151,383	15,82	0	-0,055	0	0
309	Banzos	CUN-VE	-100,505	15,82	0	-0,055	0	0
310	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
311	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
312	Banzos	CUN-VE	-44,71	15,82	0	-0,055	0	0
313	Banzos	CUN-VE	-84,331	15,82	0	-0,055	0	0
314	Banzos	CUN-VE	-111,482	15,82	0	-0,055	0	0
315	Banzos	CUN-VE	-125,078	15,82	0	-0,055	0	0
316	Banzos	CUN-VE	-124,747	15,82	0	-0,055	0	0
317	Banzos	CUN-VE	-110,528	15,82	0	-0,055	0	0
318	Banzos	CUN-VE	-82,91	15,82	0	-0,055	0	0
319	Banzos	CUN-VE	-43,143	15,82	0	-0,055	0	0
320	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
321	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
322	Banzos	CUN-VE	-24,502	15,82	0	-0,055	0	0
323	Banzos	CUN-VE	-48,851	15,82	0	-0,055	0	0
324	Banzos	CUN-VE	-67,404	15,82	0	-0,055	0	0
325	Banzos	CUN-VE	-77,213	15,82	0	-0,055	0	0
326	Banzos	CUN-VE	-76,938	15,82	0	-0,055	0	0
327	Banzos	CUN-VE	-66,637	15,82	0	-0,055	0	0
328	Banzos	CUN-VE	-47,742	15,82	0	-0,055	0	0
329	Banzos	CUN-VE	-23,242	15,82	0	-0,055	0	0
330	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
331	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
332	Banzos	CUN-VE	-14,004	15,82	0	-0,055	0	0
333	Banzos	CUN-VE	-30,164	15,82	0	-0,055	0	0
334	Banzos	CUN-VE	-43,098	15,82	0	-0,055	0	0
335	Banzos	CUN-VE	-50,22	15,82	0	-0,055	0	0
336	Banzos	CUN-VE	-50,031	15,82	0	-0,055	0	0
337	Banzos	CUN-VE	-42,552	15,82	0	-0,055	0	0
338	Banzos	CUN-VE	-29,304	15,82	0	-0,055	0	0
339	Banzos	CUN-VE	-12,86	15,82	0	-0,055	0	0
340	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
341	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
342	Banzos	CUN-VE	-10,69	15,82	0	-0,055	0	0
343	Banzos	CUN-VE	-24,222	15,82	0	-0,055	0	0
344	Banzos	CUN-VE	-35,268	15,82	0	-0,055	0	0
345	Banzos	CUN-VE	-41,447	15,82	0	-0,055	0	0
346	Banzos	CUN-VE	-41,289	15,82	0	-0,055	0	0
347	Banzos	CUN-VE	-34,797	15,82	0	-0,055	0	0
348	Banzos	CUN-VE	-23,433	15,82	0	-0,055	0	0
349	Banzos	CUN-VE	-9,567	15,82	0	-0,055	0	0
350	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
351	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
352	Banzos	CUN-VE	-14,004	15,82	0	-0,055	0	0
353	Banzos	CUN-VE	-30,164	15,82	0	-0,055	0	0
354	Banzos	CUN-VE	-43,098	15,82	0	-0,055	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99								
Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
355	Banzos	CUN-VE	-50,22	15,82	0	-0,055	0	0
356	Banzos	CUN-VE	-50,031	15,82	0	-0,055	0	0
357	Banzos	CUN-VE	-42,552	15,82	0	-0,055	0	0
358	Banzos	CUN-VE	-29,304	15,82	0	-0,055	0	0
359	Banzos	CUN-VE	-12,86	15,82	0	-0,055	0	0
360	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
361	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
362	Banzos	CUN-VE	-24,502	15,82	0	-0,055	0	0
363	Banzos	CUN-VE	-48,851	15,82	0	-0,055	0	0
364	Banzos	CUN-VE	-67,404	15,82	0	-0,055	0	0
365	Banzos	CUN-VE	-77,213	15,82	0	-0,055	0	0
366	Banzos	CUN-VE	-76,938	15,82	0	-0,055	0	0
367	Banzos	CUN-VE	-66,637	15,82	0	-0,055	0	0
368	Banzos	CUN-VE	-47,742	15,82	0	-0,055	0	0
369	Banzos	CUN-VE	-23,242	15,82	0	-0,055	0	0
370	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
371	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
372	Banzos	CUN-VE	-44,71	15,82	0	-0,055	0	0
373	Banzos	CUN-VE	-84,331	15,82	0	-0,055	0	0
374	Banzos	CUN-VE	-111,482	15,82	0	-0,055	0	0
375	Banzos	CUN-VE	-125,078	15,82	0	-0,055	0	0
376	Banzos	CUN-VE	-124,747	15,82	0	-0,055	0	0
377	Banzos	CUN-VE	-110,528	15,82	0	-0,055	0	0
378	Banzos	CUN-VE	-82,91	15,82	0	-0,055	0	0
379	Banzos	CUN-VE	-43,143	15,82	0	-0,055	0	0
380	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
381	Banzos	CUN-VE	3,514	15,82	0	-0,055	0	0
382	Banzos	CUN-VE	-100,708	15,82	0	-0,055	0	0
383	Banzos	CUN-VE	-151,385	15,82	0	-0,055	0	0
384	Banzos	CUN-VE	-180,279	15,82	0	-0,055	0	0
385	Banzos	CUN-VE	-193,777	15,82	0	-0,055	0	0
386	Banzos	CUN-VE	-193,811	15,82	0	-0,055	0	0
387	Banzos	CUN-VE	-180,343	15,82	0	-0,055	0	0
388	Banzos	CUN-VE	-151,383	15,82	0	-0,055	0	0
389	Banzos	CUN-VE	-100,505	15,82	0	-0,055	0	0
390	Banzos	CUN-VE	4,27	15,82	0	-0,055	0	0
391	Banzos	CUN-VE	1,842	15,82	0	-0,055	0	0
392	Banzos	CUN-VE	-73,608	15,82	0	-0,055	0	0
393	Banzos	CUN-VE	-140,235	15,82	0	-0,055	0	0
394	Banzos	CUN-VE	-183,095	15,82	0	-0,055	0	0
395	Banzos	CUN-VE	-203,612	15,82	0	-0,055	0	0
396	Banzos	CUN-VE	-203,801	15,82	0	-0,055	0	0
397	Banzos	CUN-VE	-183,578	15,82	0	-0,055	0	0
398	Banzos	CUN-VE	-140,762	15,82	0	-0,055	0	0
399	Banzos	CUN-VE	-73,782	15,82	0	-0,055	0	0
400	Banzos	CUN-VE	2,206	15,82	0	-0,055	0	0
401	Diagonais	CUN-VE	-4,424	10,39	0	0	0	0
402	Diagonais	CUN-VE	-88,708	10,39	0	0	0	0
403	Diagonais	CUN-VE	-86,3	10,39	0	0	0	0
404	Diagonais	CUN-VE	-213,928	10,39	0	0	0	0
405	Diagonais	CUN-VE	80,202	10,39	0	0	0	0
406	Diagonais	CUN-VE	-77,43	10,39	0	0	0	0
407	Diagonais	CUN-VE	92,847	10,39	0	0	0	0
408	Diagonais	CUN-VE	-93,253	10,39	0	0	0	0
409	Diagonais	CUN-VE	68,923	10,39	0	0	0	0
410	Diagonais	CUN-VE	-51,008	10,39	0	0	0	0
411	Diagonais	CUN-VE	33,811	10,39	0	0	0	0
412	Diagonais	CUN-VE	-49,361	10,39	0	0	0	0
413	Diagonais	CUN-VE	42,502	10,39	0	0	0	0



**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
414	Diagonais	CUN-VE	-26,46	10,39	0	0	0	0
415	Diagonais	CUN-VE	12,004	10,39	0	0	0	0
416	Diagonais	CUN-VE	-25,679	10,39	0	0	0	0
417	Diagonais	CUN-VE	17,954	10,39	0	0	0	0
418	Diagonais	CUN-VE	-4,253	10,39	0	0	0	0
419	Diagonais	CUN-SC	-0,21	10,39	0	0	0	0
420	Diagonais	CUN-VE	-11,131	10,39	0	0	0	0
421	Diagonais	CUN-VE	-4,253	10,39	0	0	0	0
422	Diagonais	CUN-VE	17,954	10,39	0	0	0	0
423	Diagonais	CUN-VE	-11,131	10,39	0	0	0	0
424	Diagonais	CUN-SC	-0,21	10,39	0	0	0	0
425	Diagonais	CUN-VE	-26,46	10,39	0	0	0	0
426	Diagonais	CUN-VE	42,502	10,39	0	0	0	0
427	Diagonais	CUN-VE	-25,679	10,39	0	0	0	0
428	Diagonais	CUN-VE	12,004	10,39	0	0	0	0
429	Diagonais	CUN-VE	-51,008	10,39	0	0	0	0
430	Diagonais	CUN-VE	68,923	10,39	0	0	0	0
431	Diagonais	CUN-VE	-49,361	10,39	0	0	0	0
432	Diagonais	CUN-VE	33,811	10,39	0	0	0	0
433	Diagonais	CUN-VE	-77,43	10,39	0	0	0	0
434	Diagonais	CUN-VE	80,202	10,39	0	0	0	0
435	Diagonais	CUN-VE	-93,253	10,39	0	0	0	0
436	Diagonais	CUN-VE	92,847	10,39	0	0	0	0
437	Diagonais	CUN-VE	-88,708	10,39	0	0	0	0
438	Diagonais	CUN-VE	-4,424	10,39	0	0	0	0
439	Diagonais	CUN-VE	-213,928	10,39	0	0	0	0
440	Diagonais	CUN-VE	-86,3	10,39	0	0	0	0
441	Diagonais	CUN-VE	77,793	10,39	0	0	0	0
442	Diagonais	CUN-VE	92,836	10,39	0	0	0	0
443	Diagonais	CUN-VE	-76,657	10,39	0	0	0	0
444	Diagonais	CUN-VE	-91,606	10,39	0	0	0	0
445	Diagonais	CUN-VE	12,302	10,39	0	0	0	0
446	Diagonais	CUN-VE	30,175	10,39	0	0	0	0
447	Diagonais	CUN-VE	29,483	10,39	0	0	0	0
448	Diagonais	CUN-VE	-69,233	10,39	0	0	0	0
449	Diagonais	CUN-VE	14,352	10,39	0	0	0	0
450	Diagonais	CUN-VE	10,166	10,39	0	0	0	0
451	Diagonais	CUN-VE	20,925	10,39	0	0	0	0
452	Diagonais	CUN-VE	-42,716	10,39	0	0	0	0
453	Diagonais	CUN-VE	12,276	10,39	0	0	0	0
454	Diagonais	CUN-SC	3,616	10,39	0	0	0	0
455	Diagonais	CUN-VE	11,099	10,39	0	0	0	0
456	Diagonais	CUN-VE	-24,086	10,39	0	0	0	0
457	Diagonais	CUN-VE	7,532	10,39	0	0	0	0
458	Diagonais	CUN-SC	3,781	10,39	0	0	0	0
459	Diagonais	CUN-VE	1,418	10,39	0	0	0	0
460	Diagonais	CUN-VE	-9,898	10,39	0	0	0	0
461	Diagonais	CUN-SC	3,781	10,39	0	0	0	0
462	Diagonais	CUN-VE	7,532	10,39	0	0	0	0
463	Diagonais	CUN-VE	-9,898	10,39	0	0	0	0
464	Diagonais	CUN-VE	1,418	10,39	0	0	0	0
465	Diagonais	CUN-SC	3,616	10,39	0	0	0	0
466	Diagonais	CUN-VE	12,276	10,39	0	0	0	0
467	Diagonais	CUN-VE	-24,086	10,39	0	0	0	0
468	Diagonais	CUN-VE	11,099	10,39	0	0	0	0
469	Diagonais	CUN-VE	10,166	10,39	0	0	0	0
470	Diagonais	CUN-VE	14,352	10,39	0	0	0	0
471	Diagonais	CUN-VE	-42,716	10,39	0	0	0	0
472	Diagonais	CUN-VE	20,925	10,39	0	0	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
473	Diagonais	CUN-VE	30,175	10,39	0	0	0	0
474	Diagonais	CUN-VE	12,302	10,39	0	0	0	0
475	Diagonais	CUN-VE	-69,233	10,39	0	0	0	0
476	Diagonais	CUN-VE	29,483	10,39	0	0	0	0
477	Diagonais	CUN-VE	92,836	10,39	0	0	0	0
478	Diagonais	CUN-VE	77,793	10,39	0	0	0	0
479	Diagonais	CUN-VE	-91,606	10,39	0	0	0	0
480	Diagonais	CUN-VE	-76,657	10,39	0	0	0	0
481	Diagonais	CUN-VE	68,151	10,39	0	0	0	0
482	Diagonais	CUN-VE	32,783	10,39	0	0	0	0
483	Diagonais	CUN-VE	-50,682	10,39	0	0	0	0
484	Diagonais	CUN-VE	-47,885	10,39	0	0	0	0
485	Diagonais	CUN-VE	14,426	10,39	0	0	0	0
486	Diagonais	CUN-VE	20,658	10,39	0	0	0	0
487	Diagonais	CUN-VE	9,568	10,39	0	0	0	0
488	Diagonais	CUN-VE	-41,926	10,39	0	0	0	0
489	Diagonais	CUN-VE	16,812	10,39	0	0	0	0
490	Diagonais	CUN-VE	7,37	10,39	0	0	0	0
491	Diagonais	CUN-VE	7,247	10,39	0	0	0	0
492	Diagonais	CUN-VE	-28,703	10,39	0	0	0	0
493	Diagonais	CUN-VE	13,408	10,39	0	0	0	0
494	Diagonais	CUN-SC	3,445	10,39	0	0	0	0
495	Diagonais	CUN-VE	3,419	10,39	0	0	0	0
496	Diagonais	CUN-VE	-17,543	10,39	0	0	0	0
497	Diagonais	CUN-VE	8,387	10,39	0	0	0	0
498	Diagonais	CUN-VE	4,478	10,39	0	0	0	0
499	Diagonais	CUN-VE	-1,6	10,39	0	0	0	0
500	Diagonais	CUN-VE	-8,539	10,39	0	0	0	0
501	Diagonais	CUN-VE	4,478	10,39	0	0	0	0
502	Diagonais	CUN-VE	8,387	10,39	0	0	0	0
503	Diagonais	CUN-VE	-8,539	10,39	0	0	0	0
504	Diagonais	CUN-VE	-1,6	10,39	0	0	0	0
505	Diagonais	CUN-SC	3,445	10,39	0	0	0	0
506	Diagonais	CUN-VE	13,408	10,39	0	0	0	0
507	Diagonais	CUN-VE	-17,543	10,39	0	0	0	0
508	Diagonais	CUN-VE	3,419	10,39	0	0	0	0
509	Diagonais	CUN-VE	7,37	10,39	0	0	0	0
510	Diagonais	CUN-VE	16,812	10,39	0	0	0	0
511	Diagonais	CUN-VE	-28,703	10,39	0	0	0	0
512	Diagonais	CUN-VE	7,247	10,39	0	0	0	0
513	Diagonais	CUN-VE	20,658	10,39	0	0	0	0
514	Diagonais	CUN-VE	14,426	10,39	0	0	0	0
515	Diagonais	CUN-VE	-41,926	10,39	0	0	0	0
516	Diagonais	CUN-VE	9,568	10,39	0	0	0	0
517	Diagonais	CUN-VE	32,783	10,39	0	0	0	0
518	Diagonais	CUN-VE	68,151	10,39	0	0	0	0
519	Diagonais	CUN-VE	-47,885	10,39	0	0	0	0
520	Diagonais	CUN-VE	-50,682	10,39	0	0	0	0
521	Diagonais	CUN-VE	42,176	10,39	0	0	0	0
522	Diagonais	CUN-VE	10,681	10,39	0	0	0	0
523	Diagonais	CUN-VE	-26,263	10,39	0	0	0	0
524	Diagonais	CUN-VE	-24,228	10,39	0	0	0	0
525	Diagonais	CUN-VE	12,721	10,39	0	0	0	0
526	Diagonais	CUN-VE	10,065	10,39	0	0	0	0
527	Diagonais	CUN-SC	3,197	10,39	0	0	0	0
528	Diagonais	CUN-VE	-22,797	10,39	0	0	0	0
529	Diagonais	CUN-VE	13,775	10,39	0	0	0	0
530	Diagonais	CUN-VE	2,878	10,39	0	0	0	0
531	Diagonais	CUN-SC	3,139	10,39	0	0	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
532	Diagonais	CUN-VE	-16,858	10,39	0	0	0	0
533	Diagonais	CUN-VE	11,567	10,39	0	0	0	0
534	Diagonais	CUN-SC	1,304	10,39	0	0	0	0
535	Diagonais	CUN-SC	1,306	10,39	0	0	0	0
536	Diagonais	CUN-VE	-11,103	10,39	0	0	0	0
537	Diagonais	CUN-VE	7,174	10,39	0	0	0	0
538	Diagonais	CUN-VE	3,12	10,39	0	0	0	0
539	Diagonais	CUN-VE	-1,687	10,39	0	0	0	0
540	Diagonais	CUN-VE	-5,88	10,39	0	0	0	0
541	Diagonais	CUN-VE	3,12	10,39	0	0	0	0
542	Diagonais	CUN-VE	7,174	10,39	0	0	0	0
543	Diagonais	CUN-VE	-5,88	10,39	0	0	0	0
544	Diagonais	CUN-VE	-1,687	10,39	0	0	0	0
545	Diagonais	CUN-SC	1,304	10,39	0	0	0	0
546	Diagonais	CUN-VE	11,567	10,39	0	0	0	0
547	Diagonais	CUN-VE	-11,103	10,39	0	0	0	0
548	Diagonais	CUN-SC	1,306	10,39	0	0	0	0
549	Diagonais	CUN-VE	2,878	10,39	0	0	0	0
550	Diagonais	CUN-VE	13,775	10,39	0	0	0	0
551	Diagonais	CUN-VE	-16,858	10,39	0	0	0	0
552	Diagonais	CUN-SC	3,139	10,39	0	0	0	0
553	Diagonais	CUN-VE	10,065	10,39	0	0	0	0
554	Diagonais	CUN-VE	12,721	10,39	0	0	0	0
555	Diagonais	CUN-VE	-22,797	10,39	0	0	0	0
556	Diagonais	CUN-SC	3,197	10,39	0	0	0	0
557	Diagonais	CUN-VE	10,681	10,39	0	0	0	0
558	Diagonais	CUN-VE	42,176	10,39	0	0	0	0
559	Diagonais	CUN-VE	-24,228	10,39	0	0	0	0
560	Diagonais	CUN-VE	-26,263	10,39	0	0	0	0
561	Diagonais	CUN-VE	17,757	10,39	0	0	0	0
562	Diagonais	CUN-VE	-1,877	10,39	0	0	0	0
563	Diagonais	CUN-VE	-4,046	10,39	0	0	0	0
564	Diagonais	CUN-VE	-9,468	10,39	0	0	0	0
565	Diagonais	CUN-VE	8,453	10,39	0	0	0	0
566	Diagonais	CUN-VE	-0,286	10,39	0	0	0	0
567	Diagonais	CUN-SC	3,193	10,39	0	0	0	0
568	Diagonais	CUN-VE	-8,134	10,39	0	0	0	0
569	Diagonais	CUN-VE	9,313	10,39	0	0	0	0
570	Diagonais	CUN-VE	-2,816	10,39	0	0	0	0
571	Diagonais	CUN-SC	3,689	10,39	0	0	0	0
572	Diagonais	CUN-VE	-7,26	10,39	0	0	0	0
573	Diagonais	CUN-VE	7,703	10,39	0	0	0	0
574	Diagonais	CUN-VE	-2,288	10,39	0	0	0	0
575	Diagonais	CUN-SC	2,622	10,39	0	0	0	0
576	Diagonais	CUN-VE	-5,243	10,39	0	0	0	0
577	Diagonais	CUN-VE	4,239	10,39	0	0	0	0
578	Diagonais	CUN-SC	0,569	10,39	0	0	0	0
579	Diagonais	CUN-SC	0,559	10,39	0	0	0	0
580	Diagonais	CUN-VE	-2,417	10,39	0	0	0	0
581	Diagonais	CUN-SC	0,569	10,39	0	0	0	0
582	Diagonais	CUN-VE	4,239	10,39	0	0	0	0
583	Diagonais	CUN-VE	-2,417	10,39	0	0	0	0
584	Diagonais	CUN-SC	0,559	10,39	0	0	0	0
585	Diagonais	CUN-VE	-2,288	10,39	0	0	0	0
586	Diagonais	CUN-VE	7,703	10,39	0	0	0	0
587	Diagonais	CUN-VE	-5,243	10,39	0	0	0	0
588	Diagonais	CUN-SC	2,622	10,39	0	0	0	0
589	Diagonais	CUN-VE	-2,816	10,39	0	0	0	0
590	Diagonais	CUN-VE	9,313	10,39	0	0	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
591	Diagonais	CUN-VE	-7,26	10,39	0	0	0	0
592	Diagonais	CUN-SC	3,689	10,39	0	0	0	0
593	Diagonais	CUN-VE	-0,286	10,39	0	0	0	0
594	Diagonais	CUN-VE	8,453	10,39	0	0	0	0
595	Diagonais	CUN-VE	-8,134	10,39	0	0	0	0
596	Diagonais	CUN-SC	3,193	10,39	0	0	0	0
597	Diagonais	CUN-VE	-1,877	10,39	0	0	0	0
598	Diagonais	CUN-VE	17,757	10,39	0	0	0	0
599	Diagonais	CUN-VE	-9,468	10,39	0	0	0	0
600	Diagonais	CUN-VE	-4,046	10,39	0	0	0	0
601	Diagonais	CUN-VE	-4,46	10,39	0	0	0	0
602	Diagonais	CUN-VE	-13,312	10,39	0	0	0	0
603	Diagonais	CUN-VE	18,261	10,39	0	0	0	0
604	Diagonais	CUN-VE	1,878	10,39	0	0	0	0
605	Diagonais	CUN-VE	5,172	10,39	0	0	0	0
606	Diagonais	CUN-VE	-12,257	10,39	0	0	0	0
607	Diagonais	CUN-VE	6,103	10,39	0	0	0	0
608	Diagonais	CUN-VE	3,708	10,39	0	0	0	0
609	Diagonais	CUN-VE	6,063	10,39	0	0	0	0
610	Diagonais	CUN-VE	-10,405	10,39	0	0	0	0
611	Diagonais	CUN-VE	6,826	10,39	0	0	0	0
612	Diagonais	CUN-SC	-0,364	10,39	0	0	0	0
613	Diagonais	CUN-VE	4,272	10,39	0	0	0	0
614	Diagonais	CUN-VE	-7,101	10,39	0	0	0	0
615	Diagonais	CUN-VE	6,01	10,39	0	0	0	0
616	Diagonais	CUN-SC	-0,634	10,39	0	0	0	0
617	Diagonais	CUN-VE	1,062	10,39	0	0	0	0
618	Diagonais	CUN-VE	-3,003	10,39	0	0	0	0
619	Diagonais	CUN-VE	3,622	10,39	0	0	0	0
620	Diagonais	CUN-VE	1,045	10,39	0	0	0	0
621	Diagonais	CUN-VE	-3,003	10,39	0	0	0	0
622	Diagonais	CUN-VE	1,062	10,39	0	0	0	0
623	Diagonais	CUN-VE	1,045	10,39	0	0	0	0
624	Diagonais	CUN-VE	3,622	10,39	0	0	0	0
625	Diagonais	CUN-VE	-7,101	10,39	0	0	0	0
626	Diagonais	CUN-VE	4,272	10,39	0	0	0	0
627	Diagonais	CUN-SC	-0,634	10,39	0	0	0	0
628	Diagonais	CUN-VE	6,01	10,39	0	0	0	0
629	Diagonais	CUN-VE	-10,405	10,39	0	0	0	0
630	Diagonais	CUN-VE	6,063	10,39	0	0	0	0
631	Diagonais	CUN-SC	-0,364	10,39	0	0	0	0
632	Diagonais	CUN-VE	6,826	10,39	0	0	0	0
633	Diagonais	CUN-VE	-12,257	10,39	0	0	0	0
634	Diagonais	CUN-VE	5,172	10,39	0	0	0	0
635	Diagonais	CUN-VE	3,708	10,39	0	0	0	0
636	Diagonais	CUN-VE	6,103	10,39	0	0	0	0
637	Diagonais	CUN-VE	-13,312	10,39	0	0	0	0
638	Diagonais	CUN-VE	-4,46	10,39	0	0	0	0
639	Diagonais	CUN-VE	1,878	10,39	0	0	0	0
640	Diagonais	CUN-VE	18,261	10,39	0	0	0	0
641	Diagonais	CUN-VE	-26,767	10,39	0	0	0	0
642	Diagonais	CUN-VE	-28,554	10,39	0	0	0	0
643	Diagonais	CUN-VE	42,954	10,39	0	0	0	0
644	Diagonais	CUN-VE	14,733	10,39	0	0	0	0
645	Diagonais	CUN-VE	5,658	10,39	0	0	0	0
646	Diagonais	CUN-VE	-27,097	10,39	0	0	0	0
647	Diagonais	CUN-VE	10,179	10,39	0	0	0	0
648	Diagonais	CUN-VE	13,986	10,39	0	0	0	0
649	Diagonais	CUN-VE	5,724	10,39	0	0	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
650	Diagonais	CUN-VE	-20,022	10,39	0	0	0	0
651	Diagonais	CUN-VE	11,192	10,39	0	0	0	0
652	Diagonais	CUN-VE	5,831	10,39	0	0	0	0
653	Diagonais	CUN-VE	2,931	10,39	0	0	0	0
654	Diagonais	CUN-VE	-12,951	10,39	0	0	0	0
655	Diagonais	CUN-VE	9,812	10,39	0	0	0	0
656	Diagonais	CUN-VE	2,934	10,39	0	0	0	0
657	Diagonais	CUN-VE	-1,056	10,39	0	0	0	0
658	Diagonais	CUN-VE	-6,464	10,39	0	0	0	0
659	Diagonais	CUN-VE	6,539	10,39	0	0	0	0
660	Diagonais	CUN-VE	3,707	10,39	0	0	0	0
661	Diagonais	CUN-VE	-6,464	10,39	0	0	0	0
662	Diagonais	CUN-VE	-1,056	10,39	0	0	0	0
663	Diagonais	CUN-VE	3,707	10,39	0	0	0	0
664	Diagonais	CUN-VE	6,539	10,39	0	0	0	0
665	Diagonais	CUN-VE	-12,951	10,39	0	0	0	0
666	Diagonais	CUN-VE	2,931	10,39	0	0	0	0
667	Diagonais	CUN-VE	2,934	10,39	0	0	0	0
668	Diagonais	CUN-VE	9,812	10,39	0	0	0	0
669	Diagonais	CUN-VE	-20,022	10,39	0	0	0	0
670	Diagonais	CUN-VE	5,724	10,39	0	0	0	0
671	Diagonais	CUN-VE	5,831	10,39	0	0	0	0
672	Diagonais	CUN-VE	11,192	10,39	0	0	0	0
673	Diagonais	CUN-VE	-27,097	10,39	0	0	0	0
674	Diagonais	CUN-VE	5,658	10,39	0	0	0	0
675	Diagonais	CUN-VE	13,986	10,39	0	0	0	0
676	Diagonais	CUN-VE	10,179	10,39	0	0	0	0
677	Diagonais	CUN-VE	-28,554	10,39	0	0	0	0
678	Diagonais	CUN-VE	-26,767	10,39	0	0	0	0
679	Diagonais	CUN-VE	14,733	10,39	0	0	0	0
680	Diagonais	CUN-VE	42,954	10,39	0	0	0	0
681	Diagonais	CUN-VE	-51,461	10,39	0	0	0	0
682	Diagonais	CUN-VE	-53,129	10,39	0	0	0	0
683	Diagonais	CUN-VE	69,363	10,39	0	0	0	0
684	Diagonais	CUN-VE	37,593	10,39	0	0	0	0
685	Diagonais	CUN-VE	13,302	10,39	0	0	0	0
686	Diagonais	CUN-VE	-46,351	10,39	0	0	0	0
687	Diagonais	CUN-VE	11,274	10,39	0	0	0	0
688	Diagonais	CUN-VE	24,502	10,39	0	0	0	0
689	Diagonais	CUN-VE	10,334	10,39	0	0	0	0
690	Diagonais	CUN-VE	-31,773	10,39	0	0	0	0
691	Diagonais	CUN-VE	13,954	10,39	0	0	0	0
692	Diagonais	CUN-VE	10,211	10,39	0	0	0	0
693	Diagonais	CUN-VE	5,291	10,39	0	0	0	0
694	Diagonais	CUN-VE	-19,338	10,39	0	0	0	0
695	Diagonais	CUN-VE	11,56	10,39	0	0	0	0
696	Diagonais	CUN-VE	5,213	10,39	0	0	0	0
697	Diagonais	CUN-SC	-1,094	10,39	0	0	0	0
698	Diagonais	CUN-VE	-9,126	10,39	0	0	0	0
699	Diagonais	CUN-VE	7,752	10,39	0	0	0	0
700	Diagonais	CUN-VE	5,074	10,39	0	0	0	0
701	Diagonais	CUN-VE	-9,126	10,39	0	0	0	0
702	Diagonais	CUN-SC	-1,094	10,39	0	0	0	0
703	Diagonais	CUN-VE	5,074	10,39	0	0	0	0
704	Diagonais	CUN-VE	7,752	10,39	0	0	0	0
705	Diagonais	CUN-VE	-19,338	10,39	0	0	0	0
706	Diagonais	CUN-VE	5,291	10,39	0	0	0	0
707	Diagonais	CUN-VE	5,213	10,39	0	0	0	0
708	Diagonais	CUN-VE	11,56	10,39	0	0	0	0

**TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99**

Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
709	Diagonais	CUN-VE	-31,773	10,39	0	0	0	0
710	Diagonais	CUN-VE	10,334	10,39	0	0	0	0
711	Diagonais	CUN-VE	10,211	10,39	0	0	0	0
712	Diagonais	CUN-VE	13,954	10,39	0	0	0	0
713	Diagonais	CUN-VE	-46,351	10,39	0	0	0	0
714	Diagonais	CUN-VE	13,302	10,39	0	0	0	0
715	Diagonais	CUN-VE	24,502	10,39	0	0	0	0
716	Diagonais	CUN-VE	11,274	10,39	0	0	0	0
717	Diagonais	CUN-VE	-53,129	10,39	0	0	0	0
718	Diagonais	CUN-VE	-51,461	10,39	0	0	0	0
719	Diagonais	CUN-VE	37,593	10,39	0	0	0	0
720	Diagonais	CUN-VE	69,363	10,39	0	0	0	0
721	Diagonais	CUN-VE	-77,869	10,39	0	0	0	0
722	Diagonais	CUN-VE	-98,205	10,39	0	0	0	0
723	Diagonais	CUN-VE	79,208	10,39	0	0	0	0
724	Diagonais	CUN-VE	99,232	10,39	0	0	0	0
725	Diagonais	CUN-VE	34,423	10,39	0	0	0	0
726	Diagonais	CUN-VE	-73,529	10,39	0	0	0	0
727	Diagonais	CUN-VE	8,101	10,39	0	0	0	0
728	Diagonais	CUN-VE	33,731	10,39	0	0	0	0
729	Diagonais	CUN-VE	24,235	10,39	0	0	0	0
730	Diagonais	CUN-VE	-45,561	10,39	0	0	0	0
731	Diagonais	CUN-VE	11,348	10,39	0	0	0	0
732	Diagonais	CUN-VE	12,704	10,39	0	0	0	0
733	Diagonais	CUN-VE	12,951	10,39	0	0	0	0
734	Diagonais	CUN-VE	-25,809	10,39	0	0	0	0
735	Diagonais	CUN-VE	10,625	10,39	0	0	0	0
736	Diagonais	CUN-VE	4,959	10,39	0	0	0	0
737	Diagonais	CUN-VE	2,004	10,39	0	0	0	0
738	Diagonais	CUN-VE	-10,494	10,39	0	0	0	0
739	Diagonais	CUN-VE	7,024	10,39	0	0	0	0
740	Diagonais	CUN-VE	4,192	10,39	0	0	0	0
741	Diagonais	CUN-VE	-10,494	10,39	0	0	0	0
742	Diagonais	CUN-VE	2,004	10,39	0	0	0	0
743	Diagonais	CUN-VE	4,192	10,39	0	0	0	0
744	Diagonais	CUN-VE	7,024	10,39	0	0	0	0
745	Diagonais	CUN-VE	-25,809	10,39	0	0	0	0
746	Diagonais	CUN-VE	12,951	10,39	0	0	0	0
747	Diagonais	CUN-VE	4,959	10,39	0	0	0	0
748	Diagonais	CUN-VE	10,625	10,39	0	0	0	0
749	Diagonais	CUN-VE	-45,561	10,39	0	0	0	0
750	Diagonais	CUN-VE	24,235	10,39	0	0	0	0
751	Diagonais	CUN-VE	12,704	10,39	0	0	0	0
752	Diagonais	CUN-VE	11,348	10,39	0	0	0	0
753	Diagonais	CUN-VE	-73,529	10,39	0	0	0	0
754	Diagonais	CUN-VE	34,423	10,39	0	0	0	0
755	Diagonais	CUN-VE	33,731	10,39	0	0	0	0
756	Diagonais	CUN-VE	8,101	10,39	0	0	0	0
757	Diagonais	CUN-VE	-98,205	10,39	0	0	0	0
758	Diagonais	CUN-VE	-77,869	10,39	0	0	0	0
759	Diagonais	CUN-VE	99,232	10,39	0	0	0	0
760	Diagonais	CUN-VE	79,208	10,39	0	0	0	0
761	Diagonais	CUN-VE	-87,714	10,39	0	0	0	0
762	Diagonais	CUN-VE	-222,497	10,39	0	0	0	0
763	Diagonais	CUN-VE	-4,424	10,39	0	0	0	0
764	Diagonais	CUN-VE	-85,306	10,39	0	0	0	0
765	Diagonais	CUN-VE	99,221	10,39	0	0	0	0
766	Diagonais	CUN-VE	-96,558	10,39	0	0	0	0
767	Diagonais	CUN-VE	76,8	10,39	0	0	0	0



TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99								
Frame	DesignSect	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
768	Diagonais	CUN-VE	-77,096	10,39	0	0	0	0
769	Diagonais	CUN-VE	36,564	10,39	0	0	0	0
770	Diagonais	CUN-VE	-51,654	10,39	0	0	0	0
771	Diagonais	CUN-VE	68,59	10,39	0	0	0	0
772	Diagonais	CUN-VE	-51,135	10,39	0	0	0	0
773	Diagonais	CUN-VE	13,41	10,39	0	0	0	0
774	Diagonais	CUN-VE	-27,102	10,39	0	0	0	0
775	Diagonais	CUN-VE	42,628	10,39	0	0	0	0
776	Diagonais	CUN-VE	-26,57	10,39	0	0	0	0
777	Diagonais	CUN-VE	0,205	10,39	0	0	0	0
778	Diagonais	CUN-VE	-11,649	10,39	0	0	0	0
779	Diagonais	CUN-VE	18,064	10,39	0	0	0	0
780	Diagonais	CUN-VE	-4,253	10,39	0	0	0	0
781	Diagonais	CUN-VE	-11,649	10,39	0	0	0	0
782	Diagonais	CUN-VE	0,205	10,39	0	0	0	0
783	Diagonais	CUN-VE	-4,253	10,39	0	0	0	0
784	Diagonais	CUN-VE	18,064	10,39	0	0	0	0
785	Diagonais	CUN-VE	-27,102	10,39	0	0	0	0
786	Diagonais	CUN-VE	13,41	10,39	0	0	0	0
787	Diagonais	CUN-VE	-26,57	10,39	0	0	0	0
788	Diagonais	CUN-VE	42,628	10,39	0	0	0	0
789	Diagonais	CUN-VE	-51,654	10,39	0	0	0	0
790	Diagonais	CUN-VE	36,564	10,39	0	0	0	0
791	Diagonais	CUN-VE	-51,135	10,39	0	0	0	0
792	Diagonais	CUN-VE	68,59	10,39	0	0	0	0
793	Diagonais	CUN-VE	-96,558	10,39	0	0	0	0
794	Diagonais	CUN-VE	99,221	10,39	0	0	0	0
795	Diagonais	CUN-VE	-77,096	10,39	0	0	0	0
796	Diagonais	CUN-VE	76,8	10,39	0	0	0	0
797	Diagonais	CUN-VE	-222,497	10,39	0	0	0	0
798	Diagonais	CUN-VE	-87,714	10,39	0	0	0	0
799	Diagonais	CUN-VE	-85,306	10,39	0	0	0	0
800	Diagonais	CUN-VE	-4,424	10,39	0	0	0	0

## Anexo 6 – Dimensionamento a tração e compressão dos Banzos – 1ª Tentativa

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS TRACIONADAS**

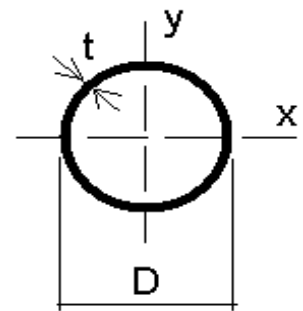
**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

TC 101,6 8,1

**Banzo**

D	diâmetro externo	101,60	mm
t	espessura da parede	8,10	mm
A	área bruta	23,70	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	261,00	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	51,50	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	3,32	cm
Z	módulo plástico	70,80	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	523,00	cm <sup>4</sup>
m	massa	18,60	kg/m
L	Comprimento da barra	2,40	m = 240,00 cm



**Aço Estrutural**

fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>

VMB 300

**Força de tração solicitante de cálculo**

$N_{t,Sd} = 205,308$  kN

**ESTADO-LIMITE DE ESCOAMENTO DA SEÇÃO BRUTA**

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

Nt,Rd = 646,36 kN

Nt,Rd > Nt,Sd

OK

**ESTADO-LIMITE DE RUPTURA LÍQUIDA**

A força de tração será transmitida por meio da própria barra, não sendo necessário utilizar uma chapade ligação concêntrica. Será por meio de nó amassado, a barra terá a extremidade estampada. Sendo assim essa verificação será desconsiderada.

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \frac{L}{r} < 300$$

$\lambda = 72,29 < 300$

OK

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS COMPRIMIDAS**

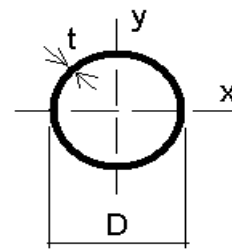
**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

TC 101,6 8,1

**Banzo**

D	diâmetro externo	101,60	mm
t	espessura da parede	8,10	mm
A	área bruta	23,70	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	261,00	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	51,50	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	3,32	cm
Z	módulo plástico	70,80	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	523,00	cm <sup>4</sup>
m	massa	18,60	kg/m
Cw	constante de empenamento	-	



L Comprimento da barra 2,40 m = 240,00 cm

**Aço Estrutural**

	fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
VMB 300	fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>
	E	20.000,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008
	G	7.700,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008

**Força de compressão solicitante de cálculo**

$N_{c,Sd} = 125,189$  kN

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

**Valor da Força Axial de Flambagem Elástica para seções duplamente simétricas**

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad N_{ex} = N_{ey} = N_e \text{ considerando } k = 1,0 \text{ (dupla simetria)}$$

$$N_e = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \text{onde } K = 1,0 \rightarrow \text{sendo assim } N_e = 893,53 \text{ kN}$$

**Fator de redução total da flambagem local**

$$\frac{D}{t} \leq 0,11 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = 1,00 \quad \begin{matrix} D/t = & 12,54 \\ 0,11 \cdot E/f_y = & 73,33 \end{matrix}$$

$$0,11 \frac{E}{f_y} < \frac{D}{t} \leq 0,45 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = \frac{0,0379 E}{D/t f_y} + \frac{2}{3} \quad Q = 1,00$$

**Índice de esbeltez reduzido**

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{QA_g f_y}{N_e}} = 0,89$$

**Fator de redução associado à resistência de compressão**

Para  $\lambda_o \leq 1,5$ :  $\chi = 0,658 \lambda_o^2$       0,89 < ou = 1,5 então

Para  $\lambda_o > 1,5$ :  $\chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2}$        $\chi = 0,72$

**Força axial de compressão resistente de cálculo**

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi QA_g f_y}{\gamma_{a1}} = 463,27 \text{ kN} \quad \text{OK!!! } N_{c,Rd} \geq N_{c,Sd}$$

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA_g}{N_e}} \quad \lambda = 72,32 < 200 \quad \text{OK}$$

## Anexo 7 – Dimensionamento a tração e compressão das Diagonais – 1ª Tentativa

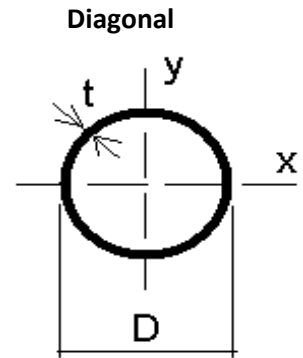
**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS TRACIONADAS**

**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

TC 88,9 7,6

D	diâmetro externo	88,90	mm
t	espessura da parede	7,60	mm
A	área bruta	19,50	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	162,00	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	36,50	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	2,89	cm
Z	módulo plástico	50,50	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	324,00	cm <sup>4</sup>
m	massa	15,30	kg/m
L	Comprimento da barra	2,33	m = 233,24 cm



**Aço Estrutural**

fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>

VMB 300

**Força de tração solicitante de cálculo**

$N_{t,Sd} = 222,497$  kN

**ESTADO-LIMITE DE ESCOAMENTO DA SEÇÃO BRUTA**

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

Nt,Rd = 531,82 kN

Nt,Rd > Nt,Sd OK

**ESTADO-LIMITE DE RUPTURA LÍQUIDA**

A força de tração será transmitida por meio da própria barra, não sendo necessário utilizar uma chapade ligação concêntrica. Será por meio de nó amassado, a barra terá a extremidade estampada. Sendo assim essa verificação será desconsiderada.

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \frac{L}{r} < 300$$

$\lambda = 80,71 < 300$  OK

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS COMPRIMIDAS**

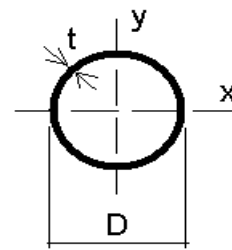
**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

TC 88,9 7,6

**Diagonal**

D	diâmetro externo	88,90	mm
t	espessura da parede	7,60	mm
A	área bruta	19,50	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	162,00	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	36,50	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	2,89	cm
Z	módulo plástico	50,50	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	324,00	cm <sup>4</sup>
m	massa	15,30	kg/m
Cw	constante de empenamento	-	



L Comprimento da barra 2,33 m = 233,24 cm

**Aço Estrutural**

	fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>	
VMB 300	fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>	
	E	20.000,00	kN/cm <sup>2</sup>	NBR-8800:2008
	G	7.700,00	kN/cm <sup>2</sup>	NBR-8800:2008

**Força de compressão solicitante de cálculo**

$N_{c,Sd} = 99,232$  kN

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

**Valor da Força Axial de Flambagem Elástica para seções duplamente simétricas**

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad N_{ex} = N_{ey} = N_e \text{ considerando } k = 1,0 \text{ (dupla simetria)}$$

$$N_e = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \text{onde } K = 1,0 \rightarrow \text{sendo assim } N_e = 587,23 \text{ kN}$$

**Fator de redução total da flambagem local**

$$\frac{D}{t} \leq 0,11 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = 1,00 \quad \begin{matrix} D/t = & 11,70 \\ 0,11 \cdot E/f_y = & 73,33 \end{matrix}$$

$$0,11 \frac{E}{f_y} < \frac{D}{t} \leq 0,45 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = \frac{0,0379 E}{D/t f_y} + \frac{2}{3} \quad Q = 1,00$$

**Índice de esbeltez reduzido**

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{QA_g f_y}{N_e}} = 1,00$$

**Fator de redução associado à resistência de compressão**

Para  $\lambda_o \leq 1,5$ :  $\chi = 0,658 \lambda_o^2$       1,00 < ou = 1,5 então

Para  $\lambda_o > 1,5$ :  $\chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2}$        $\chi = 0,66$

**Força axial de compressão resistente de cálculo**

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi QA_g f_y}{\gamma_{a1}} = 350,49 \text{ kN} \quad \text{OK!!! } N_{c,Rd} \geq N_{c,Sd}$$

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA_g}{N_e}} \quad \lambda = 80,92 < 200 \quad \text{OK}$$



## Anexo 8 – Esforços resultantes nas barras – 2ª Tentativa

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
1	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-171,568	0	0	-0,163	0	0
10	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-2,819	9,38	0	-0,033	0	0
100	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-SC	-1,262	9,38	0	0,033	0	0
101	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	30,809	9,38	0	0,033	0	0
102	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	58,104	9,38	0	0,033	0	0
103	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	75,71	9,38	0	-0,033	0	0
104	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	81,258	9,38	0	-0,033	0	0
105	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	74,099	9,38	0	-0,033	0	0
106	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	55,129	9,38	0	0,033	0	0
107	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	27,128	9,38	0	0,033	0	0
108	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-4,28	9,38	0	-0,033	0	0
109	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	13,141	9,38	0	-0,033	0	0
11	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	28,573	9,38	0	0,033	0	0
110	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	30,389	9,38	0	0,033	0	0
111	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	47,775	9,38	0	-0,033	0	0
112	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	59,536	9,38	0	-0,033	0	0
113	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	63,465	9,38	0	0,033	0	0
114	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	58,975	9,38	0	-0,033	0	0
115	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	46,855	9,38	0	-0,033	0	0
116	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	29,497	9,38	0	-0,033	0	0
117	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,717	9,38	0	-0,033	0	0
118	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	11,979	9,38	0	0,033	0	0
119	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,62	9,38	0	0,033	0	0
12	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	56,077	9,38	0	0,033	0	0
120	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	34,286	9,38	0	0,033	0	0
121	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	42,892	9,38	0	-0,033	0	0
122	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	45,976	9,38	0	-0,033	0	0
123	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	42,78	9,38	0	0,033	0	0
124	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	34,149	9,38	0	-0,033	0	0
125	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,574	9,38	0	-0,033	0	0
126	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,049	9,38	0	0,033	0	0
127	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,119	9,38	0	0,033	0	0
128	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,394	9,38	0	0,033	0	0
129	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	26,05	9,38	0	-0,033	0	0
13	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	74,266	9,38	0	0,033	0	0
130	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	32,852	9,38	0	-0,033	0	0
131	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	35,417	9,38	0	0,033	0	0
132	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	32,921	9,38	0	0,033	0	0
133	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	26,195	9,38	0	0,033	0	0
134	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,588	9,38	0	0,033	0	0
135	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,281	9,38	0	-0,033	0	0
136	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,119	9,38	0	-0,033	0	0
137	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,394	9,38	0	-0,033	0	0
138	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	26,05	9,38	0	0,033	0	0
139	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	32,852	9,38	0	-0,033	0	0
14	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	80,581	9,38	0	-0,033	0	0
140	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	35,417	9,38	0	-0,033	0	0
141	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	32,921	9,38	0	0,033	0	0
142	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	26,195	9,38	0	0,033	0	0
143	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,588	9,38	0	-0,033	0	0
144	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,281	9,38	0	0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
145	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	11,979	9,38	0	0,033	0	0
146	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,62	9,38	0	0,033	0	0
147	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	34,286	9,38	0	-0,033	0	0
148	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	42,892	9,38	0	-0,033	0	0
149	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	45,976	9,38	0	-0,033	0	0
15	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	74,266	9,38	0	-0,033	0	0
150	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	42,78	9,38	0	-0,033	0	0
151	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	34,149	9,38	0	-0,033	0	0
152	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,574	9,38	0	0,033	0	0
153	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,049	9,38	0	0,033	0	0
154	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	13,141	9,38	0	0,033	0	0
155	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	30,389	9,38	0	-0,033	0	0
156	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	47,775	9,38	0	0,033	0	0
157	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	59,536	9,38	0	0,033	0	0
158	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	63,465	9,38	0	0,033	0	0
159	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	58,975	9,38	0	0,033	0	0
16	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	56,077	9,38	0	0,033	0	0
160	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	46,855	9,38	0	-0,033	0	0
161	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	29,497	9,38	0	-0,033	0	0
162	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,717	9,38	0	0,033	0	0
163	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-SC	-1,262	9,38	0	0,033	0	0
164	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	30,809	9,38	0	0,033	0	0
165	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	58,104	9,38	0	-0,033	0	0
166	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	75,71	9,38	0	-0,033	0	0
167	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	81,258	9,38	0	-0,033	0	0
168	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	74,099	9,38	0	0,033	0	0
169	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	55,129	9,38	0	0,033	0	0
17	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	28,573	9,38	0	-0,033	0	0
170	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	27,128	9,38	0	0,033	0	0
171	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-4,28	9,38	0	-0,033	0	0
172	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-163,095	9,38	0	-0,033	0	0
173	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-24,362	9,38	0	0,033	0	0
174	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	56,871	9,38	0	-0,033	0	0
175	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	98,635	9,38	0	-0,033	0	0
176	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	110,347	9,38	0	-0,033	0	0
177	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	94,827	9,38	0	-0,033	0	0
178	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	48,715	9,38	0	0,033	0	0
179	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,001	9,38	0	-0,033	0	0
18	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-2,819	9,38	0	0,033	0	0
180	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-183,938	0	0	-0,163	0	0
181	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	1,85	9,38	0	0,033	0	0
182	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-63,922	9,38	0	-0,033	0	0
183	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-122,981	9,38	0	-0,033	0	0
184	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-160,959	9,38	0	-0,033	0	0
185	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-179,018	0	0	-0,163	0	0
186	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-179,018	0	0	-0,163	0	0
187	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-160,959	9,38	0	0,033	0	0
188	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-122,981	9,38	0	-0,033	0	0
189	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-63,922	9,38	0	0,033	0	0
19	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,737	9,38	0	-0,033	0	0
190	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	1,85	9,38	0	0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
191	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
192	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-87,357	9,38	0	-0,033	0	0
193	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-130,262	9,38	0	0,033	0	0
194	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-154,733	9,38	0	0,033	0	0
195	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-166,216	0	0	-0,163	0	0
196	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-166,216	0	0	-0,163	0	0
197	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-154,733	9,38	0	-0,033	0	0
198	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-130,262	9,38	0	-0,033	0	0
199	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-87,357	9,38	0	-0,033	0	0
2	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-30,61	9,38	0	-0,033	0	0
20	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	29,5	9,38	0	0,033	0	0
200	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
201	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
202	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,837	9,38	0	-0,033	0	0
203	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-73,466	9,38	0	-0,033	0	0
204	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-97,262	9,38	0	-0,033	0	0
205	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-109,338	9,38	0	-0,033	0	0
206	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-109,338	9,38	0	-0,033	0	0
207	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-97,262	9,38	0	-0,033	0	0
208	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-73,466	9,38	0	-0,033	0	0
209	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,837	9,38	0	-0,033	0	0
21	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	46,776	9,38	0	-0,033	0	0
210	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
211	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
212	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,805	9,38	0	0,033	0	0
213	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-42,35	9,38	0	-0,033	0	0
214	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-58,825	9,38	0	-0,033	0	0
215	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-67,665	9,38	0	-0,033	0	0
216	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-67,665	9,38	0	-0,033	0	0
217	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-58,825	9,38	0	-0,033	0	0
218	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-42,35	9,38	0	-0,033	0	0
219	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,805	9,38	0	-0,033	0	0
22	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	58,713	9,38	0	-0,033	0	0
220	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	-0,033	0	0
221	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
222	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-11,387	9,38	0	-0,033	0	0
223	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-25,88	9,38	0	-0,033	0	0
224	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-37,511	9,38	0	-0,033	0	0
225	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-43,969	9,38	0	-0,033	0	0
226	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-43,969	9,38	0	-0,033	0	0
227	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-37,511	9,38	0	-0,033	0	0
228	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-25,88	9,38	0	-0,033	0	0
229	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-11,387	9,38	0	-0,033	0	0
23	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	62,93	9,38	0	0,033	0	0
230	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
231	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	-0,033	0	0
232	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-8,569	9,38	0	0,033	0	0
233	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,894	9,38	0	-0,033	0	0
234	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-30,945	9,38	0	-0,033	0	0
235	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-36,579	9,38	0	-0,033	0	0
236	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-36,579	9,38	0	-0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
237	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-30,945	9,38	0	-0,033	0	0
238	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,894	9,38	0	-0,033	0	0
239	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-8,569	9,38	0	-0,033	0	0
24	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	58,713	9,38	0	-0,033	0	0
240	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
241	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
242	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-11,927	9,38	0	-0,033	0	0
243	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-26,716	9,38	0	-0,033	0	0
244	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,44	9,38	0	-0,033	0	0
245	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-44,905	9,38	0	-0,033	0	0
246	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-44,905	9,38	0	-0,033	0	0
247	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,44	9,38	0	-0,033	0	0
248	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-26,716	9,38	0	-0,033	0	0
249	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-11,927	9,38	0	-0,033	0	0
25	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	46,776	9,38	0	-0,033	0	0
250	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
251	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
252	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-21,94	9,38	0	-0,033	0	0
253	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-43,961	9,38	0	-0,033	0	0
254	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-60,524	9,38	0	-0,033	0	0
255	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-69,338	9,38	0	-0,033	0	0
256	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-69,338	9,38	0	-0,033	0	0
257	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-60,524	9,38	0	-0,033	0	0
258	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-43,961	9,38	0	-0,033	0	0
259	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-21,94	9,38	0	-0,033	0	0
26	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	29,5	9,38	0	0,033	0	0
260	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
261	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
262	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-40,557	9,38	0	-0,033	0	0
263	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-75,571	9,38	0	-0,033	0	0
264	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-99,312	9,38	0	-0,033	0	0
265	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-111,307	9,38	0	-0,033	0	0
266	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-111,307	9,38	0	0,033	0	0
267	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-99,312	9,38	0	-0,033	0	0
268	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-75,571	9,38	0	0,033	0	0
269	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-40,557	9,38	0	-0,033	0	0
27	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,737	9,38	0	-0,033	0	0
270	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
271	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
272	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-89,419	9,38	0	-0,033	0	0
273	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-131,964	9,38	0	-0,033	0	0
274	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-156,119	9,38	0	-0,033	0	0
275	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-167,471	0	0	-0,163	0	0
276	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-167,471	0	0	-0,163	0	0
277	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-156,119	9,38	0	-0,033	0	0
278	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-131,964	9,38	0	-0,033	0	0
279	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-89,419	9,38	0	-0,033	0	0
28	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	11,893	9,38	0	0,033	0	0
280	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,61	9,38	0	0,033	0	0
281	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	1,85	9,38	0	0,033	0	0
282	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-60,678	9,38	0	-0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
283	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-119,544	9,38	0	-0,033	0	0
284	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-157,755	9,38	0	-0,033	0	0
285	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-175,976	0	0	-0,163	0	0
286	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-175,976	0	0	-0,163	0	0
287	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-157,755	9,38	0	-0,033	0	0
288	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-119,544	9,38	0	0,033	0	0
289	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-60,678	9,38	0	-0,033	0	0
29	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,313	9,38	0	0,033	0	0
290	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	1,85	9,38	0	0,033	0	0
291	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	1,668	9,38	0	0,033	0	0
292	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-62,239	9,38	0	-0,033	0	0
293	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-121,025	9,38	0	-0,033	0	0
294	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-159,134	9,38	0	-0,033	0	0
295	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-177,41	0	0	-0,163	0	0
296	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-177,584	0	0	-0,163	0	0
297	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-159,579	9,38	0	-0,033	0	0
298	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-121,5	9,38	0	-0,033	0	0
299	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-62,36	9,38	0	-0,033	0	0
3	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	52,254	9,38	0	-0,033	0	0
30	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	33,842	9,38	0	0,033	0	0
300	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	2,032	9,38	0	0,033	0	0
301	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
302	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-88,482	9,38	0	-0,033	0	0
303	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-131,117	9,38	0	-0,033	0	0
304	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-155,399	9,38	0	0,033	0	0
305	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-166,829	0	0	-0,163	0	0
306	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-166,858	0	0	-0,163	0	0
307	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-155,452	9,38	0	0,033	0	0
308	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-131,109	9,38	0	-0,033	0	0
309	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-88,295	9,38	0	-0,033	0	0
31	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	42,446	9,38	0	-0,033	0	0
310	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
311	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
312	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-40,466	9,38	0	-0,033	0	0
313	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-75,211	9,38	0	-0,033	0	0
314	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-98,749	9,38	0	-0,033	0	0
315	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-110,482	9,38	0	-0,033	0	0
316	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-110,162	9,38	0	-0,033	0	0
317	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-97,825	9,38	0	-0,033	0	0
318	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-73,826	9,38	0	-0,033	0	0
319	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,928	9,38	0	-0,033	0	0
32	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	45,589	9,38	0	-0,033	0	0
320	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
321	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
322	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-22	9,38	0	0,033	0	0
323	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-43,707	9,38	0	-0,033	0	0
324	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-60,057	9,38	0	-0,033	0	0
325	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-68,639	9,38	0	-0,033	0	0
326	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-68,365	9,38	0	-0,033	0	0
327	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-59,292	9,38	0	-0,033	0	0
328	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-42,604	9,38	0	-0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
329	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,745	9,38	0	-0,033	0	0
33	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	42,446	9,38	0	-0,033	0	0
330	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
331	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
332	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-12,228	9,38	0	-0,033	0	0
333	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-26,723	9,38	0	-0,033	0	0
334	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,244	9,38	0	-0,033	0	0
335	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-44,529	9,38	0	-0,033	0	0
336	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-44,344	9,38	0	-0,033	0	0
337	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-37,707	9,38	0	-0,033	0	0
338	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-25,873	9,38	0	-0,033	0	0
339	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-11,086	9,38	0	-0,033	0	0
34	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	33,842	9,38	0	0,033	0	0
340	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
341	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
342	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-9,13	9,38	0	-0,033	0	0
343	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-21,282	9,38	0	-0,033	0	0
344	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-31,173	9,38	0	-0,033	0	0
345	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-36,655	9,38	0	-0,033	0	0
346	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-36,503	9,38	0	-0,033	0	0
347	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-30,717	9,38	0	-0,033	0	0
348	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,507	9,38	0	0,033	0	0
349	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-8,007	9,38	0	0,033	0	0
35	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,313	9,38	0	0,033	0	0
350	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
351	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
352	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-12,228	9,38	0	-0,033	0	0
353	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-26,723	9,38	0	-0,033	0	0
354	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,244	9,38	0	-0,033	0	0
355	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-44,529	9,38	0	-0,033	0	0
356	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-44,344	9,38	0	-0,033	0	0
357	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-37,707	9,38	0	0,033	0	0
358	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-25,873	9,38	0	-0,033	0	0
359	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-11,086	9,38	0	-0,033	0	0
36	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	11,893	9,38	0	0,033	0	0
360	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
361	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
362	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-22	9,38	0	-0,033	0	0
363	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-43,707	9,38	0	-0,033	0	0
364	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-60,057	9,38	0	-0,033	0	0
365	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-68,639	9,38	0	-0,033	0	0
366	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-68,365	9,38	0	-0,033	0	0
367	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-59,292	9,38	0	-0,033	0	0
368	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-42,604	9,38	0	-0,033	0	0
369	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-20,745	9,38	0	-0,033	0	0
37	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,161	9,38	0	-0,033	0	0
370	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
371	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
372	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-40,466	9,38	0	-0,033	0	0
373	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-75,211	9,38	0	-0,033	0	0
374	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-98,749	9,38	0	-0,033	0	0



TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
375	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-110,482	9,38	0	-0,033	0	0
376	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-110,162	9,38	0	-0,033	0	0
377	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-97,825	9,38	0	-0,033	0	0
378	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-73,826	9,38	0	-0,033	0	0
379	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,928	9,38	0	-0,033	0	0
38	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,396	9,38	0	0,033	0	0
380	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
381	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,232	9,38	0	0,033	0	0
382	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-88,482	9,38	0	-0,033	0	0
383	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-131,117	9,38	0	-0,033	0	0
384	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-155,399	9,38	0	-0,033	0	0
385	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-166,829	0	0	-0,163	0	0
386	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-166,858	0	0	-0,163	0	0
387	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-155,452	9,38	0	-0,033	0	0
388	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-131,109	9,38	0	-0,033	0	0
389	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-88,295	9,38	0	0,033	0	0
39	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	25,99	9,38	0	-0,033	0	0
390	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	3,988	9,38	0	0,033	0	0
391	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	1,668	9,38	0	0,033	0	0
392	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-62,239	9,38	0	-0,033	0	0
393	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-121,025	9,38	0	-0,033	0	0
394	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-159,134	9,38	0	-0,033	0	0
395	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-177,41	0	0	-0,163	0	0
396	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-177,584	0	0	-0,163	0	0
397	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-159,579	9,38	0	-0,033	0	0
398	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-121,5	9,38	0	-0,033	0	0
399	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-62,36	9,38	0	-0,033	0	0
4	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	95,49	9,38	0	-0,033	0	0
40	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	32,744	9,38	0	-0,033	0	0
400	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	2,032	9,38	0	0,033	0	0
401	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,043	7,55	0	5,204E-17	0	0
402	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-75,827	7,55	0	5,204E-17	0	0
403	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-73,376	7,55	0	5,204E-17	0	0
404	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-159,958	0	0	-0,115	0	0
405	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	67,936	7,55	0	5,204E-17	0	0
406	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,491	7,55	0	5,204E-17	0	0
407	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	86,904	7,55	0	5,204E-17	0	0
408	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-84,775	7,55	0	5,204E-17	0	0
409	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	60,601	7,55	0	5,204E-17	0	0
41	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	35,274	9,38	0	0,033	0	0
410	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,452	7,55	0	5,204E-17	0	0
411	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	30,749	7,55	0	5,204E-17	0	0
412	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-44,323	7,55	0	5,204E-17	0	0
413	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	37,561	7,55	0	5,204E-17	0	0
414	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,682	7,55	0	5,204E-17	0	0
415	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,478	7,55	0	5,204E-17	0	0
416	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-22,783	7,55	0	5,204E-17	0	0
417	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	15,792	7,55	0	5,204E-17	0	0
418	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-3,945	7,55	0	5,204E-17	0	0
419	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-0,382	7,55	0	5,204E-17	0	0
42	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	32,744	9,38	0	0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
420	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-9,89	7,55	0	5,204E-17	0	0
421	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-3,945	7,55	0	5,204E-17	0	0
422	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	15,792	7,55	0	5,204E-17	0	0
423	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-9,89	7,55	0	5,204E-17	0	0
424	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-0,382	7,55	0	5,204E-17	0	0
425	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,682	7,55	0	5,204E-17	0	0
426	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	37,561	7,55	0	5,204E-17	0	0
427	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-22,783	7,55	0	5,204E-17	0	0
428	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,478	7,55	0	5,204E-17	0	0
429	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,452	7,55	0	5,204E-17	0	0
43	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	25,99	9,38	0	-0,033	0	0
430	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	60,601	7,55	0	5,204E-17	0	0
431	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-44,323	7,55	0	5,204E-17	0	0
432	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	30,749	7,55	0	5,204E-17	0	0
433	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,491	7,55	0	5,204E-17	0	0
434	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	67,936	7,55	0	5,204E-17	0	0
435	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-84,775	7,55	0	5,204E-17	0	0
436	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	86,904	7,55	0	5,204E-17	0	0
437	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-75,827	7,55	0	5,204E-17	0	0
438	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,043	7,55	0	5,204E-17	0	0
439	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-159,958	0	0	-0,115	0	0
44	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,396	9,38	0	-0,033	0	0
440	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-73,376	7,55	0	5,204E-17	0	0
441	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	65,486	7,55	0	5,204E-17	0	0
442	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	86,925	7,55	0	5,204E-17	0	0
443	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-67,78	7,55	0	5,204E-17	0	0
444	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-83,056	7,55	0	5,204E-17	0	0
445	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,011	7,55	0	5,204E-17	0	0
446	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	30,896	7,55	0	5,204E-17	0	0
447	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	30,191	7,55	0	5,204E-17	0	0
448	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-64,31	7,55	0	5,204E-17	0	0
449	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,154	7,55	0	5,204E-17	0	0
45	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,161	9,38	0	0,033	0	0
450	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,59	7,55	0	5,204E-17	0	0
451	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	21,8	7,55	0	5,204E-17	0	0
452	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-39,756	7,55	0	5,204E-17	0	0
453	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,278	7,55	0	5,204E-17	0	0
454	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	3,305	7,55	0	5,204E-17	0	0
455	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,495	7,55	0	5,204E-17	0	0
456	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-22,231	7,55	0	5,204E-17	0	0
457	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,943	7,55	0	5,204E-17	0	0
458	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,991	7,55	0	5,204E-17	0	0
459	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	1,852	7,55	0	5,204E-17	0	0
46	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,239	9,38	0	-0,033	0	0
460	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-8,909	7,55	0	5,204E-17	0	0
461	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,991	7,55	0	5,204E-17	0	0
462	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,943	7,55	0	5,204E-17	0	0
463	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-8,909	7,55	0	5,204E-17	0	0
464	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	1,852	7,55	0	5,204E-17	0	0
465	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	3,305	7,55	0	5,204E-17	0	0
466	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,278	7,55	0	5,204E-17	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
467	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-22,231	7,55	0	5,204E-17	0	0
468	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,495	7,55	0	5,204E-17	0	0
469	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,59	7,55	0	5,204E-17	0	0
47	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,586	9,38	0	0,033	0	0
470	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,154	7,55	0	5,204E-17	0	0
471	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-39,756	7,55	0	5,204E-17	0	0
472	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	21,8	7,55	0	5,204E-17	0	0
473	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	30,896	7,55	0	5,204E-17	0	0
474	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,011	7,55	0	5,204E-17	0	0
475	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-64,31	7,55	0	5,204E-17	0	0
476	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	30,191	7,55	0	5,204E-17	0	0
477	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	86,925	7,55	0	5,204E-17	0	0
478	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	65,486	7,55	0	5,204E-17	0	0
479	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-83,056	7,55	0	5,204E-17	0	0
48	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	26,255	9,38	0	-0,033	0	0
480	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-67,78	7,55	0	5,204E-17	0	0
481	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	59,889	7,55	0	5,204E-17	0	0
482	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	29,677	7,55	0	5,204E-17	0	0
483	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,181	7,55	0	5,204E-17	0	0
484	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-42,811	7,55	0	5,204E-17	0	0
485	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,211	7,55	0	5,204E-17	0	0
486	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	21,514	7,55	0	5,204E-17	0	0
487	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,003	7,55	0	5,204E-17	0	0
488	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-38,941	7,55	0	5,204E-17	0	0
489	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,096	7,55	0	5,204E-17	0	0
49	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	33,029	9,38	0	0,033	0	0
490	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,799	7,55	0	5,204E-17	0	0
491	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,678	7,55	0	5,204E-17	0	0
492	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-26,785	7,55	0	5,204E-17	0	0
493	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,561	7,55	0	5,204E-17	0	0
494	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,083	7,55	0	5,204E-17	0	0
495	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,379	7,55	0	5,204E-17	0	0
496	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-16,235	7,55	0	5,204E-17	0	0
497	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,395	7,55	0	5,204E-17	0	0
498	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,959	7,55	0	5,204E-17	0	0
499	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-0,893	7,55	0	5,204E-17	0	0
5	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	108,869	9,38	0	-0,033	0	0
50	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	35,559	9,38	0	0,033	0	0
500	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-7,673	7,55	0	5,204E-17	0	0
501	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,959	7,55	0	5,204E-17	0	0
502	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,395	7,55	0	5,204E-17	0	0
503	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-7,673	7,55	0	5,204E-17	0	0
504	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-0,893	7,55	0	5,204E-17	0	0
505	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,083	7,55	0	5,204E-17	0	0
506	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,561	7,55	0	5,204E-17	0	0
507	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-16,235	7,55	0	5,204E-17	0	0
508	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,379	7,55	0	5,204E-17	0	0
509	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,799	7,55	0	5,204E-17	0	0
51	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	33,029	9,38	0	-0,033	0	0
510	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,096	7,55	0	5,204E-17	0	0
511	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-26,785	7,55	0	5,204E-17	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
512	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,678	7,55	0	5,204E-17	0	0
513	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	21,514	7,55	0	5,204E-17	0	0
514	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,211	7,55	0	5,204E-17	0	0
515	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-38,941	7,55	0	5,204E-17	0	0
516	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,003	7,55	0	5,204E-17	0	0
517	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	29,677	7,55	0	5,204E-17	0	0
518	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	59,889	7,55	0	5,204E-17	0	0
519	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-42,811	7,55	0	5,204E-17	0	0
52	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	26,255	9,38	0	-0,033	0	0
520	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,181	7,55	0	5,204E-17	0	0
521	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	37,291	7,55	0	5,204E-17	0	0
522	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,14	7,55	0	5,204E-17	0	0
523	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,506	7,55	0	5,204E-17	0	0
524	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-21,351	7,55	0	5,204E-17	0	0
525	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,691	7,55	0	5,204E-17	0	0
526	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,444	7,55	0	5,204E-17	0	0
527	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,912	7,55	0	5,204E-17	0	0
528	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-20,937	7,55	0	5,204E-17	0	0
529	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,918	7,55	0	5,204E-17	0	0
53	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	17,586	9,38	0	-0,033	0	0
530	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,83	7,55	0	5,204E-17	0	0
531	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,577	7,55	0	5,204E-17	0	0
532	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-15,536	7,55	0	5,204E-17	0	0
533	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,676	7,55	0	5,204E-17	0	0
534	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	1,642	7,55	0	5,204E-17	0	0
535	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	1,641	7,55	0	5,204E-17	0	0
536	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-10,132	7,55	0	5,204E-17	0	0
537	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,604	7,55	0	5,204E-17	0	0
538	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	2,723	7,55	0	5,204E-17	0	0
539	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-1,275	7,55	0	5,204E-17	0	0
54	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	10,239	9,38	0	0,033	0	0
540	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-5,265	7,55	0	5,204E-17	0	0
541	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	2,723	7,55	0	5,204E-17	0	0
542	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,604	7,55	0	5,204E-17	0	0
543	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-5,265	7,55	0	5,204E-17	0	0
544	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-1,275	7,55	0	5,204E-17	0	0
545	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	1,642	7,55	0	5,204E-17	0	0
546	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,676	7,55	0	5,204E-17	0	0
547	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-10,132	7,55	0	5,204E-17	0	0
548	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	1,641	7,55	0	5,204E-17	0	0
549	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,83	7,55	0	5,204E-17	0	0
55	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,135	9,38	0	0,033	0	0
550	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,918	7,55	0	5,204E-17	0	0
551	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-15,536	7,55	0	5,204E-17	0	0
552	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,577	7,55	0	5,204E-17	0	0
553	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	10,444	7,55	0	5,204E-17	0	0
554	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,691	7,55	0	5,204E-17	0	0
555	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-20,937	7,55	0	5,204E-17	0	0
556	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,912	7,55	0	5,204E-17	0	0
557	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	9,14	7,55	0	5,204E-17	0	0
558	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	37,291	7,55	0	5,204E-17	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
559	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-21,351	7,55	0	5,204E-17	0	0
56	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,881	9,38	0	-0,033	0	0
560	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,506	7,55	0	5,204E-17	0	0
561	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	15,615	7,55	0	5,204E-17	0	0
562	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,027	7,55	0	5,204E-17	0	0
563	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-3,723	7,55	0	5,204E-17	0	0
564	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-8,291	7,55	0	5,204E-17	0	0
565	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,811	7,55	0	5,204E-17	0	0
566	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	0,191	7,55	0	5,204E-17	0	0
567	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,444	7,55	0	5,204E-17	0	0
568	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-7,16	7,55	0	5,204E-17	0	0
569	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,313	7,55	0	5,204E-17	0	0
57	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	34,594	9,38	0	-0,033	0	0
570	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,125	7,55	0	5,204E-17	0	0
571	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	3,107	7,55	0	5,204E-17	0	0
572	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-6,373	7,55	0	5,204E-17	0	0
573	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,14	7,55	0	5,204E-17	0	0
574	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-1,876	7,55	0	5,204E-17	0	0
575	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,17	7,55	0	5,204E-17	0	0
576	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,611	7,55	0	5,204E-17	0	0
577	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,383	7,55	0	5,204E-17	0	0
578	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	0,405	7,55	0	5,204E-17	0	0
579	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	0,383	7,55	0	5,204E-17	0	0
58	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	43,227	9,38	0	-0,033	0	0
580	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,185	7,55	0	5,204E-17	0	0
581	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	0,405	7,55	0	5,204E-17	0	0
582	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,383	7,55	0	5,204E-17	0	0
583	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,185	7,55	0	5,204E-17	0	0
584	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	0,383	7,55	0	5,204E-17	0	0
585	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-1,876	7,55	0	5,204E-17	0	0
586	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,14	7,55	0	5,204E-17	0	0
587	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,611	7,55	0	5,204E-17	0	0
588	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,17	7,55	0	5,204E-17	0	0
589	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,125	7,55	0	5,204E-17	0	0
59	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	46,362	9,38	0	-0,033	0	0
590	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,313	7,55	0	5,204E-17	0	0
591	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-6,373	7,55	0	5,204E-17	0	0
592	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	3,107	7,55	0	5,204E-17	0	0
593	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	0,191	7,55	0	5,204E-17	0	0
594	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,811	7,55	0	5,204E-17	0	0
595	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-7,16	7,55	0	5,204E-17	0	0
596	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	2,444	7,55	0	5,204E-17	0	0
597	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,027	7,55	0	5,204E-17	0	0
598	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	15,615	7,55	0	5,204E-17	0	0
599	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-8,291	7,55	0	5,204E-17	0	0
6	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	95,49	9,38	0	-0,033	0	0
60	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	43,227	9,38	0	-0,033	0	0
600	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-3,723	7,55	0	5,204E-17	0	0
601	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,168	7,55	0	5,204E-17	0	0
602	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-12,007	7,55	0	5,204E-17	0	0
603	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	16,145	7,55	0	5,204E-17	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
604	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	1,604	7,55	0	5,204E-17	0	0
605	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,332	7,55	0	5,204E-17	0	0
606	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-11,261	7,55	0	5,204E-17	0	0
607	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	4,612	7,55	0	5,204E-17	0	0
608	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,126	7,55	0	5,204E-17	0	0
609	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,548	7,55	0	5,204E-17	0	0
61	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	34,594	9,38	0	0,033	0	0
610	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-9,561	7,55	0	5,204E-17	0	0
611	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,821	7,55	0	5,204E-17	0	0
612	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	0,98	7,55	0	5,204E-17	0	0
613	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,899	7,55	0	5,204E-17	0	0
614	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-6,497	7,55	0	5,204E-17	0	0
615	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,398	7,55	0	5,204E-17	0	0
616	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,259	7,55	0	5,204E-17	0	0
617	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	0,931	7,55	0	5,204E-17	0	0
618	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,765	7,55	0	5,204E-17	0	0
619	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	2,728	7,55	0	5,204E-17	0	0
62	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	22,881	9,38	0	0,033	0	0
620	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	0,893	7,55	0	5,204E-17	0	0
621	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-2,765	7,55	0	5,204E-17	0	0
622	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	0,931	7,55	0	5,204E-17	0	0
623	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	0,893	7,55	0	5,204E-17	0	0
624	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	2,728	7,55	0	5,204E-17	0	0
625	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-6,497	7,55	0	5,204E-17	0	0
626	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,899	7,55	0	5,204E-17	0	0
627	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,259	7,55	0	5,204E-17	0	0
628	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,398	7,55	0	5,204E-17	0	0
629	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-9,561	7,55	0	5,204E-17	0	0
63	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	12,135	9,38	0	0,033	0	0
630	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,548	7,55	0	5,204E-17	0	0
631	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	0,98	7,55	0	5,204E-17	0	0
632	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,821	7,55	0	5,204E-17	0	0
633	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-11,261	7,55	0	5,204E-17	0	0
634	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,332	7,55	0	5,204E-17	0	0
635	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,126	7,55	0	5,204E-17	0	0
636	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	4,612	7,55	0	5,204E-17	0	0
637	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-12,007	7,55	0	5,204E-17	0	0
638	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,168	7,55	0	5,204E-17	0	0
639	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	1,604	7,55	0	5,204E-17	0	0
64	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	13,12	9,38	0	-0,033	0	0
640	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	16,145	7,55	0	5,204E-17	0	0
641	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-24,036	7,55	0	5,204E-17	0	0
642	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-25,573	7,55	0	5,204E-17	0	0
643	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	38,085	7,55	0	5,204E-17	0	0
644	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,098	7,55	0	5,204E-17	0	0
645	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,4	7,55	0	5,204E-17	0	0
646	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-25,239	7,55	0	5,204E-17	0	0
647	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,238	7,55	0	5,204E-17	0	0
648	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	14,388	7,55	0	5,204E-17	0	0
649	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,392	7,55	0	5,204E-17	0	0
65	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	30,385	9,38	0	-0,033	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
650	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-18,744	7,55	0	5,204E-17	0	0
651	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,303	7,55	0	5,204E-17	0	0
652	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,838	7,55	0	5,204E-17	0	0
653	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,465	7,55	0	5,204E-17	0	0
654	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-12,004	7,55	0	5,204E-17	0	0
655	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,864	7,55	0	5,204E-17	0	0
656	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,463	7,55	0	5,204E-17	0	0
657	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,62	7,55	0	5,204E-17	0	0
658	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-5,844	7,55	0	5,204E-17	0	0
659	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,934	7,55	0	5,204E-17	0	0
66	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	47,853	9,38	0	-0,033	0	0
660	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,311	7,55	0	5,204E-17	0	0
661	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-5,844	7,55	0	5,204E-17	0	0
662	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,62	7,55	0	5,204E-17	0	0
663	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,311	7,55	0	5,204E-17	0	0
664	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,934	7,55	0	5,204E-17	0	0
665	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-12,004	7,55	0	5,204E-17	0	0
666	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,465	7,55	0	5,204E-17	0	0
667	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,463	7,55	0	5,204E-17	0	0
668	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,864	7,55	0	5,204E-17	0	0
669	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-18,744	7,55	0	5,204E-17	0	0
67	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	59,798	9,38	0	0,033	0	0
670	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,392	7,55	0	5,204E-17	0	0
671	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,838	7,55	0	5,204E-17	0	0
672	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,303	7,55	0	5,204E-17	0	0
673	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-25,239	7,55	0	5,204E-17	0	0
674	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,4	7,55	0	5,204E-17	0	0
675	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	14,388	7,55	0	5,204E-17	0	0
676	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,238	7,55	0	5,204E-17	0	0
677	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-25,573	7,55	0	5,204E-17	0	0
678	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-24,036	7,55	0	5,204E-17	0	0
679	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,098	7,55	0	5,204E-17	0	0
68	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	64	9,38	0	0,033	0	0
680	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	38,085	7,55	0	5,204E-17	0	0
681	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,976	7,55	0	5,204E-17	0	0
682	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-48,009	7,55	0	5,204E-17	0	0
683	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	61,102	7,55	0	5,204E-17	0	0
684	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	34,457	7,55	0	5,204E-17	0	0
685	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,697	7,55	0	5,204E-17	0	0
686	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-43,406	7,55	0	5,204E-17	0	0
687	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,066	7,55	0	5,204E-17	0	0
688	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	25,431	7,55	0	5,204E-17	0	0
689	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,814	7,55	0	5,204E-17	0	0
69	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	59,798	9,38	0	-0,033	0	0
690	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-29,89	7,55	0	5,204E-17	0	0
691	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,171	7,55	0	5,204E-17	0	0
692	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,693	7,55	0	5,204E-17	0	0
693	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,288	7,55	0	5,204E-17	0	0
694	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-18,046	7,55	0	5,204E-17	0	0
695	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,66	7,55	0	5,204E-17	0	0
696	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,885	7,55	0	5,204E-17	0	0



TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
697	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,474	7,55	0	5,204E-17	0	0
698	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-8,261	7,55	0	5,204E-17	0	0
699	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,739	7,55	0	5,204E-17	0	0
7	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	52,254	9,38	0	0,033	0	0
70	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	47,853	9,38	0	-0,033	0	0
700	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,562	7,55	0	5,204E-17	0	0
701	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-8,261	7,55	0	5,204E-17	0	0
702	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,474	7,55	0	5,204E-17	0	0
703	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,562	7,55	0	5,204E-17	0	0
704	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,739	7,55	0	5,204E-17	0	0
705	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-18,046	7,55	0	5,204E-17	0	0
706	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,288	7,55	0	5,204E-17	0	0
707	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,885	7,55	0	5,204E-17	0	0
708	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,66	7,55	0	5,204E-17	0	0
709	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-29,89	7,55	0	5,204E-17	0	0
71	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	30,385	9,38	0	0,033	0	0
710	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,814	7,55	0	5,204E-17	0	0
711	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,693	7,55	0	5,204E-17	0	0
712	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	8,171	7,55	0	5,204E-17	0	0
713	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-43,406	7,55	0	5,204E-17	0	0
714	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,697	7,55	0	5,204E-17	0	0
715	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	25,431	7,55	0	5,204E-17	0	0
716	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,066	7,55	0	5,204E-17	0	0
717	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-48,009	7,55	0	5,204E-17	0	0
718	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,976	7,55	0	5,204E-17	0	0
719	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	34,457	7,55	0	5,204E-17	0	0
72	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	13,12	9,38	0	-0,033	0	0
720	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	61,102	7,55	0	5,204E-17	0	0
721	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,993	7,55	0	5,204E-17	0	0
722	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-89,716	7,55	0	5,204E-17	0	0
723	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	66,842	7,55	0	5,204E-17	0	0
724	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	93,441	7,55	0	5,204E-17	0	0
725	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	35,216	7,55	0	5,204E-17	0	0
726	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,648	7,55	0	5,204E-17	0	0
727	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	1,387	7,55	0	5,204E-17	0	0
728	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	34,511	7,55	0	5,204E-17	0	0
729	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	25,145	7,55	0	5,204E-17	0	0
73	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-2,688	9,38	0	0,033	0	0
730	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-42,59	7,55	0	5,204E-17	0	0
731	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,123	7,55	0	5,204E-17	0	0
732	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,11	7,55	0	5,204E-17	0	0
733	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,337	7,55	0	5,204E-17	0	0
734	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,945	7,55	0	5,204E-17	0	0
735	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,651	7,55	0	5,204E-17	0	0
736	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,745	7,55	0	5,204E-17	0	0
737	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	2,42	7,55	0	5,204E-17	0	0
738	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-9,512	7,55	0	5,204E-17	0	0
739	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,459	7,55	0	5,204E-17	0	0
74	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	29,364	9,38	0	-0,033	0	0
740	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,42	7,55	0	5,204E-17	0	0
741	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-9,512	7,55	0	5,204E-17	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
742	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	2,42	7,55	0	5,204E-17	0	0
743	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	3,42	7,55	0	5,204E-17	0	0
744	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	5,459	7,55	0	5,204E-17	0	0
745	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,945	7,55	0	5,204E-17	0	0
746	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,337	7,55	0	5,204E-17	0	0
747	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	4,745	7,55	0	5,204E-17	0	0
748	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	7,651	7,55	0	5,204E-17	0	0
749	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-42,59	7,55	0	5,204E-17	0	0
75	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	57,157	9,38	0	-0,033	0	0
750	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	25,145	7,55	0	5,204E-17	0	0
751	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	13,11	7,55	0	5,204E-17	0	0
752	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	6,123	7,55	0	5,204E-17	0	0
753	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,648	7,55	0	5,204E-17	0	0
754	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	35,216	7,55	0	5,204E-17	0	0
755	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	34,511	7,55	0	5,204E-17	0	0
756	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	1,387	7,55	0	5,204E-17	0	0
757	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-89,716	7,55	0	5,204E-17	0	0
758	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,993	7,55	0	5,204E-17	0	0
759	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	93,441	7,55	0	5,204E-17	0	0
76	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	75,543	9,38	0	-0,033	0	0
760	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	66,842	7,55	0	5,204E-17	0	0
761	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-74,732	7,55	0	5,204E-17	0	0
762	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-165,22	0	0	-0,115	0	0
763	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,043	7,55	0	5,204E-17	0	0
764	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-72,282	7,55	0	5,204E-17	0	0
765	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	93,461	7,55	0	5,204E-17	0	0
766	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-87,997	7,55	0	5,204E-17	0	0
767	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	64,391	7,55	0	5,204E-17	0	0
768	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,281	7,55	0	5,204E-17	0	0
769	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	33,386	7,55	0	5,204E-17	0	0
77	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	81,935	9,38	0	-0,033	0	0
770	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-46,497	7,55	0	5,204E-17	0	0
771	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	60,391	7,55	0	5,204E-17	0	0
772	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,705	7,55	0	5,204E-17	0	0
773	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,759	7,55	0	5,204E-17	0	0
774	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-24,14	7,55	0	5,204E-17	0	0
775	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	37,815	7,55	0	5,204E-17	0	0
776	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,859	7,55	0	5,204E-17	0	0
777	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,169	7,55	0	5,204E-17	0	0
778	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-10,408	7,55	0	5,204E-17	0	0
779	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	15,969	7,55	0	5,204E-17	0	0
78	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	75,543	9,38	0	0,033	0	0
780	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-3,945	7,55	0	5,204E-17	0	0
781	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-10,408	7,55	0	5,204E-17	0	0
782	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-0,169	7,55	0	5,204E-17	0	0
783	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-3,945	7,55	0	5,204E-17	0	0
784	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	15,969	7,55	0	5,204E-17	0	0
785	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-24,14	7,55	0	5,204E-17	0	0
786	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	11,759	7,55	0	5,204E-17	0	0
787	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-23,859	7,55	0	5,204E-17	0	0
788	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	37,815	7,55	0	5,204E-17	0	0

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD99									
Frame	DesignSect	DesignType	Combo	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu
Text	Text	Text	Text	KN	KN-cm	KN-cm	KN	KN	KN-cm
789	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-46,497	7,55	0	5,204E-17	0	0
79	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	57,157	9,38	0	-0,033	0	0
790	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	33,386	7,55	0	5,204E-17	0	0
791	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-45,705	7,55	0	5,204E-17	0	0
792	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	60,391	7,55	0	5,204E-17	0	0
793	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-87,997	7,55	0	5,204E-17	0	0
794	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	93,461	7,55	0	5,204E-17	0	0
795	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-68,281	7,55	0	5,204E-17	0	0
796	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	64,391	7,55	0	5,204E-17	0	0
797	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-SC	-165,22	0	0	-0,115	0	0
798	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-74,732	7,55	0	5,204E-17	0	0
799	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-72,282	7,55	0	5,204E-17	0	0
8	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-30,61	9,38	0	-0,033	0	0
80	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	29,364	9,38	0	0,033	0	0
800	TC60,3x8,7mm	Brace	CUN-VE	-4,043	7,55	0	5,204E-17	0	0
81	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-2,688	9,38	0	-0,033	0	0
82	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-175,465	0	0	-0,163	0	0
83	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-31,752	9,38	0	-0,033	0	0
84	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	53,333	9,38	0	0,033	0	0
85	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	97,972	9,38	0	-0,033	0	0
86	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	111,826	9,38	0	-0,033	0	0
87	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	97,972	9,38	0	-0,033	0	0
88	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	53,333	9,38	0	0,033	0	0
89	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-31,752	9,38	0	-0,033	0	0
9	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-171,568	0	0	-0,163	0	0
90	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-175,465	0	0	-0,163	0	0
91	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-163,095	9,38	0	-0,033	0	0
92	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-24,362	9,38	0	-0,033	0	0
93	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	56,871	9,38	0	-0,033	0	0
94	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	98,635	9,38	0	-0,033	0	0
95	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	110,347	9,38	0	-0,033	0	0
96	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	94,827	9,38	0	-0,033	0	0
97	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	48,715	9,38	0	0,033	0	0
98	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-38,001	9,38	0	-0,033	0	0
99	TC60,3x8,7mm	Beam	CUN-VE	-183,938	0	0	-0,163	0	0

## Anexo 9 – Dimensionamento a tração e compressão dos Banzos – 2ª Tentativa

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS TRACIONADAS**

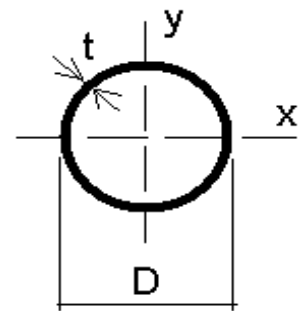
**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

**TC60,30X8,70**

**Banzo**

D	diâmetro externo	<b>60,30</b>	mm
t	espessura da parede	<b>8,70</b>	mm
A	área bruta	<b>14,20</b>	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	<b>48,40</b>	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	<b>16,10</b>	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	<b>1,85</b>	cm
Z	módulo plástico	<b>23,50</b>	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	<b>96,80</b>	cm <sup>4</sup>
m	massa	<b>11,10</b>	kg/m
L	Comprimento da barra	<b>2,40</b>	m = 240,00 cm



**Aço Estrutural**

<b>VMB 300</b>	fy	<b>30,00</b>	kN/cm <sup>2</sup>
	fu	<b>41,50</b>	kN/cm <sup>2</sup>

**Força de tração solicitante de cálculo**

$N_{t,Sd} = 205,308$  kN

**ESTADO-LIMITE DE ESCOAMENTO DA SEÇÃO BRUTA**

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

Nt,Rd = 387,27 kN

Nt,Rd > Nt,Sd **OK**

**ESTADO-LIMITE DE RUPTURA LÍQUIDA**

A força de tração será transmitida por meio da própria barra, não sendo necessário utilizar uma chapade ligação concêntrica. Será por meio de nó amassado, a barra terá a extremidade estampada. Sendo assim essa verificação será desconsiderada.

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \frac{L}{r} < 300$$

$\lambda = 129,73 < 300$  **OK**



Anexo 10 – Dimensionamento a tração e compressão das Diagonais – 2<sup>a</sup>  
Tentativa



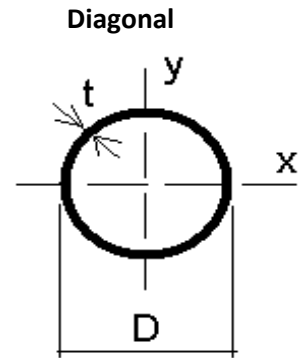
**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS TRACIONADAS**

**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

**TC60,30X8,70**

D	diâmetro externo	<b>60,30</b>	mm
t	espessura da parede	<b>8,70</b>	mm
A	área bruta	<b>14,20</b>	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	<b>48,40</b>	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	<b>16,10</b>	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	<b>1,85</b>	cm
Z	módulo plástico	<b>23,50</b>	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	<b>96,80</b>	cm <sup>4</sup>
m	massa	<b>11,10</b>	kg/m
L	Comprimento da barra	<b>2,33</b>	m = 233,24 cm



**Aço Estrutural**

	fy	<b>30,00</b>	kN/cm <sup>2</sup>
<b>VMB 300</b>	fu	<b>41,50</b>	kN/cm <sup>2</sup>

**Força de tração solicitante de cálculo**

$N_{t,Sd} = 222,497$  kN

**ESTADO-LIMITE DE ESCOAMENTO DA SEÇÃO BRUTA**

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}}$$

Nt,Rd = 387,27 kN

Nt,Rd > Nt,Sd **OK**

**ESTADO-LIMITE DE RUPTURA LÍQUIDA**

A força de tração será transmitida por meio da própria barra, não sendo necessário utilizar uma chapade ligação concêntrica. Será por meio de nó amassado, a barra terá a extremidade estampada. Sendo assim essa verificação será desconsiderada.

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \frac{L}{r} < 300$$

$\lambda = 126,07 < 300$  **OK**

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS COMPRIMIDAS**

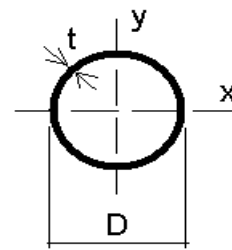
**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

**TC60,30X8,70**

**Diagonal**

D	diâmetro externo	60,30	mm
t	espessura da parede	8,70	mm
A	área bruta	14,20	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	48,40	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência	16,10	cm <sup>3</sup>
r	raio de giração	1,85	cm
Z	módulo plástico	23,50	cm <sup>3</sup>
J	constante de torção	96,80	cm <sup>4</sup>
m	massa	11,10	kg/m
Cw	constante de empenamento	-	



L Comprimento da barra **2,33** m = 233,24 cm

**Aço Estrutural**

	fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
<b>VMB 300</b>	fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>
	E	20.000,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008
	G	7.700,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008

**Força de compressão solicitante de cálculo**

$N_{c,Sd} = 99,232$  kN

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

**Valor da Força Axial de Flambagem Elástica para seções duplamente simétricas**

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad N_{ex} = N_{ey} = N_e \text{ considerando } k = 1,0 \text{ (dupla simetria)}$$

$$N_e = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad \text{onde } K = 1,0 \rightarrow \text{sendo assim } N_e = 175,44 \text{ kN}$$

**Fator de redução total da flambagem local**

$$\frac{D}{t} \leq 0,11 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = 1,00 \quad \begin{matrix} D/t = & 6,93 \\ 0,11 \cdot E/f_y = & 73,33 \end{matrix}$$

$$0,11 \frac{E}{f_y} < \frac{D}{t} \leq 0,45 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = \frac{0,0379 E}{D/t f_y} + \frac{2}{3} \quad Q = 1,00$$

**Índice de esbeltez reduzido**

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{QA_g f_y}{N_e}} = 1,56$$

**Fator de redução associado à resistência de compressão**

Para  $\lambda_o \leq 1,5$ :  $\chi = 0,658 \lambda_o^2$  1,56 > 1,5 então

Para  $\lambda_o > 1,5$ :  $\chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2}$   $\chi = 0,36$

**Força axial de compressão resistente de cálculo**

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi QA_g f_y}{\gamma_{a1}} = 139,88 \text{ kN} \quad \text{OK!!! } N_{c,Rd} \geq N_{c,Sd}$$

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA_g}{N_e}} \quad \lambda = 126,33 < 200 \quad \text{OK}$$

## Anexo 11 – Deslocamentos de serviço dos nós da cobertura – 2ª Tentativa

TABLE: Joint Loads - Force									
Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3	GUID
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm	Text
145	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
145	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
145	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
146	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
146	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
146	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
147	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
147	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
147	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
148	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
148	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
148	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
149	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
149	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
149	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
150	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
150	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
150	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
151	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
151	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
151	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
152	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
152	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
152	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
153	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
153	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
153	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
154	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
154	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
154	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
155	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
155	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
155	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
156	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
156	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
156	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
157	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
157	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
157	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
158	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
158	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
158	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
159	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
159	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
159	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
160	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
160	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	

TABLE: Joint Loads - Force									
Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3	GUID
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm	Text
160	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
161	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
161	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
161	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
162	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
162	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
162	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
163	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
163	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
163	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
164	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
164	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
164	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
165	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
165	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
165	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
166	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
166	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
166	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
167	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
167	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
167	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
168	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
168	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
168	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
169	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
169	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
169	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
170	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
170	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
170	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
171	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
171	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
171	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
172	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
172	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
172	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
173	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
173	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
173	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
174	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
174	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
174	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
175	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
175	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
175	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
176	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	

TABLE: Joint Loads - Force									
Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3	GUID
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm	Text
176	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
176	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
177	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
177	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
177	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
178	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
178	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
178	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
179	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
179	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
179	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
180	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
180	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
180	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
181	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
181	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
181	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
182	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
182	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
182	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
183	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
183	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
183	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
184	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
184	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
184	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
185	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
185	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
185	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
186	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
186	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
186	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
187	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
187	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
187	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
188	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
188	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
188	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
189	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
189	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
189	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
190	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
190	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
190	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
191	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
191	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
191	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	

TABLE: Joint Loads - Force									
Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3	GUID
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm	Text
192	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
192	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
192	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
193	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
193	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
193	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
194	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
194	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
194	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
195	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
195	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
195	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
196	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
196	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
196	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
197	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
197	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
197	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
198	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
198	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
198	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
199	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
199	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
199	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
200	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
200	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
200	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
201	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
201	VE	GLOBAL	0,52	0	-5,75	0	0	0	
201	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
202	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
202	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
202	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
203	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
203	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
203	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
204	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
204	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
204	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
205	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
205	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
205	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
206	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
206	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
206	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
207	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
207	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	



TABLE: Joint Loads - Force									
Joint	LoadPat	CoordSys	F1	F2	F3	M1	M2	M3	GUID
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-cm	KN-cm	KN-cm	Text
207	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
208	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
208	VE	GLOBAL	0,47	0	-5,19	0	0	0	
208	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
209	SC	GLOBAL	0	0	-1,44	0	0	0	
209	VE	GLOBAL	0,52	0	-5,75	0	0	0	
209	TE	GLOBAL	0	0	-0,24	0	0	0	
210	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
210	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
210	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
211	SC	GLOBAL	0	0	-0,36	0	0	0	
211	VE	GLOBAL	0,13	0	-1,48	0	0	0	
211	TE	GLOBAL	0	0	-0,06	0	0	0	
212	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
212	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
212	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
213	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
213	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
213	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
214	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
214	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
214	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
215	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
215	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
215	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
216	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
216	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
216	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
217	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
217	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
217	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
218	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
218	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
218	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
219	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
219	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
219	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
220	SC	GLOBAL	0	0	-0,72	0	0	0	
220	VE	GLOBAL	0,27	0	-2,97	0	0	0	
220	TE	GLOBAL	0	0	-0,12	0	0	0	
221	SC	GLOBAL	0	0	-0,36	0	0	0	
221	VE	GLOBAL	0,13	0	-1,48	0	0	0	
221	TE	GLOBAL	0	0	-0,06	0	0	0	

Anexo 12 - Tabela de Perfis tubulares circulares sem costura produzidos pela VMB - Pilares



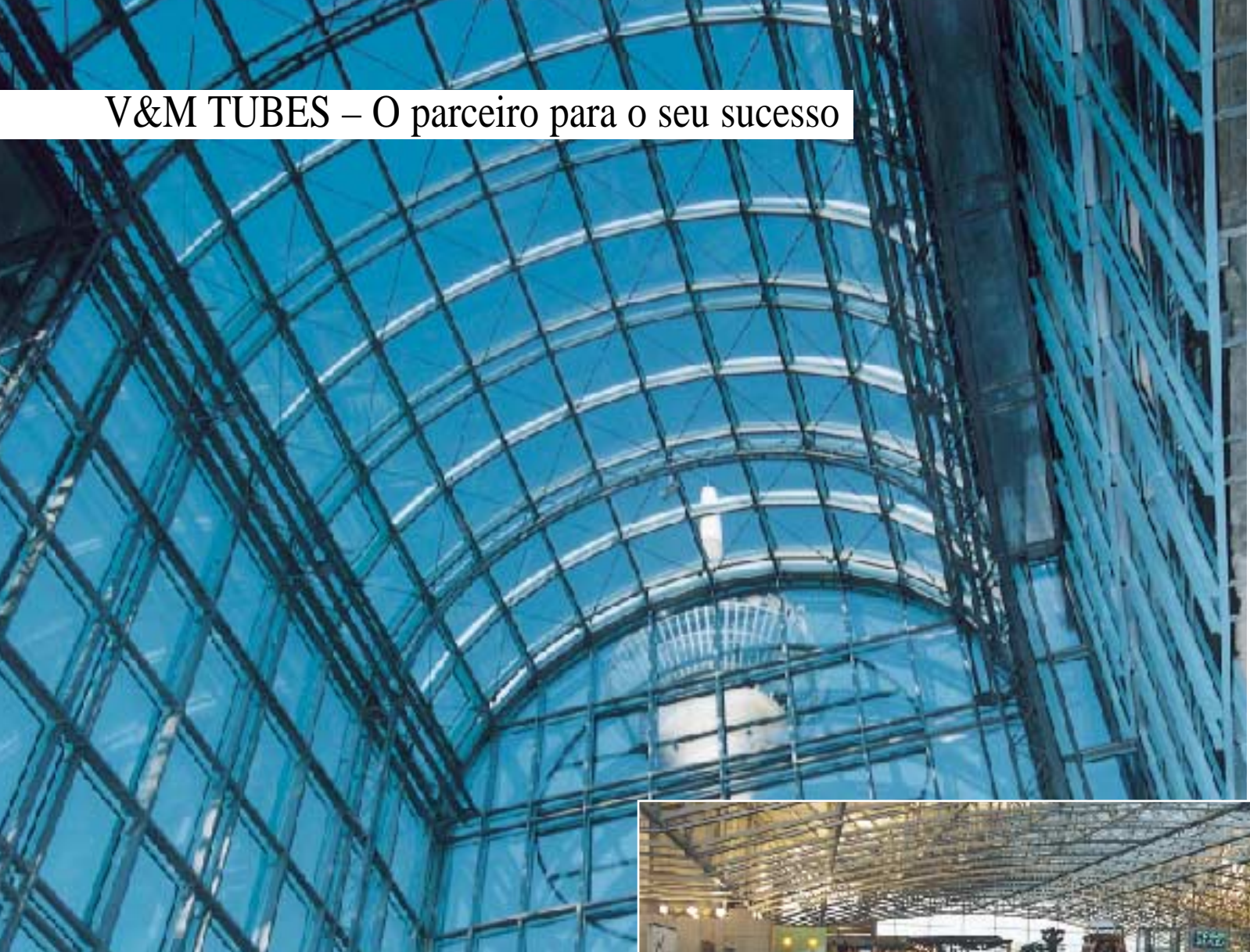
VALLOUREC & MANNESMANN TUBES



MSH  
Perfis em aço  
estrutural formados  
a quente  
circulares –  
quadrados – retangulares



# V&M TUBES – O parceiro para o seu sucesso



- **Ampla competência**  
para tubos em aço sem costura laminados a quente
- **Vasta gama de medidas**  
desde os diâmetros e espessuras de parede menores aos maiores
- **Paleta de materiais ilimitada**  
aços sem e com ligas, bem como qualidades especiais, fabricados nas nossas próprias aciarias, orientados para a aplicação
- **Forte base I&D**  
nos nossos institutos de investigação, técnicos altamente qualificados desenvolvem produtos e tecnologias para os mercados do futuro.
- **Presença mundial**  
graças a uma eficiente rede de vendas e de assistência





# MSH – o perfil universal

Perfis circulares, quadrados e retangulares são aplicados como elementos de construção moderna em muitas áreas da técnica.

Na construção civil, é possível dar um toque arquitetônico atraente integrando perfis na concepção de fachadas. Na indústria da construção de maquinaria e em aço, contam-se especialmente as vantagens estáticas dos perfis MSH fechados no caso de esforços de pressão e de torção, bem como na flexão multi-eixos.

No geral, os perfis são soldados diretamente entre si, o que elimina a introdução trabalhosa de chapas de união e de escoramento.

Merece especial destaque a excelente e ilimitada soldabilidade dos perfis MSH, que se deve aos materiais escolhidos e à formação a quente dos perfis no que toca à temperatura de normalização, a qual cria uma textura uniforme.

MSH, o elemento estrutural universal, distingue-se por

- vasta paleta de medidas
- elevada capacidade de carga
- vantagens construtivas
- processamento simples
- proteção simples contra corrosão e incêndio
- aspecto visual atraente
- assistência técnica



O presente impresso dá apenas um resumo geral sobre os perfis MSH. Para mais detalhes, consulte as Informações Técnicas (v. pág. 9).

VALLOUREC & MANNESMANN TUBES, membro do CIDECT (Comité International pour le



Développement et l'Étude de la Construction

Tubulaire – Comité Internacional de Pesquisa e Desenvolvimento de construções tubulares)

2002 Edition

# Perfis MSH circulares

Diâmetro externo mm	Espessura da parede mm																						
	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8	10,0	12,5	16,0	20,0	30,0	40,0	60,0	80,0	100,0	
21,3	1,08	1,20	1,32	1,43	1,57	1,71	1,86	2,01															
33,7			2,20	2,41	2,67	2,93	3,24	3,54	3,88	4,26	4,66	5,07											
42,4			2,82	3,09	3,44	3,79	4,21	4,61	5,08	5,61	6,18	6,79	7,29	7,99									
48,3			3,25	3,56	3,97	4,37	4,86	5,34	5,90	6,53	7,21	7,95	8,57	9,45	11,0								
60,3				4,51	5,03	5,55	6,19	6,82	7,55	8,39	9,32	10,3	11,2	12,4	14,7	17,5							
76,1				5,75	6,44	7,11	7,95	8,77	9,74	10,8	12,1	13,4	14,6	16,3	19,6	23,7	27,7						
88,9					7,51	8,38	9,37	10,3	11,5	12,8	14,3	16,0	17,4	19,5	23,6	28,8	34,0						
101,6						9,63	10,8	11,9	13,3	14,8	16,5	18,5	20,1	22,6	27,5	33,8	40,2	53,0					
114,3						10,9	12,2	13,5	15,0	16,8	18,8	21,0	22,9	25,7	31,4	38,8	46,5	62,4					
139,7							15,0	16,6	18,5	20,7	23,2	26,0	28,4	32,0	39,2	48,8	59,0	81,2	98,4				
168,3								20,1	22,5	25,2	28,2	31,6	34,6	39,0	48,0	60,1	73,1	102	127	160			
177,8									23,8	26,6	29,9	33,5	36,7	41,4	51,0	63,8	77,8	109	136	174			
193,7										29,1	32,7	36,6	40,1	45,3	55,9	70,1	85,7	121	152	198			
219,1											37,1	41,6	45,6	51,6	63,7	80,1	98,2	140	177	235			
244,5											37,0	41,6	46,7	51,2	57,8	71,5	90,2	111	159	202	273		
273,0											41,4	46,6	52,3	57,3	64,9	80,3	101	125	180	230	315	381	427
323,9								35,4	39,9	44,0	49,3	55,5	62,3	68,4	77,4	96,0	121	150	217	280	390	481	552
355,6								39,0	43,2	48,3	54,3	61,0	68,6	75,3	85,2	106	134	166	241	311	437	544	630
406,4									49,5	55,4	62,2	69,9	78,6	86,3	97,8	121	154	191	278	361	513	644	756
457,0									55,7	62,3	70,0	78,8	88,6	97,3	110	137	174	216	316	411	587	744	880
508,0										77,9	87,7	98,6	108	123	153	194	241	354	462	663	844	1010	
559,0																	214	266	391	512	738	945	1130
610,0																	234	291	429	562	814	1050	1260
660,0																		316	466	612	888	1140	1380
711,0																			504	662	963	1240	1510

Outras dimensões por pedido

■ Peso em Kg/m

Possibilidades complementares de fabrico de perfis MSH circulares

Diâmetro externo (mm) de	até	Espessura da parede (mm) de	até	
406	2540	6,0	44,0	Tubos de grandes dimensões soldados
220	1500	18,0	270,0	Tubos de grandes dimensões sem costura pelo processo de perfuração e embutimento



# Perfis MSH quadrados

Comprimentos ex-ternos das arestas mm	Espessura da parede mm																
	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8	10,0	11,0	12,5	14,2	16,0	17,5
40 x 40	3,31	3,61	4,01	4,39	4,85	5,28	5,78	6,33	6,91								
50 x 50	4,22	4,62	5,14	5,64	6,26	6,85	7,54	8,31	9,14	10,0							
60 x 60	5,13	5,62	6,27	6,9	7,67	8,42	9,30	10,3	11,4	12,5	13,5	14,9	15,9	17,3			
70 x 70		6,63	7,40	8,15	9,08	9,99	11,1	12,3	13,6	15,0	16,3	18,0	19,4	21,3			
80 x 80			8,53	9,41	10,5	11,6	12,8	14,2	15,8	17,5	19,0	21,1	22,8	25,2			
90 x 90			9,66	10,7	11,9	13,1	14,6	16,2	18,1	20,1	21,8	24,3	26,3	29,1			
100 x 100				11,9	13,3	14,7	16,3	18,2	20,3	22,6	24,5	27,4	29,7	33,0	33,6		
110 x 110				13,2	14,7	16,3	18,1	20,2	22,5	25,1	27,3	30,6	33,2	37,0	41,0		
120 x 120					16,1	17,8	19,9	22,2	24,7	27,6	30,1	33,7	36,6	40,9	45,5	50,1	
140 x 140						21,0	23,4	26,1	29,2	32,6	35,6	40,0	43,5	48,7	54,4	60,1	64,7
150 x 150								28,1	31,4	35,1	38,4	43,1	47,0	52,7	58,9	65,2	70,2
160 x 160								30,1	33,7	37,6	41,1	46,3	50,4	56,6	63,3	70,2	75,0
180 x 180								34,0	38,1	42,7	46,7	52,5	57,4	64,4	72,2	80,2	
200 x 200								38,0	42,6	47,7	52,2	58,8	64,3	72,3	81,1	90,3	
220 x 220								41,9	47,0	52,7	57,7	65,1	71,2	80,1	90,1	100	
250 x 250								47,9	53,7	60,3	66,0	74,5	81,5	91,9	103	115	125
260 x 260								49,9	56,0	62,8	68,8	77,7	85,0	95,8	108	120	131
300 x 300								57,8	64,9	72,8	79,8	90,2	98,8	112	126	141	
350 x 350								67,7	76,0	85,4	93,6	106	116	131	148	166	
400 x 400								77,5	87,2	97,9	107	122	133	151	170	191	

Outras dimensões por pedido

Peso em Kg/m



Dados complementares, em especial sobre as possibilidades de entrega de perfis MSH, v. Informações Técnicas I (gama de produtos fornecidos).





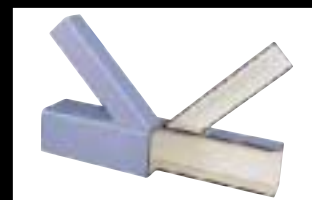
# Perfis MSH retangulares

Comprimentos ex-ternos das arestas mm	Espessura da parede mm																
	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8	10,0	11,0	12,5	14,2	16,0	17,5
50 x 30	3,31	3,61	4,01	4,39	4,85	5,28	5,78	6,33	6,91								
60 x 40	4,22	4,62	5,14	5,64	6,26	6,85	7,54	8,31	9,14	10,0							
70 x 40	4,67	5,12	5,70	6,27	6,97	7,64	8,42	9,30	10,3	11,3	12,1	13,3					
80 x 40	5,13	5,62	6,27	6,90	7,67	8,42	9,30	10,3	11,4	12,5	13,5	14,9	15,9	17,3			
90 x 50		6,63	7,40	8,15	9,08	9,99	11,1	12,3	13,6	15,0	16,3	18,0	19,4	21,3			
100 x 50			7,96	8,78	9,79	10,8	11,9	13,3	14,7	16,3	17,6	19,6	21,1	23,2			
100 x 60			8,53	9,41	10,5	11,6	12,8	14,2	15,8	17,5	19,0	21,1	22,8	25,2			
110 x 60			9,09	10,0	11,2	12,3	13,7	15,2	16,9	18,8	20,4	22,7	24,5	27,1			
120 x 60			9,66	10,7	11,9	13,1	14,6	16,2	18,1	20,1	21,8	24,3	26,3	29,1			
120 x 80				11,9	13,3	14,7	16,3	18,2	20,3	22,6	24,5	27,4	29,7	33,0	36,6		
140 x 70				12,6	14,0	15,5	17,2	19,2	21,4	23,8	25,9	29,0	31,4	35,0	38,8		
140 x 80				13,2	14,7	16,3	18,1	20,2	22,5	25,1	27,3	30,6	33,2	37,0	41,0		
150 x 100					16,9	18,6	20,7	23,1	25,9	28,9	31,5	35,3	38,4	42,8	47,7	52,6	
160 x 80					16,1	17,8	19,9	22,2	24,7	27,6	30,1	33,7	36,6	40,9	45,5	50,1	
160 x 90					16,9	18,6	20,7	23,1	25,9	28,9	31,5	35,3	38,4	42,8	47,7	52,6	
180 x 100						21,0	23,4	26,1	29,2	32,6	35,6	40,0	43,5	48,7	54,4	60,1	64,7
200 x 100								28,1	31,4	35,1	38,4	43,1	47,0	52,7	58,9	65,2	70,2
200 x 120								30,1	33,7	37,6	41,1	46,3	50,4	56,6	63,3	70,2	75,7
220 x 120								32,0	35,9	40,2	43,9	49,4	53,9	60,5	67,8	75,2	81,2
250 x 150								38,0	42,6	47,7	52,2	58,8	64,3	72,3	81,1	90,3	
260 x 140								38,0	42,6	47,7	52,2	58,8	64,3	72,3	81,1	90,3	
260 x 180								41,9	47,0	52,7	57,7	65,1	71,2	80,1	90,1	100	
300 x 200								47,9	53,7	60,3	66,0	74,5	81,5	91,9	103	115	125
350 x 250								57,8	64,9	72,8	79,8	90,2	98,8	112	126	141	
400 x 200								57,8	64,9	72,8	79,8	90,2	98,8	112	126	141	
400 x 300								67,7	76,0	85,4	93,6	106	116	131	148	166	
450 x 250								67,7	76,0	85,4	93,6	106	116	131	148	166	
500 x 300								77,5	87,2	97,9	107	122	133	151	170	191	

Outras dimensões por pedido

■ Peso em Kg/m

MSH – o perfil universal



# Materiais

Os perfis MSH são fabricados numa variedade de materiais, em conformidade com normas alemãs e internacionais.

Tendo em conta os campos de aplicação principais – componentes de suporte na indústria da construção em aço e de maquinaria – o seguinte material afirmou-se como o material preferido armazenado pelos comerciantes:

## S 355 J2H, conforme a EN 10 210-1:1994

Este tipo de aço distingue-se pelas seguintes propriedades:

- elevado limite de elasticidade aparente e resistência à ruptura por tração
- reduzido equivalente de carbono
- energia de impacto garantida a  $-20^{\circ}\text{C}$
- indicado para galvanização

- garantia de qualidade devido ao certificado de teste de aceitação 3.1B.
- certificado por várias normas nacionais de construção (p. ex., símbolo “Ü” na Alemanha)





Os perfis MSH são fornecidos conforme as normas fundamentais:

---

EN 10 210-1	Perfis ocós estruturais formados a quente, em aços estruturais não ligados e em aços estruturais de grão fino; Parte 1: Condições técnicas de entrega Parte 2: Dimensões, variações dimensionais e valores estáticos
-------------	--

---

A EN 10 210 substituiu sucessivamente as condições nacionais de entrega. Visto que, na prática, esta transposição se alarga por um período longo, aqui se apresenta a listagem das normas alemãs mais importantes:

---

BS 4360	Aços estruturais soldáveis
BS 4848, parte 2	Perfis formados a quente
DIN 17 121	Tubos circulares sem costura feitos em aços estruturais gerais para a construção em aço
DIN 17 124	Tubos circulares sem costura feitos em aços estruturais de grão fino para a construção em aço
DIN 17 125	Tubos quadrados e retangulares (perfis ocós) feitos de aços estruturais de grão fino para a indústria da construção em aço
DIN 59 410	Perfis para a indústria da construção em aço: tubos em aço quadrados e retangulares formados a quente; pesos, divergências admissíveis, valores estáticos
NF A 49-501	Tubos em aço – perfis para a construção em aço formados a quente

---



# Literatura sobre técnica de aplicação de perfis MSH

Título	Idioma					
	(GB)	(D)	(F)	(E)	(I)	(P)
<b>Informações Técnicas (TI)</b>						
TI 1 – Dimensões, valores estáticos, materiais (gama de produtos fornecidos)	•	•	•	•	•	•
TI 2 – Medição de construções MSH predominantemente sujeitas a esforços estáticos		•				
TI 3 – Soldagem e dobragem de perfis MSH		•				
TI 4 – Proteção contra corrosão de construções MSH		•				
TI 5 – Design construtivo de construções MSH		•				
TI 6 – Suportes compostos de perfis MSH enchidos com concreto		•				
TI 7 – Proteção contra incêndio de perfis MSH		•				
<b>Manuais CIDECT</b>						
1 – Cálculo e medição de uniões de perfis circulares sujeitos a esforço predominantemente estático	•	•	•	•		
2 – Comportamento de flambagem e de amolgação de perfis ocios (circulares e angulosos)	•	•	•	•		
3 – Juntas de perfis ocios retangulares sujeitos a esforço predominantemente estático	•	•	•	•		
4 – Medição de suportes de perfis ocios sujeitos a esforço por incêndio	•	•	•	•		
5 – Medição de suportes compostos de perfis ocios enchidos com concreto sujeitos a cargas estáticas e sísmicas	•	•	•			
6 – Aplicação de perfis na construção de maquinaria	•	•	•			
7 – Fabrico, montagem e instalação de construções de perfis (no prelo)	•	•	•	•		
8 – Juntas de perfis ocios circulares e retangulares sujeitos a esforços oscilantes (no prelo)	•					
<b>Publicações especiais</b>						
Manual para arquitetos: perfis na arquitetura	•	•		•		
12 pontos a favor dos perfis MSH formados a quente	•	•	•	•		
Revista do cliente “V & M REPORT”	•	•	•			



# Garantia de qualidade

A qualidade garante confiança e satisfação por parte do cliente e contribui para o sucesso econômico de uma empresa. A liderança da qualidade é, por isso, o objetivo mais elevado e o fator mais determinante da nossa política empresarial.

O sistema de garantia de qualidade da V & M TUBES é empregue em todas as instalações de produção e engloba todas as fases de fabrico, desde a produção do aço, passando pela laminação a quente, até ao produto acabado, pronto a entregar. As instalações de qualidade

de cada fábrica trabalham independentemente das empresas de produção. O pessoal qualificado e com formação específica, encarregue dos testes, rege-se pelas instruções de procedimento fixadas pelo manual de garantia de qualidade V & M.

A V & M TUBES é distinguida com homologações de companhias de aceitação e de classificação alemãs e internacionais significativas, bem como de clientes e organizações terceiras encarregues por estes. Todas as fábricas funcionam com a certificação ISO 9001.



## VALLOUREC & MANNESMANN TUBES

V & M DEUTSCHLAND GmbH  
Structurals Division  
Theodorstraße 90  
40472 Düsseldorf · Germany  
Phone +49 (2 11) 9 60-35 80  
Fax +49 (2 11) 9 60-23 73  
e-mail: [info.service@vmtubes.de](mailto:info.service@vmtubes.de)  
[www.vmtubes.com](http://www.vmtubes.com)

Assistència tècnica  
Phone +49 (2 11) 9 60-35 65  
Fax +49 (2 11) 9 60-23 93  
e-mail: [msh.technik@vmtubes.de](mailto:msh.technik@vmtubes.de)

V & M do BRASIL S.A.  
Structurals Division  
Av. Olinto Meireles, 65  
Usina Barreiro  
30640-010 Belo Horizonte - MG  
Phone +55 31 33 28 23 90  
Fax +55 31 33 28 29 15  
e-mail: [afonso@vmtubes.com.br](mailto:afonso@vmtubes.com.br)  
[www.vmtubes.com.br](http://www.vmtubes.com.br)



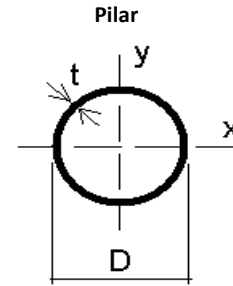
## Anexo 13 – Dimensionamento dos Pilares: Compressão - Cortante – Flexão

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS COMPRIMIDAS**

**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

D	diâmetro externo	559,00	mm
t	espessura da parede	16,00	mm
A	área bruta	138,41	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	100.631,99	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência		cm <sup>3</sup>
r	raio de giração		cm
Z	módulo plástico		cm <sup>3</sup>
J	constante de torção		cm <sup>4</sup>
m	massa		kg/m
Cw	constante de empenamento	-	
L	Comprimento da barra	3,00 m =	300,00 cm



**Aço Estrutural**

	fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
VMB 300	fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>
	E	20.000,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008
	G	7.700,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008

**Força de compressão solicitante de cálculo**

$N_{c,Sd} = 270,710$  kN

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

**Valor da Força Axial de Flambagem Elástica para seções duplamente simétricas**

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad N_{ex} = N_{ey} = N_e$$

onde K = 2,1 → sendo assim  $N_e = 49.997,03$  kN

**Fator de redução total da flambagem local**

$$\frac{D}{t} \leq 0,11 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = 1,00 \quad \begin{matrix} D/t = & 34,94 \\ 0,11 \cdot E/f_y = & 73,33 \end{matrix}$$

$$0,11 \frac{E}{f_y} < \frac{D}{t} \leq 0,45 \frac{E}{f_y} \rightarrow Q = \frac{0,0379 E}{D/t f_y} + \frac{2}{3} \quad Q = 1,00$$

**Índice de esbeltez reduzido**

$$\lambda_o = \sqrt{\frac{QA_g f_y}{N_e}} = 0,29$$

**Fator de redução associado à resistência de compressão**

Para  $\lambda_o \leq 1,5$ :  $\chi = 0,658 \lambda_o^2$       0,29 < ou = 1,5 então

Para  $\lambda_o > 1,5$ :  $\chi = \frac{0,877}{\lambda_o^2}$        $\chi = 0,97$

**Força axial de compressão resistente de cálculo**

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 3.645,89 \text{ kN} \quad \text{OK!!! } N_{c,Rd} \geq N_{c,Sd}$$

**VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ESBELTEZ**

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{EA_g}{N_e}} \quad \lambda = 23,36 < 200 \quad \text{OK}$$

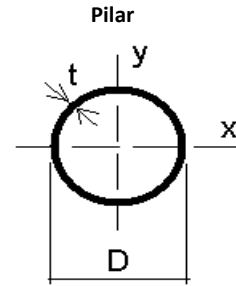


**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS AO ESFORÇO CORTANTE**

**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

D	diâmetro externo	559,00	mm
t	espessura da parede	16,00	mm
A	área bruta	138,41	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	100.631,99	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência		cm <sup>3</sup>
r	raio de giração		cm
Z	módulo plástico		cm <sup>3</sup>
J	constante de torção		cm <sup>4</sup>
m	massa		kg/m
Cw	constante de empenamento	-	
L	Comprimento da barra	3,00 m =	300,00 cm



**Aço Estrutural**

	fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
VMB 300	fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>
	E	20.000,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008
	G	7.700,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008

**Esforço Cortante solicitante de cálculo**

Vsd = 275,905 kN

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

**Cálculo de τcr**

Lv = é a distância entre as seções de forças cortantes máxima e nula = 150,00 cm

td = é a espessura de cálculo da parede da seção transversal = é igual à espessura nominal para tubos sem costura

será o maior valor entre:

$$\tau_{cr} = \frac{1,60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t_d}\right)^{5/4}}} = 229,98 \text{ kN/cm}^2 \leq 0,60f_y = 18,00 \text{ kN/cm}^2$$

$\tau_{cr} = 18,00 \text{ kN/cm}^2$

$$\tau_{cr} = \frac{0,78E}{\left(\frac{D}{t_d}\right)^{3/2}} = 75,54 \text{ kN/cm}^2 \leq 0,60f_y = 18,00 \text{ kN/cm}^2$$

$\tau_{cr} = 18,00 \text{ kN/cm}^2$

$\tau_{cr} = 18,00 \text{ kN/cm}^2$

**Cálculo da força cortante resistente nominal (VRk)**

$V_{Rk} = 0,5\tau_{cr}A_g = 1.245,70 \text{ kN}$

**Cálculo da força cortante resistente de cálculo (VRd)**

$V_{Rd} = \frac{V_{Rk}}{\gamma_{a1}} = 1.132,46 \text{ kN}$

**Verificação**

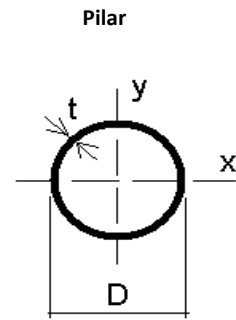
$V_{Sd} \leq V_{Rd} \text{ ---}>>> \text{ OK!}$

**DIMENSIONAMENTO DE BARRAS FLETIDAS**

**DADOS**

**Seção Tubular Circular**

D	diâmetro externo	559,00	mm
t	espessura da parede	16,00	mm
A	área bruta	138,41	cm <sup>2</sup>
I	momento de inercia	100.631,99	cm <sup>4</sup>
W	módulo de resistência		cm <sup>3</sup>
r	raio de giração		cm
Z	módulo plástico		cm <sup>3</sup>
J	constante de torção		cm <sup>4</sup>
m	massa		kg/m
Cw	constante de empenamento	-	
L	Comprimento da barra	3,00 m =	300,00 cm



**Aço Estrutural**

	fy	30,00	kN/cm <sup>2</sup>
VMB 300	fu	41,50	kN/cm <sup>2</sup>
	E	20.000,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008
	G	7.700,00	kN/cm <sup>2</sup> NBR-8800:2008

**Momento Fletor Solicitante de cálculo**

Msd = Vsd x L = 275,905 x L = 827,715 kN.m

**VERIFICAÇÃO DOS ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS**

**Flambagem Local da parede do tubo**

$$\lambda = D/t = 34,94$$

$$\lambda_p = 0,07E/f_y = 46,67$$

$$\lambda_r = 0,31E/f_y = 206,67$$

$$Z = 0,32\pi D^2 t = 5.023.694,54 \text{ mm}^3 = 5.023,69 \text{ cm}^3$$

$$\lambda \leq \lambda_p: M_{Rk} = M_{pl} = M_{pl} = Z f_y = 150.710,84 \text{ kN.cm} = 1.507,11 \text{ kN.m}$$

$$M_{Rk} = 1.507,11 \text{ kN.m}$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{Rk}}{\gamma_{a1}} = 1.370,10 \text{ kN.m}$$

OK!!! MRd >= MSd