

INSTITUTO IDD

PÓS-GRADUAÇÃO
ESTRUTURAS METÁLICAS

MEMORIAL DE CÁLCULO
EDIFÍCIO INDUSTRIAL EM AÇO

ALUNOS: JULIANA VALENTE PRESTES
MOACIR CHIAMULERA
VÍTOR VERÍSSIMO SILVEIRA

10/07/2017	0	EMISSÃO INICIAL	J.M.V	J.M.V	J.M.V
Data	Revisão	Descrição	Elaboração	Verificação	Aprovação

 GRUPO Idd CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 2 of 42	

ÍNDICE

<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO E OBJETIVOS</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>NORMAS UTILIZADAS</u>	<u>8</u>
<u>3</u>	<u>MATERIAIS UTILIZADOS</u>	<u>9</u>
<u>4</u>	<u>DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA</u>	<u>10</u>
<u>5</u>	<u>CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES DE AÇÕES</u>	<u>10</u>
<u>6</u>	<u>ANÁLISE ESTRUTURAL</u>	<u>16</u>
<u>7</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>38</u>
<u>8</u>	<u>ANEXOS</u>	<u>40</u>

 GRUPO Idd CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 3 of 42	

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Memorial descritivo e de cálculo referente ao edifício industrial, situado na cidade de Guarujá / SP.

A edificação será composta por um galpão “Welding Laboratory & Training Centre” da Saipem. O galpão possuirá uma ponte rolante, para o auxílio na movimentação dos materiais no interior do galpão. Na lateral direita possui um anexo com piso na elevação +3.00 m com vigas mistas formando o sistema de laje tipo Steel Deck.

Especificações Gerais:

- Cobertura em telha de aço galvanizado trapezoidal com altura de 40 mm, espessura 0,80 mm e largura útil de 980 mm;
- Tapamento lateral em telha de aço galvanizado trapezoidal com altura de 33 mm, espessura 0,80 mm e largura útil de 1030 mm;
- Cobertura em duas águas com abertura para ventilação (lanternim);
- Lanternim IVI Ala 600
- Venezianas no tapamento lateral com altura de 1 m de altura;
- Anexo com 19,20 m de largura e 6,40 m de comprimento formado por laje tipo steel deck com altura de 150 mm;

Dimensões Gerais:

- Comprimento total: 36,00 metros;
- Largura: 19,20 metros;
- Altura: 12,08 metros;
- Espaçamento entre as colunas do pórtico principal: 9,00 metros;
- Inclinação da cobertura: 10°;
- Pé – direito do mezanino: 3,00 metros;
- Capacidade da Ponte Rolante: 5 ton;
- Vão da ponte rolante (centro a centro de trilhos): 18,00 metros;

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 10/07/17
			Página 4 of 42	

Segue abaixo os esquemas arquitetônicos:

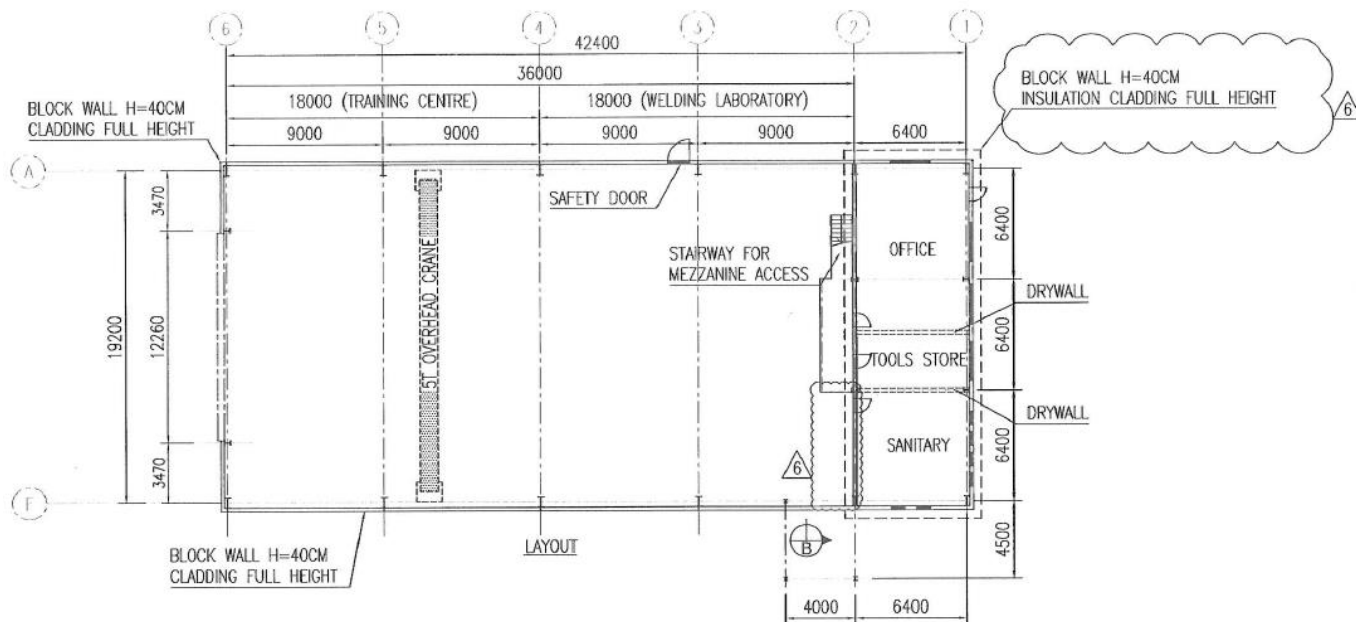


Figura 1 – Layout do Galpão

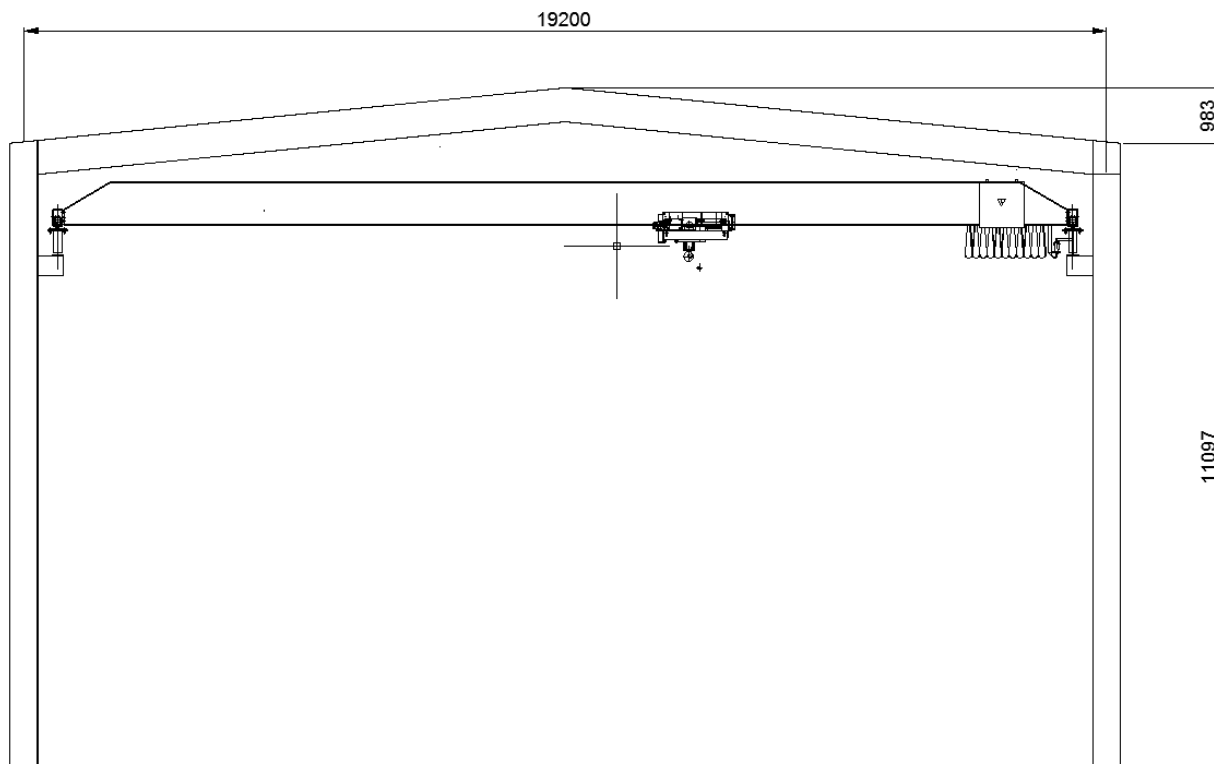


Figura 2 – Seção Típica

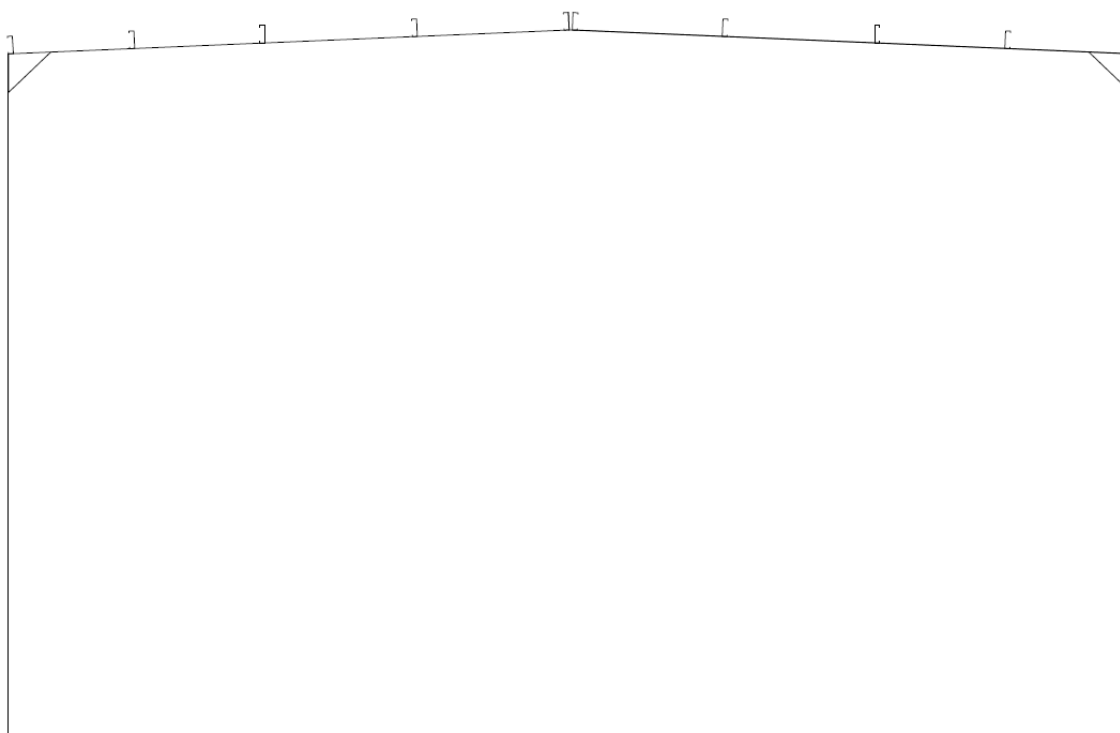


Figura 3 – Planta Locação das Terças

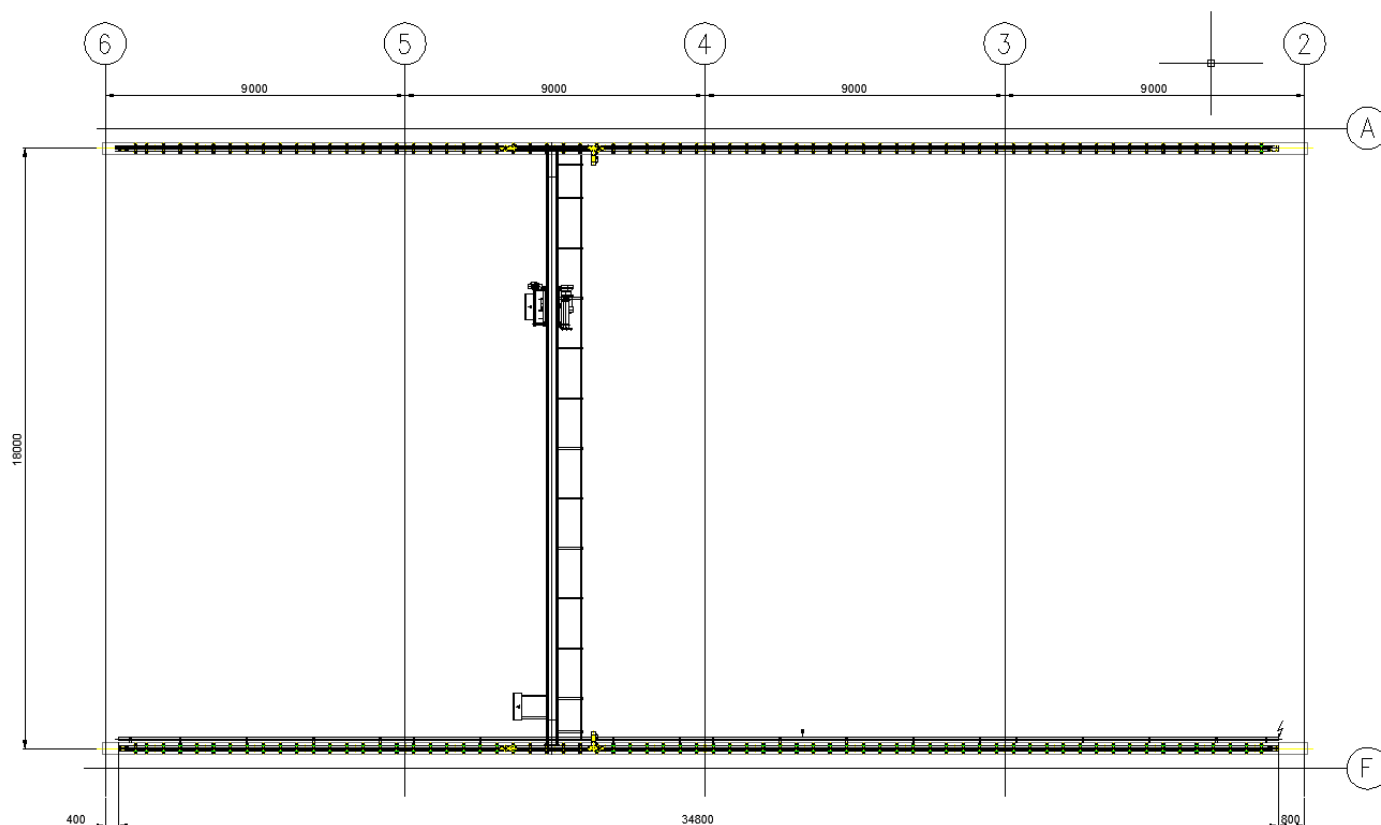


Figura 4 – Ponte Rolante

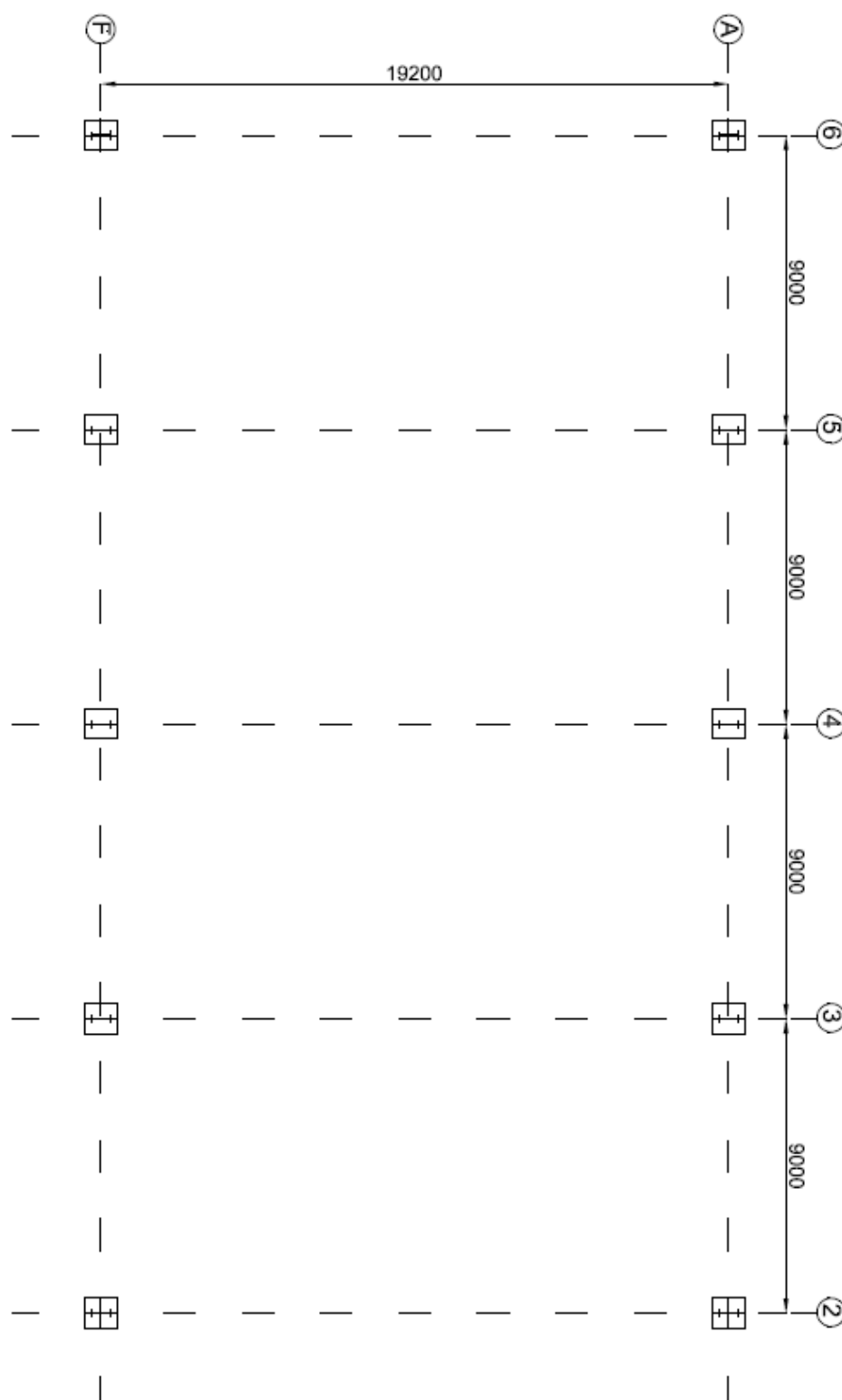


Figura 5 – Plano de Bases

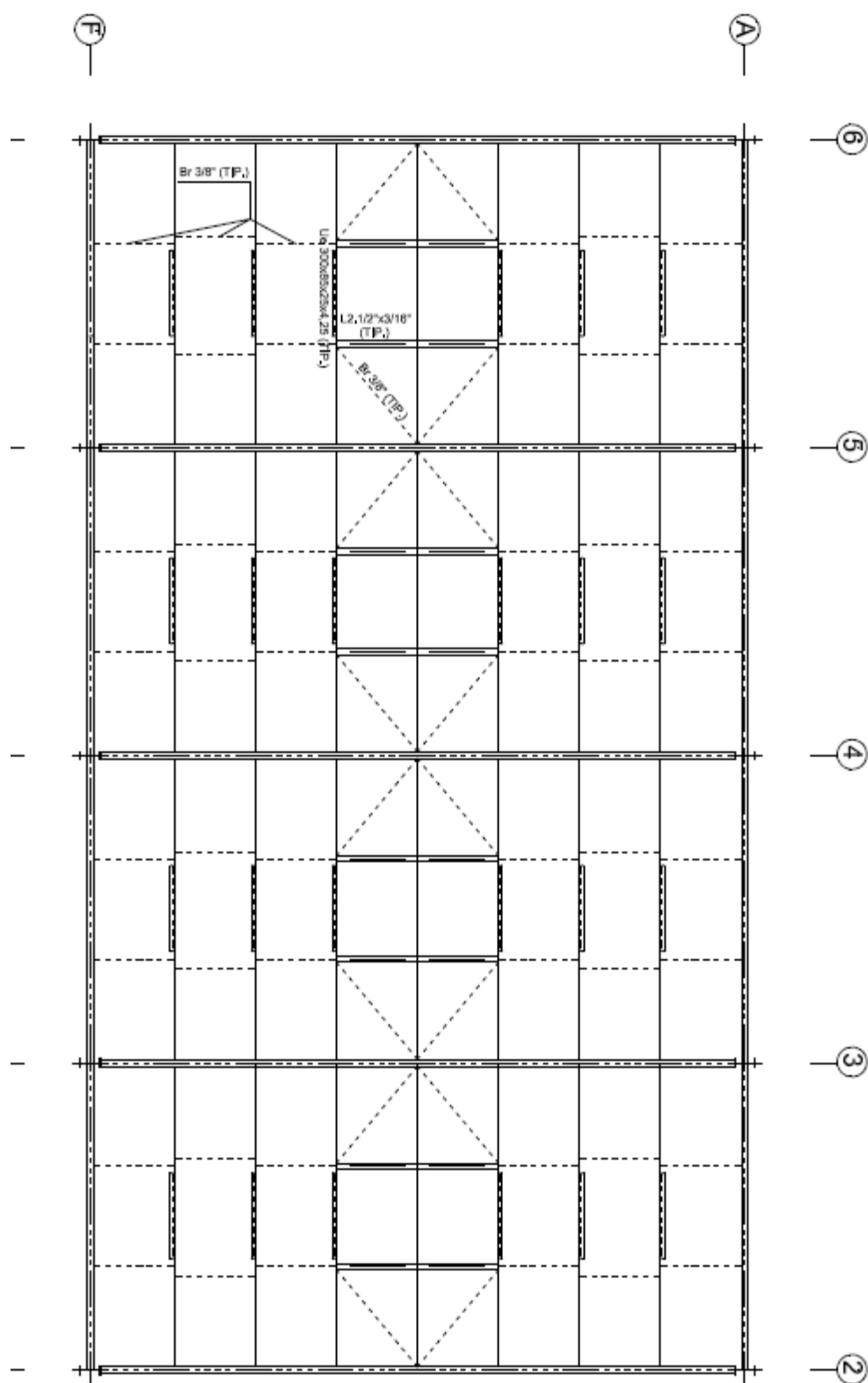


Figura 6 – Planta das Terças

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00 Data: 10/07/17	
			Página 8 of 42	

2 NORMAS UTILIZADAS

O dimensionamento da estrutura metálica e o cálculo das ligações serão executados de acordo com as últimas versões das seguintes normas e recomendações:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)
 - NBR 6120:1980 – Cargas Para o Cálculo de Estruturas de Edificações;
 - NBR 6123:1988 – Forças Devidas ao Vento em Edificações;
 - NBR 8800:2008 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;
 - NBR 14762:2010 – Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio.
 - NBR 6355: Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio – Padronização – Associação Brasileira de Normas Técnicas - 2003
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS (ASTM)
 - ASTM A6:2005 – Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC)
 - AISC 303:2010 – Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges;
 - Edifícios Industriais sem aço – Projeto e Cálculo, Eng. Ildony H.Bellei, Editora Pini
 - Manual CBCA - Galpões para Usos Gerais - 3ª Edição
 - Notas de aula Professor Martinho Giacomitti Junior

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 9 of 42	

Para obter informações dimensionais dos acessórios foram consultados os seguintes catálogos:

- Guia de Especificação da Telha – Fabricante Perflor
- Catálogo Lanternim – Fabricante IVI
- Catálogo de Venezianas - Comovent

3 MATERIAIS UTILIZADOS

Será utilizada matéria-prima de qualidade e com procedência de produtores tradicionais. Está sendo considerada a utilização dos seguintes materiais:

- Perfis laminados W e HP.....ASTM A572 Grau 50
- Cantoneiras laminadas para contraventamento e mão francesa.....ASTM A36
- Chapas em geral ASTM A36
- Perfis formados a frio..... ASTM A36
- Perfis soldados..... ASTM A36
- Telha trapezoidal galvanizada Z275
- Barras redondas..... ASTM A36
- Parafusos para ligações principais.....ASTM A325
- Parafusos para ligações secundárias.....ASTM A307
- Eletrodos.....AWS E70XX

Características de resistência mecânica dos aços estruturais relacionados acima:

- ASTM A572 Gr.50: $f_y = 345 \text{ MPa}$ $f_u = 450 \text{ MPa}$
- ASTM A36: $f_y = 250 \text{ MPa}$ $f_u = 400 \text{ MPa}$
- ASTM A325: $f_u = 825 \text{ MPa}$ (para $\varnothing_p \leq 1''$)
- ASTM A307: $f_u = 415 \text{ MPa}$
- AWS E70XX: $f_w = 485 \text{ MPa}$

Propriedades mecânicas constantes dos aços estruturais:

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 10 of 42	

- Massa Específica: 7850 kg/m³
- Módulo de Elasticidade Longitudinal: 200.000 Mpa / 20.000 kN/cm²
- Módulo de Elasticidade Transversal: 77.000 Mpa / 7.700 kN/cm²

4 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

O galpão será construído em estrutura metálica, utilizando um sistema transversal de pórticos bi-engastados. Estes pórticos são travados longitudinalmente com contraventamentos para garantir a estabilidade da estrutura.

As colunas e vigas de cobertura do pórtico são do tipo alma cheia em perfis laminados tipo W da linha americana WF, produzidos pela Gerdau / Açominas. Nas extremidades das vigas de cobertura serão utilizadas mísulas. Sobre as vigas de cobertura são apoiadas terças no sentido longitudinal do galpão para apoiar as telhas de cobertura.

A ponte rolante têm capacidade de 5 tf e vão de 9 m, para auxiliar na movimentação das peças no interior do galpão.

Foi utilizado como referência os seguintes projetos:

- 176037-A01-ENG-A-XL-0029
- 176037-STM-ENG-M-XL-0001 – 1 DE 3
- 176037-STM-ENG-M-XL-0001 – 2 DE 3
- 176037-STM-ENG-M-XL-0001 – DE 3

5 CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES DE AÇÕES

- AÇÕES CONSIDERADAS:
- Carga Permanente:

Além do peso próprio da estrutura, foram consideradas as seguintes ações:

Telhas, terças e tirantes para cobertura 0,12 kN/m²

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 11 of 42	

Laje de concreto para o mezanino 2,95 kN/m²

Telhas, longarinas e tirantes para fechamento lateral.....0,15 kN/m²

Lanternim ALA 600.....0,35 kN/m

Venezianas.....0,06 kN/m²

• Sobrecargas de Utilização:

Uniformemente distribuída sobre a cobertura 1,00 kN/m²

Mezanino 10,0 kN/m²

LEVANTAMENTO DE CARGAS			
CARGAS PERMANENTES			
DESCRIÇÃO	PESO	UNIDADE	OBSERVAÇÃO
PESO PRÓPRIO +10%			
TELHA DE COBERTURA	12	Kg/m ²	LR40 0,8mm 7Kg/m Acessórios 5Kg/m ²
TELHA DE FECHAMENTO	15	Kg/m ²	LR33 0,8mm 6Kg/m Acessórios 9Kg/m ²
LANTERNIM	35	Kg/ml	IVI 600 (ALA) 35Kg/m
LAJE MEZANINO 150mm	295	Kg/m ²	SD 595 PERFILOR 0,8mm H=150mm
ESCADA	150	Kg/m ²	
REVESTIMENTO PISO	150	Kg/m ²	REVESTIMENTO + REGULARIZAÇÃO
PAREDE ALVENARIA	1400	Kg/m ³	
VIGA DE ROLAMENTO	124	Kg/ml	
VENEZIANA	6	Kg/m ²	IVI VA100
CORRIMÃO ESCADA	30	Kg/ml	

SOBRECARGA OU CARGA ACIDENTAL OU LIVELOAD			
DESCRIÇÃO	PESO	UNIDADE	OBSERVAÇÃO
COBERTURA	100	Kg/m ²	
MEZANINO	1000	Kg/m ²	
ESCADA	300	Kg/m ²	

• Carga de Vento:

Conforme descrito no item 4.7.3 da NBR 8800:2008, a análise do vento nas edificações é obrigatória, sendo seu carregamento considerado como acidental, calculado conforme NBR 6123:1988.

- Velocidade característica do vento (V_k)

A análise básica característica do vento foi adotada conforme gráfico das isopletras de acordo com a localização da edificação, conforme figura abaixo:

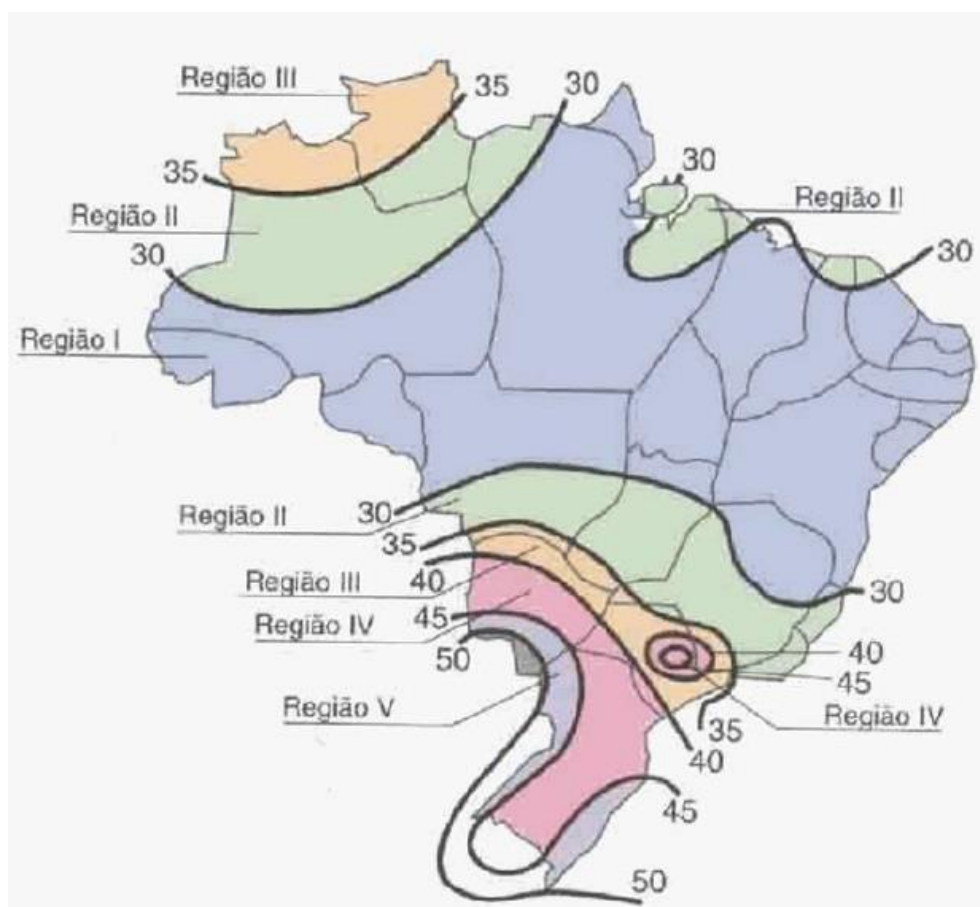


Figura 7 - Isopletras

Desta maneira, como o edifício está localizado na cidade de Guarujá, estado de São Paulo $V_o = 38 \text{ m/s}$, foi adotada.

Para determinação da velocidade característica V_k , devem ser levados em consideração, conforme prescrição da NBR 6123, os fatores S_1 (Fator topográfico), S_2 (Rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno) e S_3 (Fator estatístico).

Uma vez coletados estes dados da velocidade característica será adotado como:

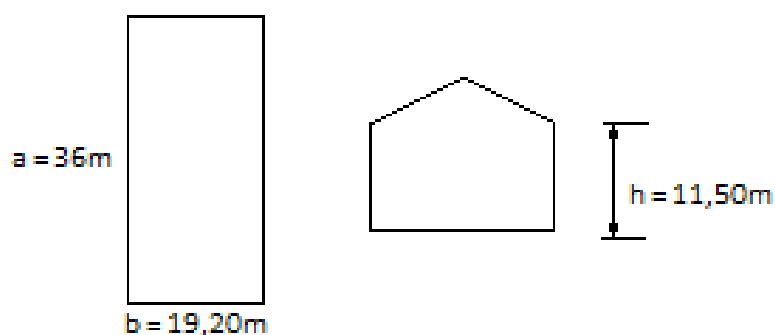
$$V_k = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_o$$

Segue abaixo o cálculo do vento:

CARACTERÍSTICAS DO VENTO (NBR 6123)		
Velocidade Básica do Vento	Vo (m/s)	38,00
Fator Topográfico	S1	1,00
Fator de Rugosidade	S2 (Classe B / Cat. III)	
	Z = 5	0,86
	Z = 10	0,92
	Z = 11,504	0,93
Fator Estatístico	S3	0,95

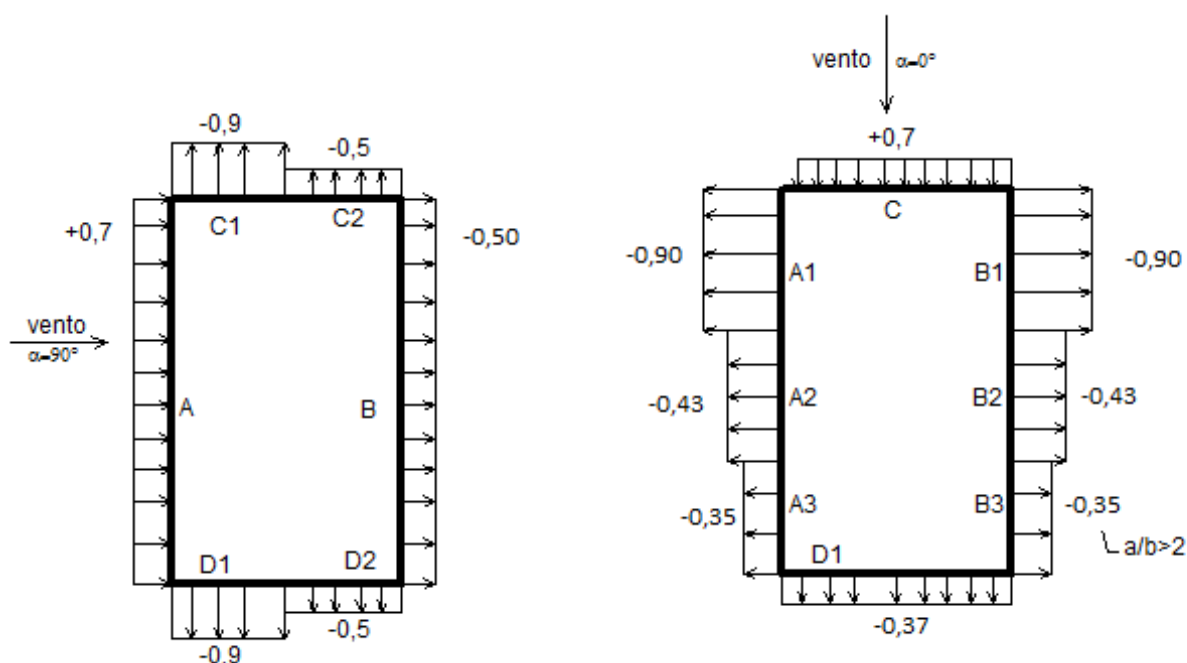
	Veloc. Característica	Pressão Dinâmica do Vento (q)	
Altura do Edifício	$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$	$q = 0,613(V_k)^2$	
	m/s	(N/m ²)	(Kgf/m ²)
Z = 5	31,05	590,84	60,27
Z = 10	33,21	676,16	68,97
Z = 11,504	33,57	690,94	70,48

DIMENSÕES DO EDIFÍCIO	
a	36,00
b	19,20
h	11,50
h/b	0,60
a/b	1,88

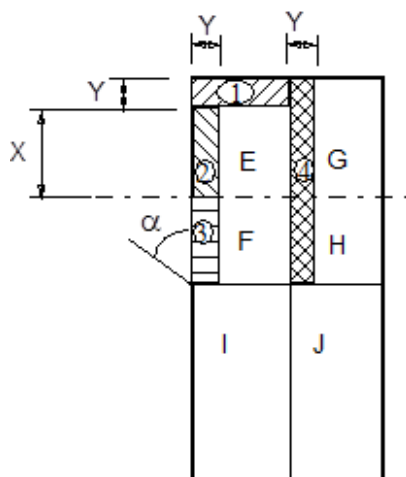


	Área de abertura (m ²)
Fechamento Mezanino	25,98
Fechamento Lateral	38,52
Portão	108,00
Lanternim	21,60
Proporção abertura dominante	1,25
Proporção abertura não dominante	0,80

- Coeficientes para paredes laterais:



- Coeficientes de pressão e de forma, externos para o telhado:



				Ce - Ci		
				Cpi - Vento barlavento	Cpi - Vento sotavento	Cpi - Vento a 90º
				0,20	-0,37	-0,90
Coeficiente de Pressão Externo para Paredes	Vento 0º	A1 e B1	-0,90	-1,10	-0,73	0,00
		A2 e B2	-0,43	-0,63	-0,27	0,47
		C	0,70	0,50	0,87	1,60
		D	-0,37	-0,57	-0,20	0,53
	Vento 90º	A3 e B3	-0,35	-0,55	-0,19	0,55
		A	0,70	0,50	0,87	1,60
		B	-0,57	-0,77	-0,40	0,33
		C1 e D1	-0,90	-1,10	-0,73	0,00
Coeficiente de Pressão Externo para Cobertura	Vento 0º	C2 e D2	-0,50	-0,70	-0,33	0,40
		EG	-0,84	-1,04	-0,67	0,06
		FH	-0,60	-0,80	-0,43	0,30
	Vento 90º	IJ	-0,25	-0,45	-0,08	0,65
		EF	-0,94	-1,14	-0,77	-0,04
		GH	-0,60	-0,80	-0,43	0,30

CARREGAMENTOS			
	Vento barlavento	Vento sotavento	Vento a 90º
COLUNA A - H=5,0m	-596,63	-397,03	867,83
COLUNA A - H=10,0m	-682,79	-454,36	993,15
COLUNA F - H=5,0m	-596,63	-397,03	181,16
COLUNA F - H=10,0m	-682,79	-454,36	207,32
COBERTURA A	-659,65	-426,24	-25,37
COBERTURA F	-659,65	-426,24	190,29

- Ponte Rolante:

Ponte Rolante Duobox (Tabela da Munck)

Características conforme tabela abaixo

PONTE ROLANTE 5t						
DESCRIÇÃO	PESO	UNIDADE	OBSERVAÇÃO			
PESO PRÓPRIO	4207	Kg	PONTE + TALHA	CRANE DEAD LOAD	Cd	
CARGA VERTICAL TOTAL	9207	Kg	TOTAL VERTICAL DA PONTE			
CARGA MÁX. POR RODA	3500	Kg	REAÇÃO MÁXIMA - IGUAL EM TODAS		Cvs	
CARGA MÍN. POR RODA	1103,5	Kg	REAÇÃO NA OUTRA EXTREM. POR RODA			
COEF. IMPACTO VERTICAL POR RODA	875	Kg	25% CARGA POR RODA	TAB. 3.2 AISE 13	Cl	
COEF. IMPACTO TRANSVERSAL POR LADO	1000	Kg	40% CARGA MÁX IÇAMENTO	TAB. 3.2 AISE 13	Css	
COEF. IMPACTO LONGITUDINAL	700	Kg	20% CARGA MÁX RODA MOTORA	TAB. 3.2 AISE 13	Cls	

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 10/07/17
			Página 16 of 42	

6 ANÁLISE ESTRUTURAL

- Cálculo dos esforços nas barras

Os deslocamentos nodais, reações de apoio e esforços de extremidade de barra serão calculados utilizando o programa de computador “SAP 2000”, pela norma AISC-ASD89.

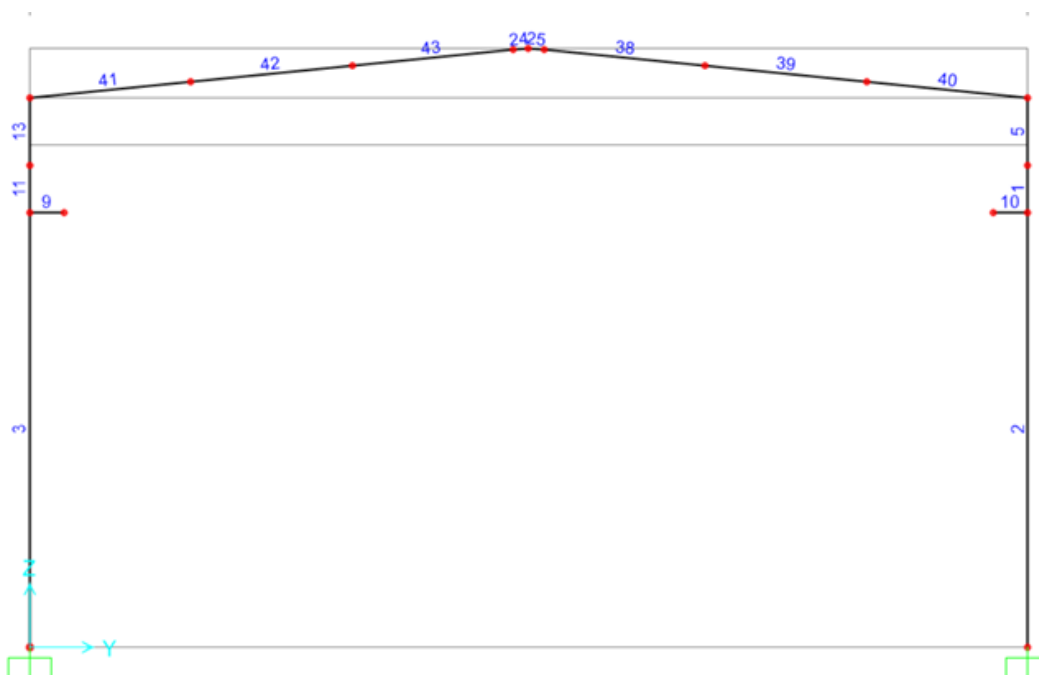
Os dados de entrada são:

- Número de nós, barras e carregamentos básicos;
- Coordenadas cartesianas dos nós;
- Restrições Nodais;
- Incidência de barras: Nós inicial e final, área, inércia e;
- Carregamentos básicos: Forças distribuídas nas barras e concentradas nos nós;
- Combinações de ações.

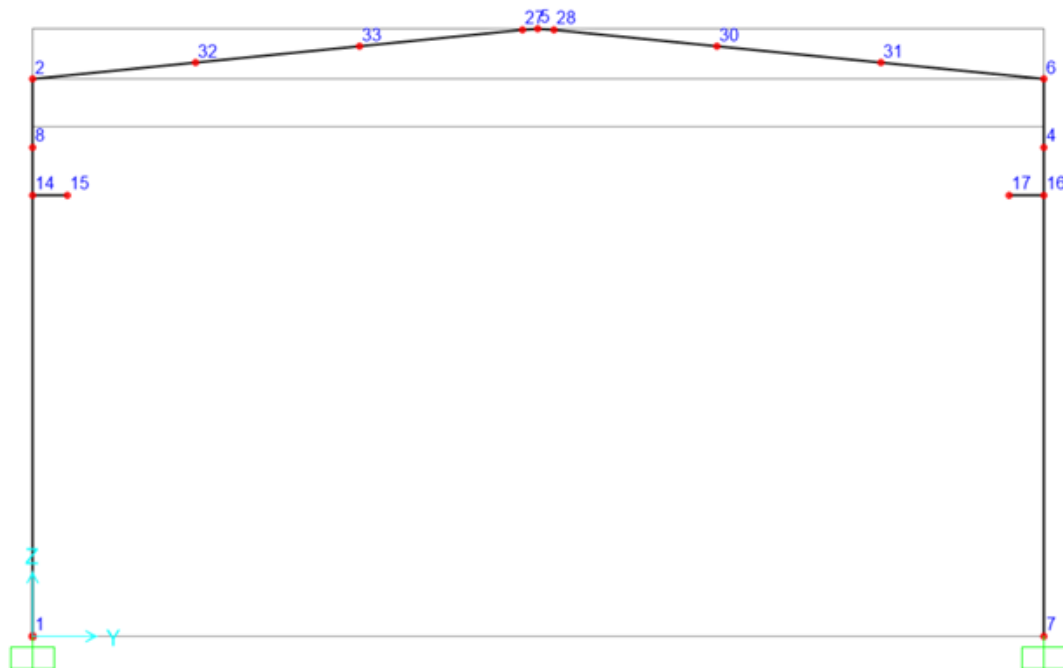
- Propriedades dos nós e das barras

Abaixo temos uma figura mostrando a numeração dos nós e barras:

- Barras



- NÓS



- Propriedades das barras:

Inicialmente foram adotadas as seguintes seções transversais para as barras:

VIGAS COBERTURA	
COMPRIMENTO	19,2 m
H/L 1/40	0,48 m
H/L 1/60	0,32 m
CONSIDERAR W410X38,8	
COLUNA	
COMPRIMENTO	10,54 m
H/L 1/15	0,70 m
H/L 1/18	0,59 m
CONSIDERAR W610X174,0	
VIGA DE ROLAMENTO	
COMPRIMENTO	9 m
L/10	0,90 m
L/14	0,64 m
CONSIDERAR VS900X124	

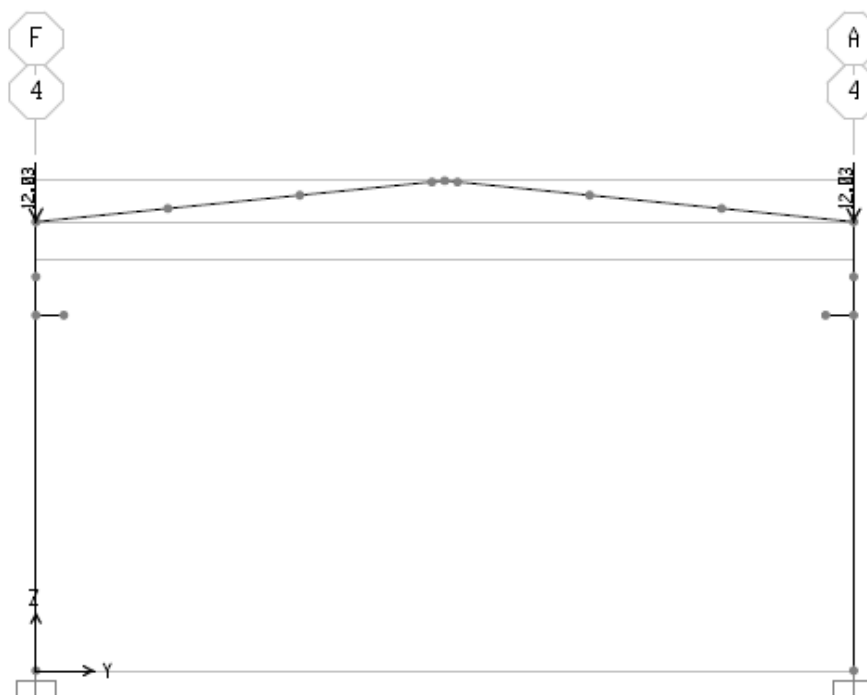
- Carregamentos Básicos

As figuras seguintes ilustram os carregamentos básicos:

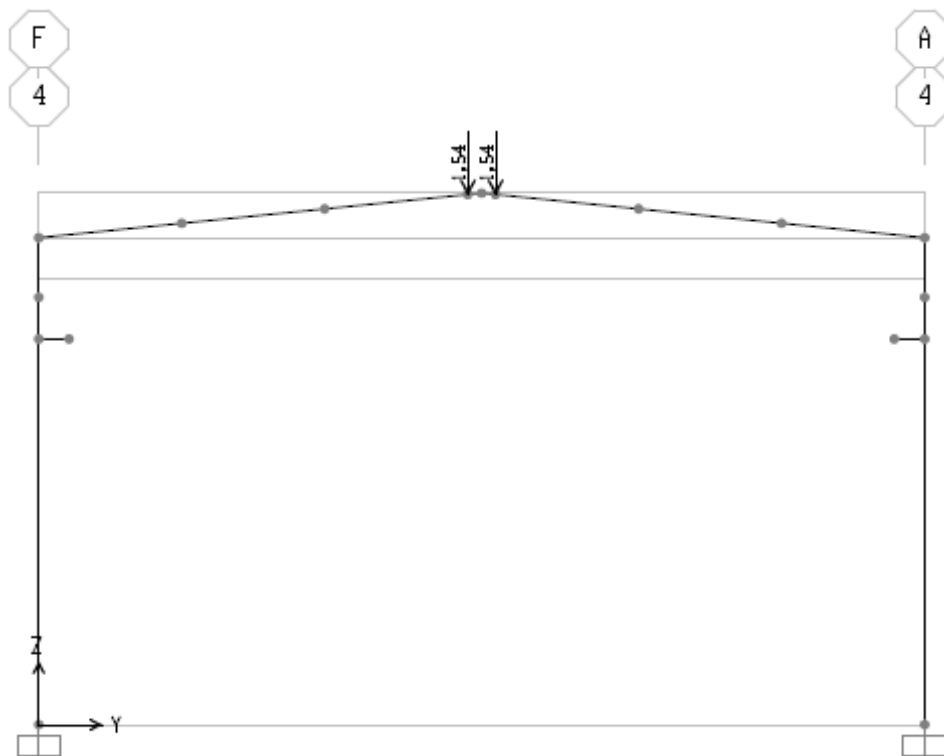
- Carregamento para Telha de Cobertura



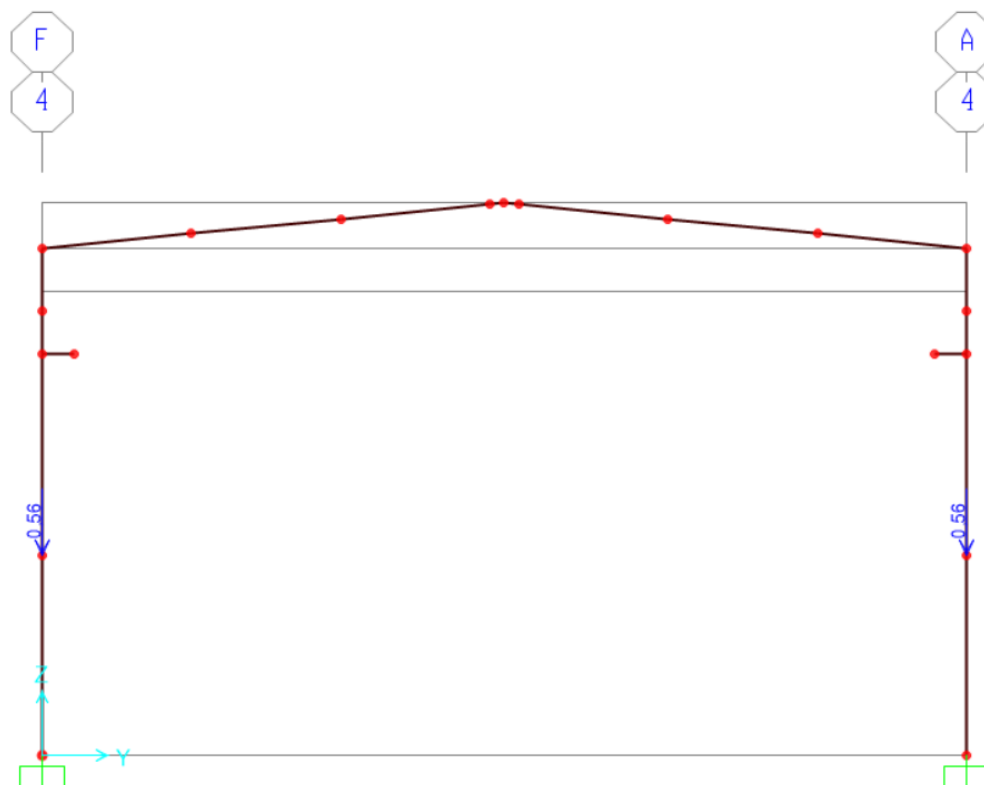
- Carregamento para Telha de Fechamento



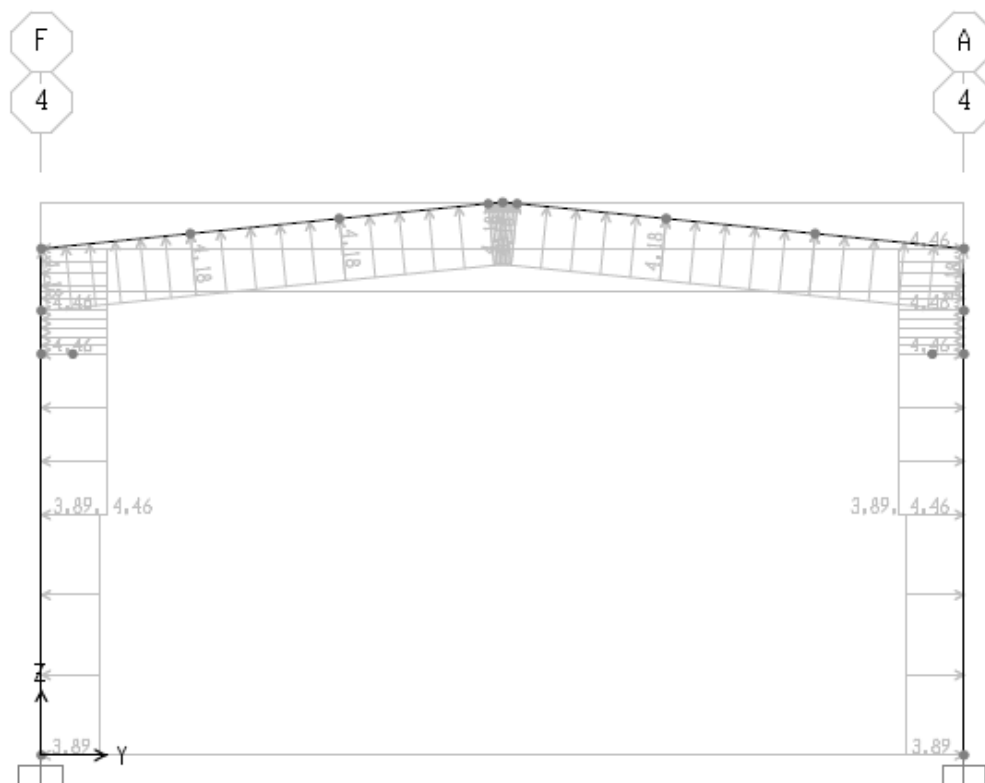
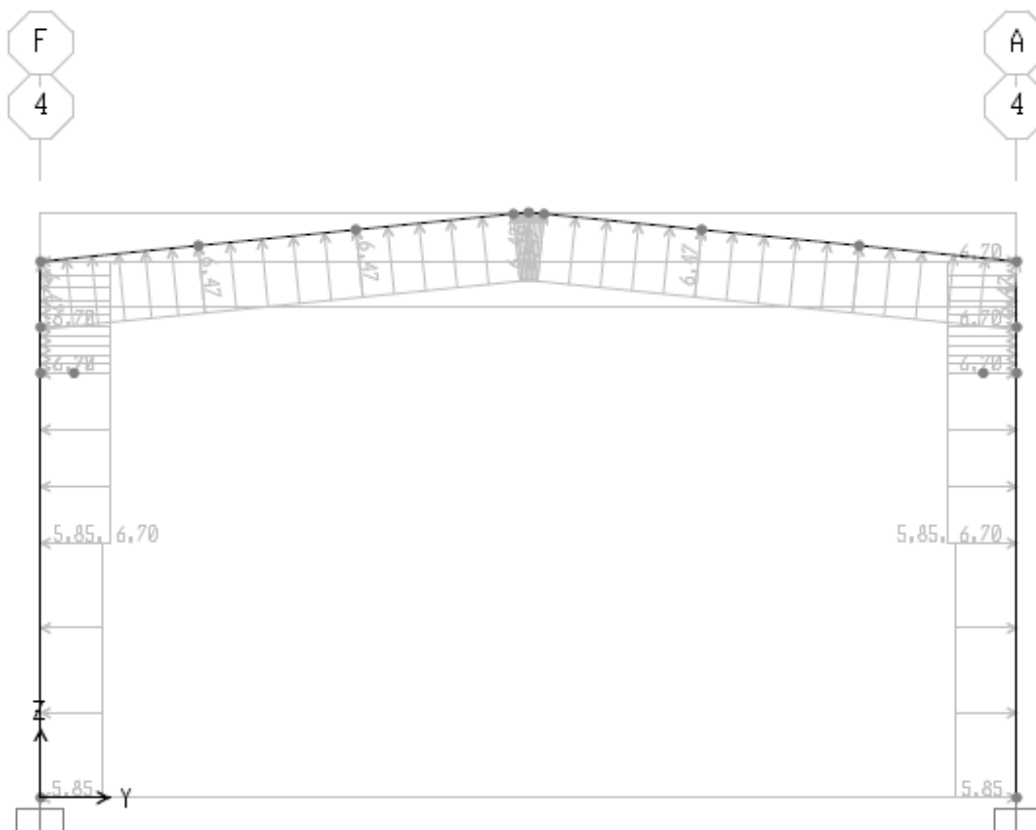
- Carregamento para Lanternim



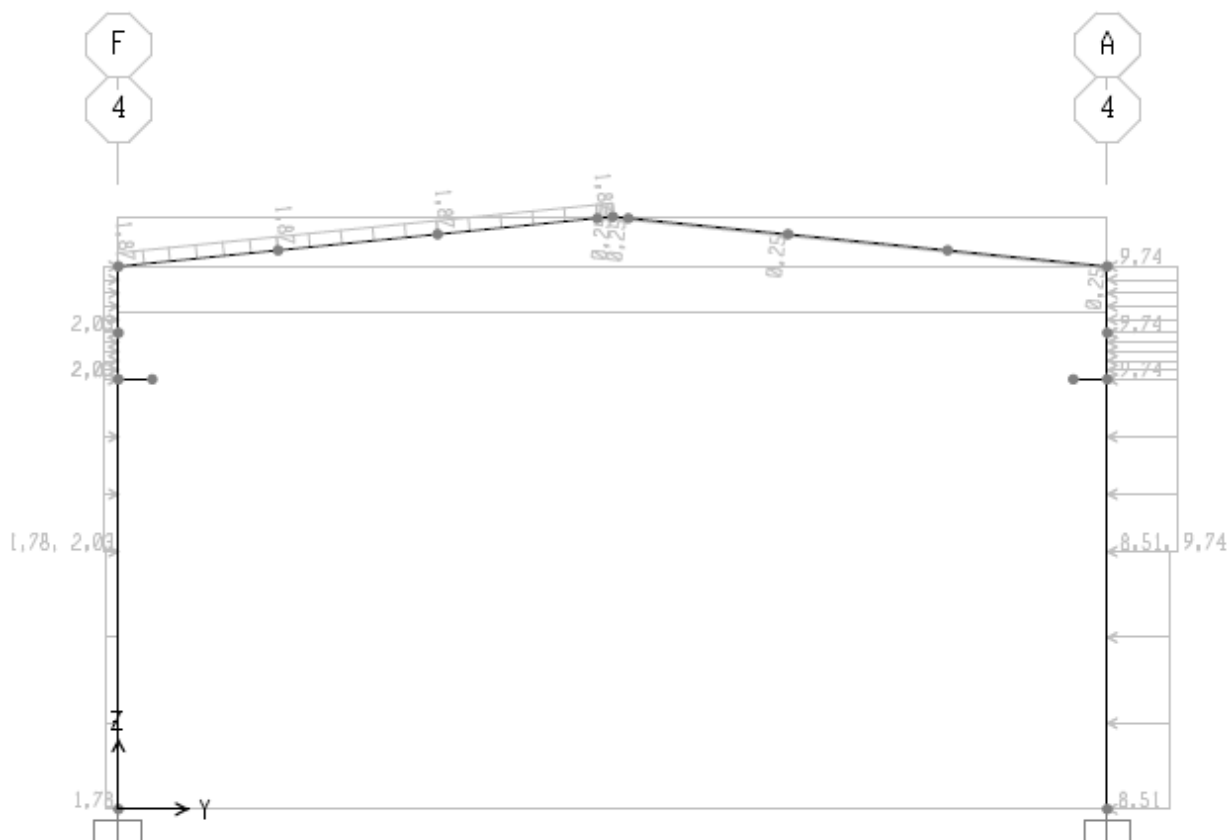
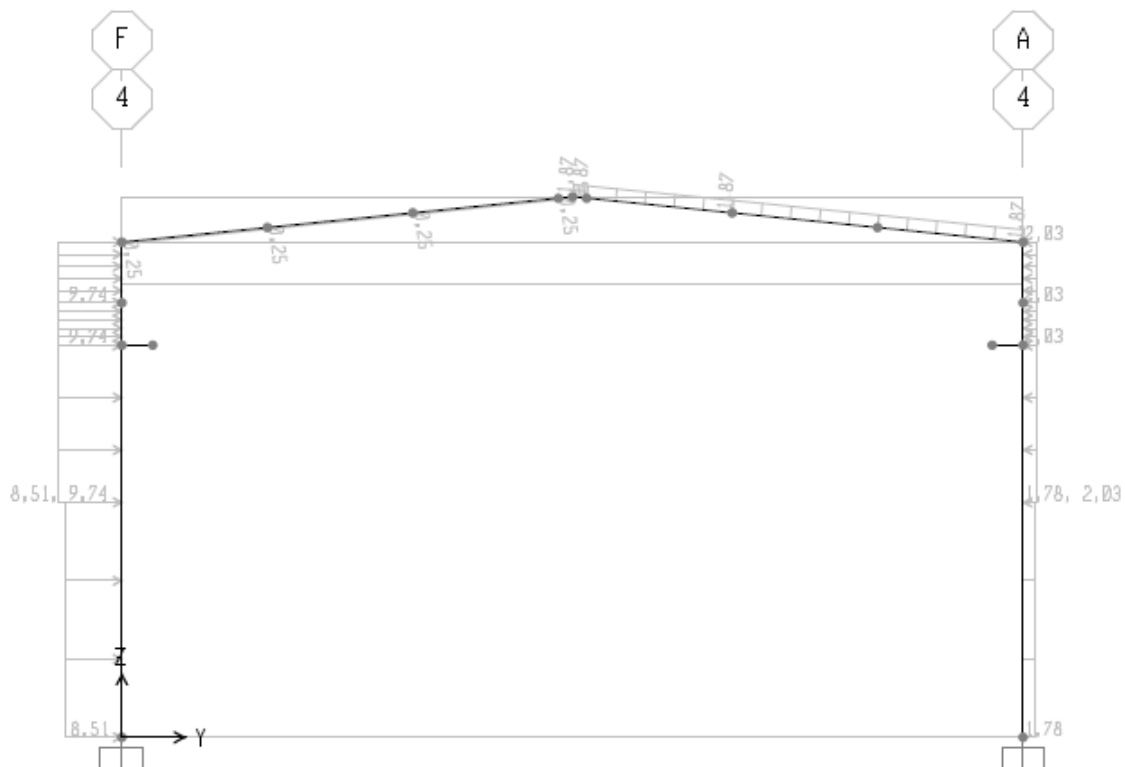
- Carregamento para Venezianas



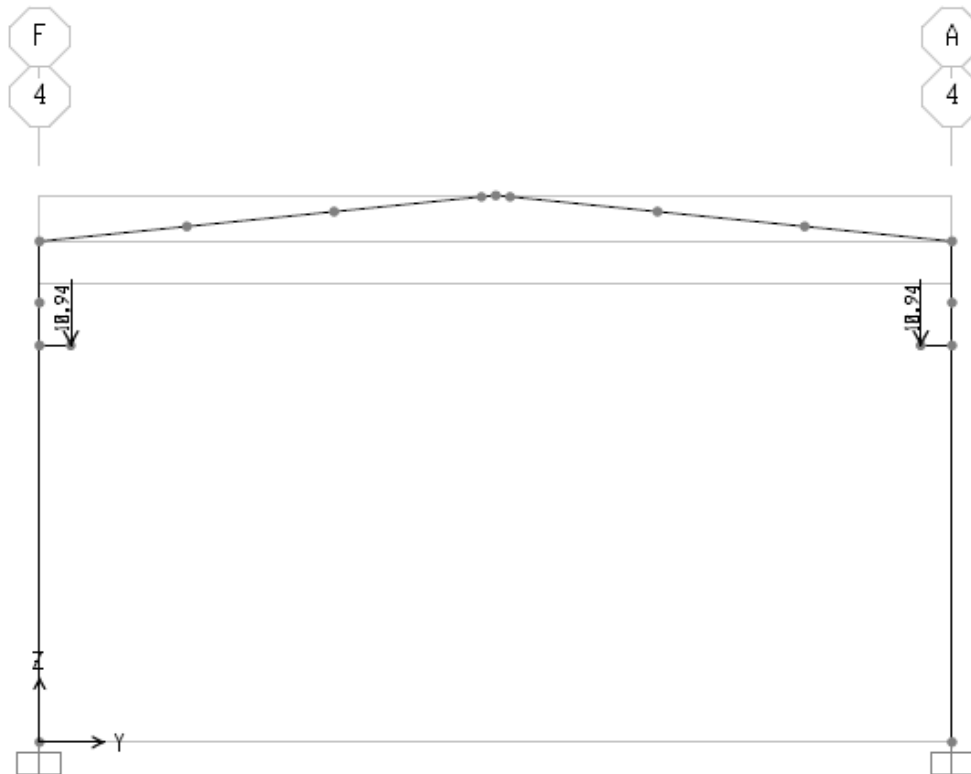
- Carregamento para Vento 0°



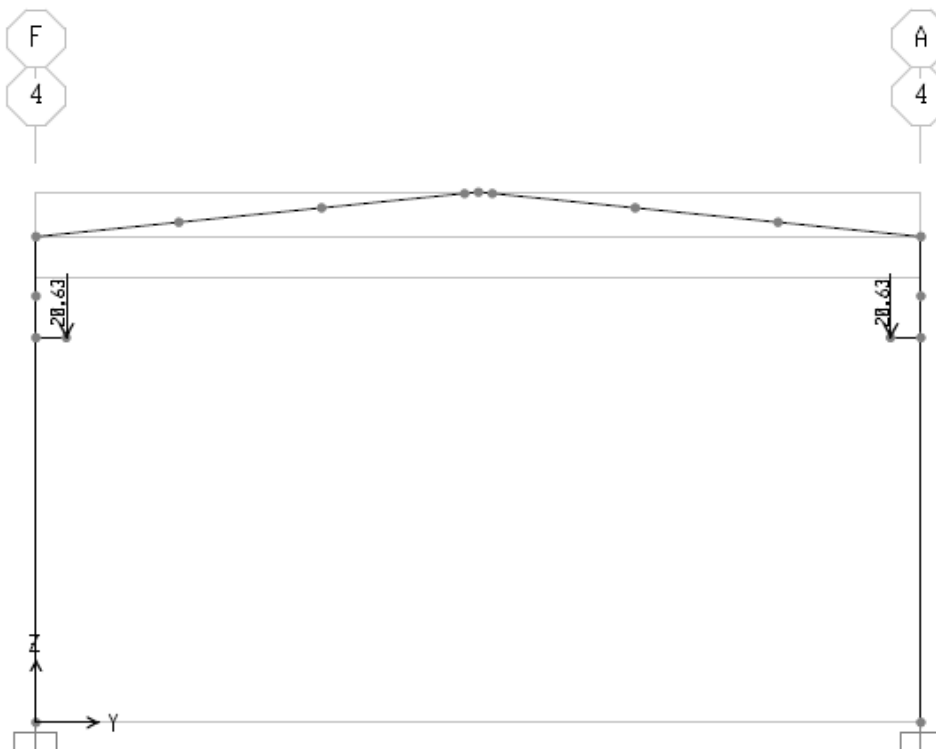
- Carregamento para Vento 90°



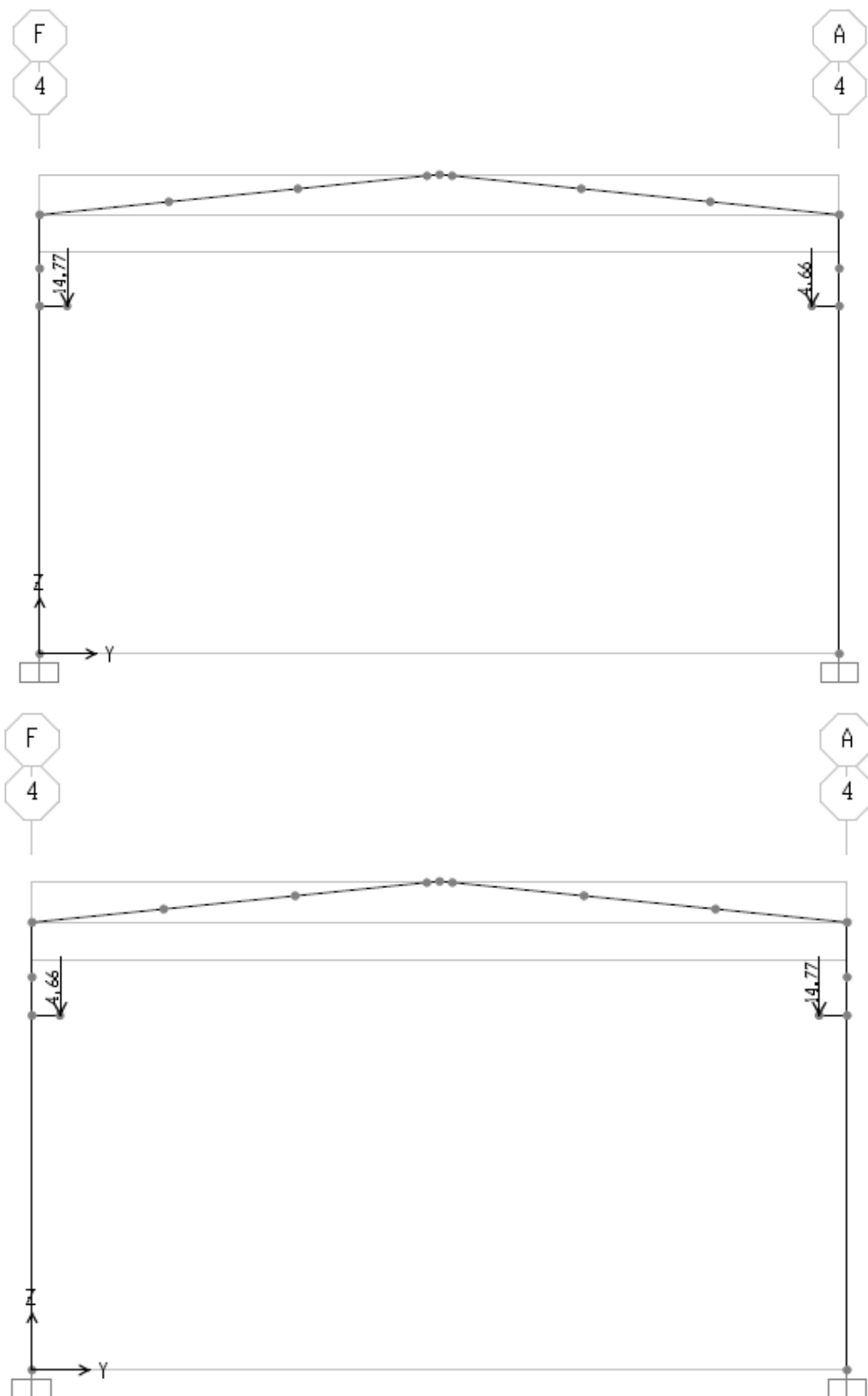
- Carregamento para Viga de Rolamento



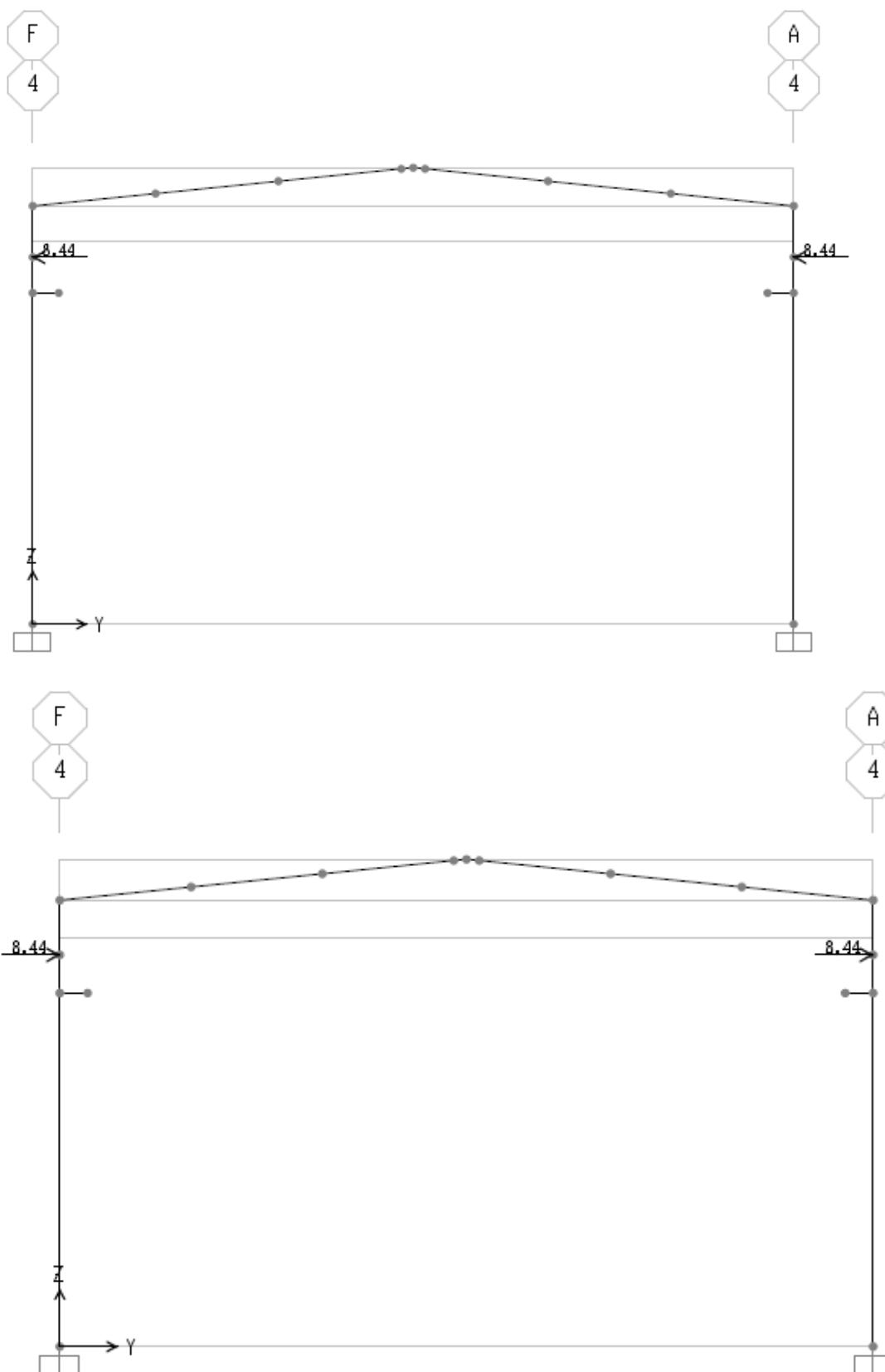
- Carregamento para Ponte Rolante (Cd)



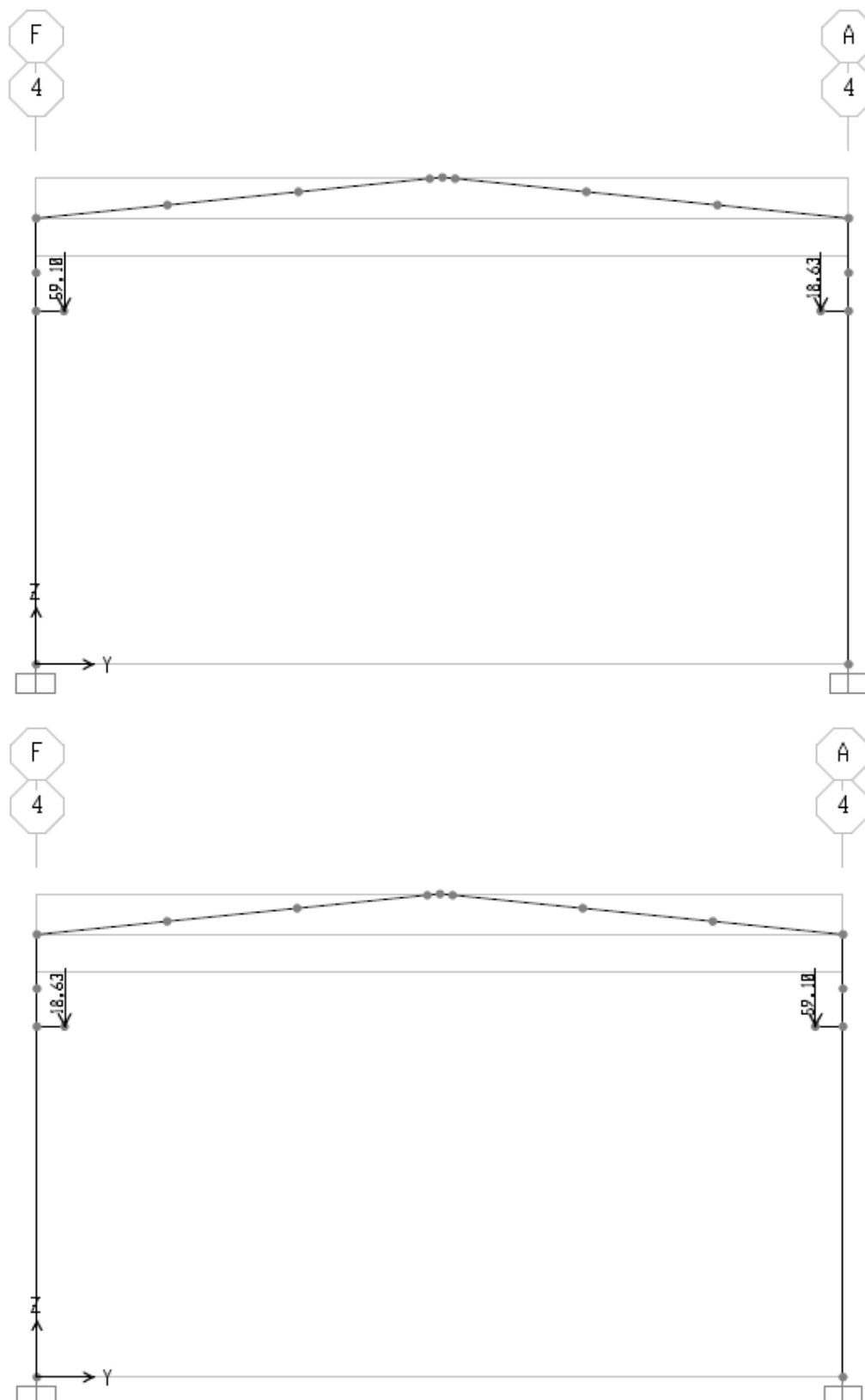
- Carregamento para Ponte Rolante (Ci-1 e Ci-2)



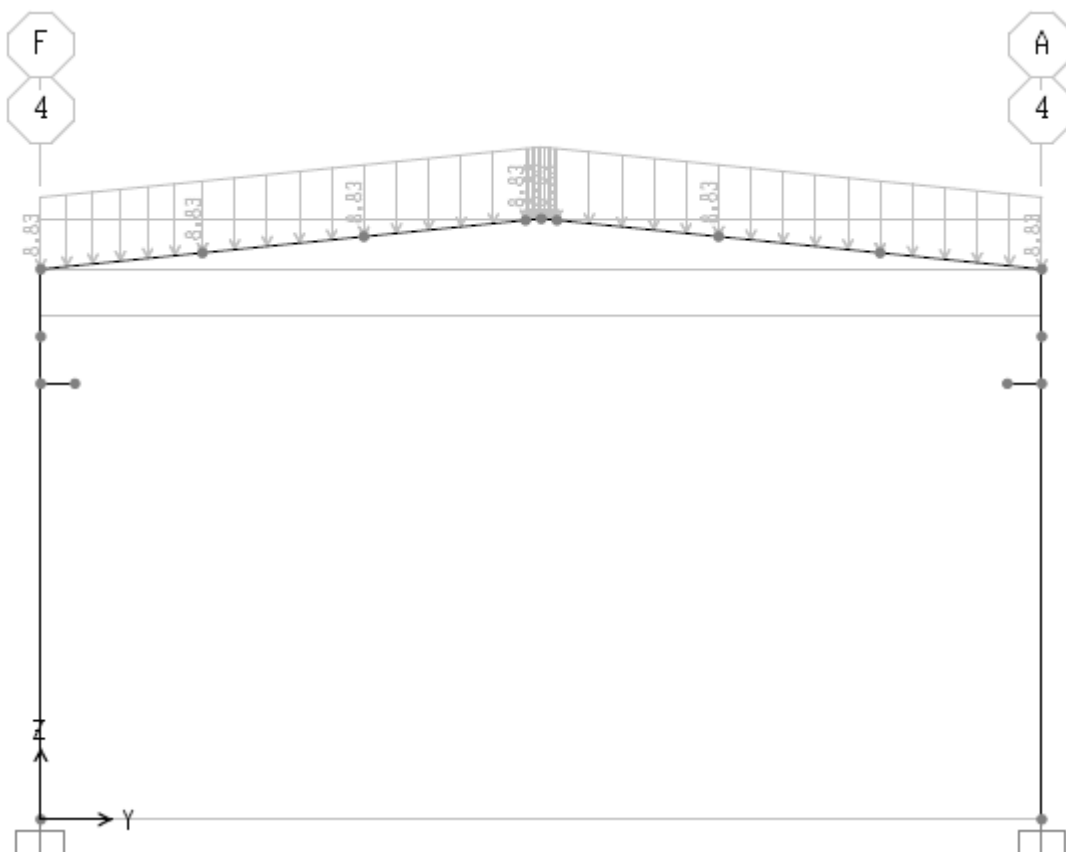
- Carregamento para Ponte Rolante (Css-1 e Css-2)



- Carregamento para Ponte Rolante (Cvs-1 e Cvs-2)



- Carregamento para a Sobrecarga de Cobertura



- Combinações de ações

As combinações para dimensionamento dos elementos estruturais pelo SAP2000, está conforme a AISC para os casos sem a ponte rolante e para as combinações com a ponte rolante foi considerado AISE13.

COMBINAÇÕES SEM PR	
COMB1	D
COMB2	D + L
COMB3	D + Lr
COMB4	D + 0,75L + 0,75Lr
COMB5	D + W0-1
COMB6	D + W0-2
COMB7	D + W90-1

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 27 of 42	

COMB8	$D + W90-2$
COMB9	$D + 0,75W0-1 + 0,75L + 0,75Lr$
COMB10	$D + 0,75W0-2 + 0,75L + 0,75Lr$
COMB11	$D + 0,75W90-1 + 0,75L + 0,75Lr$
COMB12	$D + 0,75W90-2 + 0,75L + 0,75Lr$
COMB13	$0,6D + W0-1$
COMB14	$0,6D + W0-2$
COMB15	$0,6D + W90-1$
COMB16	$0,6D + W90-2$
COMBINAÇÕES COM PR	
COMB17	$D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + W0-1$
COMB18	$D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + W0-1$
COMB19	$D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + W0-2$
COMB20	$D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + W0-2$
COMB21	$D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + W90-1$
COMB22	$D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + W90-1$
COMB23	$D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + W90-2$
COMB24	$D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + W90-2$
COMB25	$0,75(D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + Css + 0,5W0-1)$
COMB26	$0,75(D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + Css + 0,5W0-1)$
COMB27	$0,75(D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + Css + 0,5W0-2)$
COMB28	$0,75(D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + Css + 0,5W0-2)$
COMB29	$0,75(D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + Css + 0,5W90-1)$
COMB30	$0,75(D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + Css + 0,5W90-1)$
COMB31	$0,75(D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + Css + 0,5W90-2)$
COMB32	$0,75(D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + Css + 0,5W90-2)$
COMB33	$D+L+Lr+Cd+E$

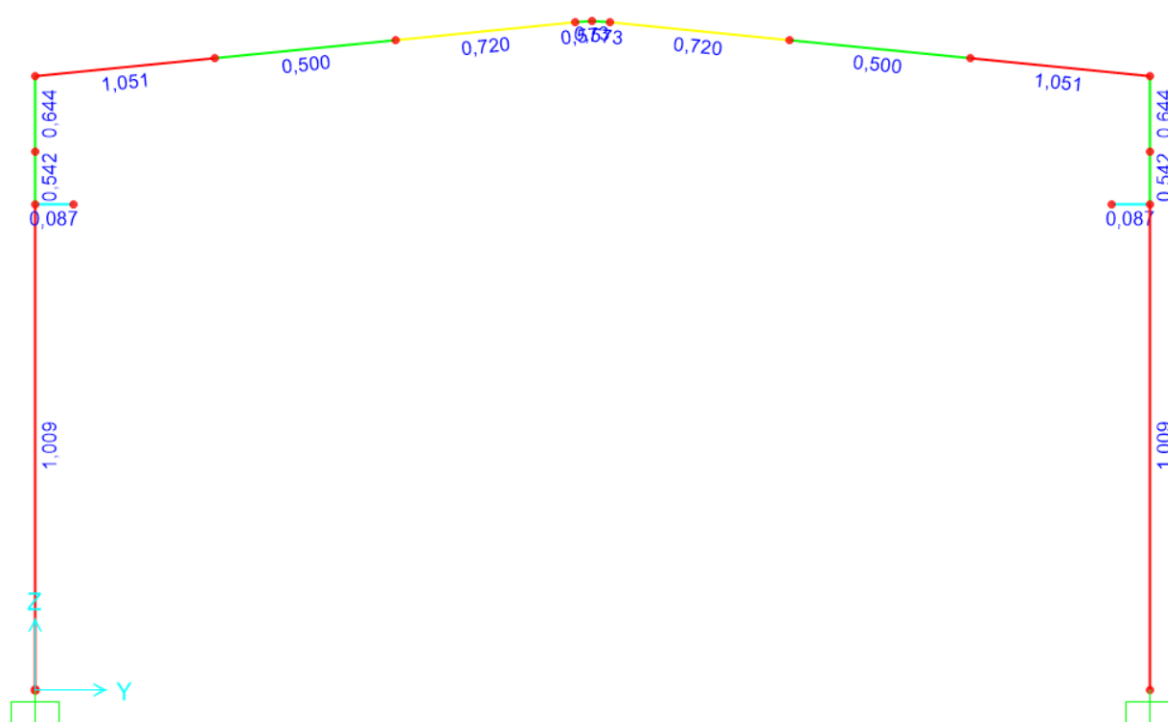
	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 28 of 42	

COMBINAÇÕES PARA DEFORMAÇÕES - "COMBINAÇÕES RARAS DE SERVIÇO"

COMB34-def	D+Cd+Cvs1+0,4Lr+0,3W0-1
COMB35-def	D+Cd+Cvs1+0,4Lr+0,3W0-2
COMB36-def	D+Cd+Cvs1+0,4Lr+0,3W90-1
COMB37-def	D+Cd+Cvs1+0,4Lr+0,3W90-2
COMB38-def	D+W0-1+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs1
COMB39-def	D+W0-2+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs1
COMB40-def	D+W90-1+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs1
COMB41-def	D+W90-2+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs1
COMB42-def	D+W0-1
COMB43-def	D+W0-2
COMB44-def	D+W90-1
COMB45-def	D+W90-2
COMB46-def	D+Cd+Cvs1+0,4Lr
COMB47-def	D+Cd+Cvs2+0,4Lr+0,3W0-1
COMB48-def	D+Cd+Cvs2+0,4Lr+0,3W0-2
COMB49-def	D+Cd+Cvs2+0,4Lr+0,3W90-1
COMB50-def	D+Cd+Cvs2+0,4Lr+0,3W90-2
COMB51-def	D+W0-1+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs2
COMB52-def	D+W0-2+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs2
COMB53-def	D+W90-1+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs2
COMB54-def	D+W90-2+0,4Lr+0,6Cd+0,6Cvs2
COMB55-def	D+Cd+Cvs2+0,4Lr

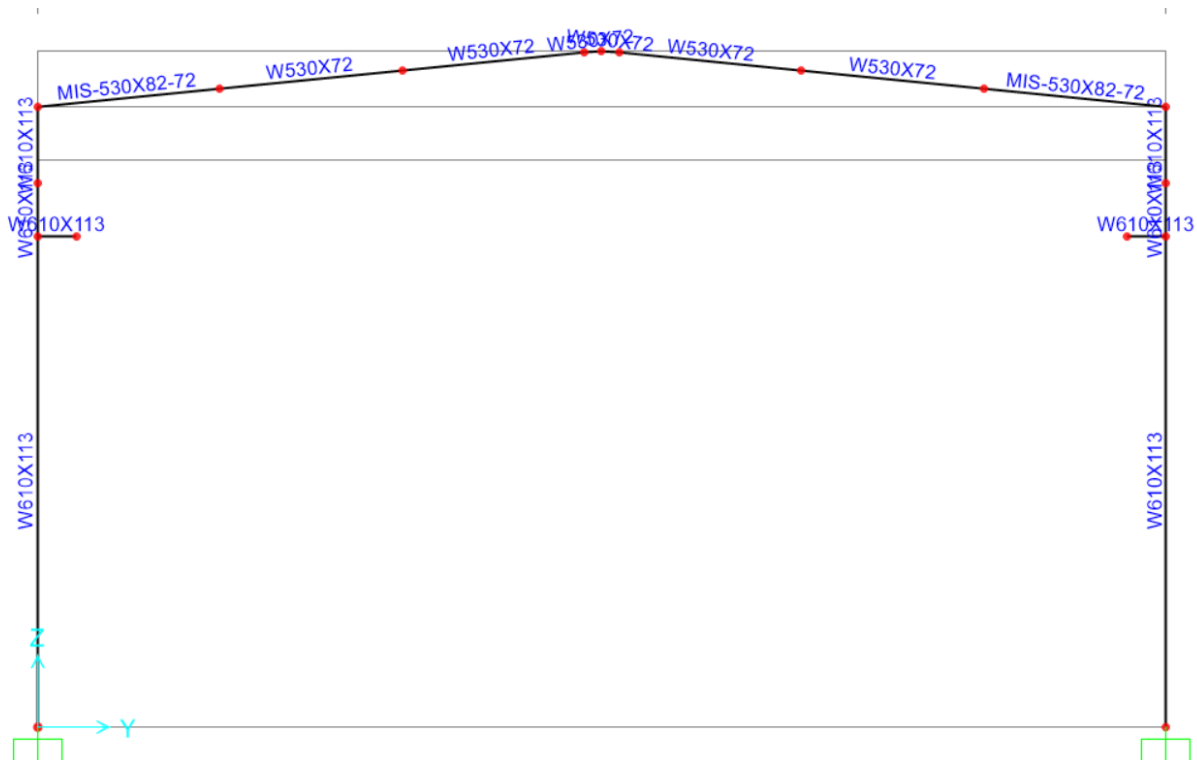
- Taxa de Utilização dos Perfis

Após rodar o pórtico no SAP2000, teve-se as seguintes taxas de utilização dos perfis:



• Perfis Considerados

Foi considerado os seguintes perfis para a estrutura do galpão:



	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 30 of 42	

Na extremidades do pórtico adotou-se uma mísula (MIS-530x82-72) com seção inicial W530x82 e seção final W530x72 com comprimento de 1.000 mm.

- Deslocamentos

Conforme a norma NBR8800 os deslocamentos máximos permitidos são:

- Topo da Coluna $H/300 = 11097/300 = \Delta=37,00\text{mm}$
- Topo da Viga de Rolamento $H'/400 = 9247/400 = \Delta=23,12\text{mm}$
- Cumeeira $L/250 = 19200/250 = \Delta=76,80\text{mm}$

Com os perfis adotados acima foi obtido os seguintes deslocamentos:

TABLE: Joint Displacements				
Joint	OutputCase	CaseType	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm
2	COMB34-def	Combination	-0,558254	-0,470972
2	COMB35-def	Combination	-0,843265	-0,494291
2	COMB36-def	Combination	3,977733	-0,534811
2	COMB37-def	Combination	-6,515271	-0,555408
2	COMB38-def	Combination	0,49557	-0,229827
2	COMB39-def	Combination	-0,454465	-0,307557
2	COMB40-def	Combination	15,615528	-0,442623
2	COMB41-def	Combination	-19,361153	-0,511282
2	COMB42-def	Combination	1,215925	0,02173
2	COMB43-def	Combination	0,265891	-0,056001
2	COMB44-def	Combination	16,335883	-0,191066
2	COMB45-def	Combination	-18,640798	-0,259726
2	COMB46-def	Combination	-1,350656	-0,536875
2	COMB47-def	Combination	-4,532997	-0,36371

2	COMB48-def	Combination	-4,818008	-0,387029
2	COMB49-def	Combination	0,00299	-0,427549
2	COMB50-def	Combination	-10,490014	-0,448147
2	COMB51-def	Combination	-1,889276	-0,16547
2	COMB52-def	Combination	-2,839311	-0,2432
2	COMB53-def	Combination	13,230682	-0,378265
2	COMB54-def	Combination	-21,745999	-0,446925
2	COMB55-def	Combination	-5,325399	-0,429613
4	COMB34-def	Combination	6,039133	-0,338796
4	COMB35-def	Combination	6,420647	-0,359128
4	COMB36-def	Combination	11,482546	-0,412417
4	COMB37-def	Combination	2,072445	-0,394456
4	COMB38-def	Combination	2,863788	-0,160399
4	COMB39-def	Combination	4,135501	-0,228173
4	COMB40-def	Combination	21,008498	-0,405802
4	COMB41-def	Combination	-10,358506	-0,345933
4	COMB42-def	Combination	-1,242467	0,011148
4	COMB43-def	Combination	0,029247	-0,056626
4	COMB44-def	Combination	16,902243	-0,234255
4	COMB45-def	Combination	-14,46476	-0,174385
4	COMB46-def	Combination	7,085618	-0,396258
4	COMB47-def	Combination	2,756982	-0,446616
4	COMB48-def	Combination	3,138496	-0,466948
4	COMB49-def	Combination	8,200395	-0,520237
4	COMB50-def	Combination	-1,209706	-0,502276
4	COMB51-def	Combination	0,894497	-0,225091
4	COMB52-def	Combination	2,166211	-0,292865
4	COMB53-def	Combination	19,039207	-0,470494

4	COMB54-def	Combination	-12,327796	-0,410625
4	COMB55-def	Combination	3,803467	-0,504077
5	COMB34-def	Combination	1,982362	-26,585357
5	COMB35-def	Combination	1,982362	-29,750902
5	COMB36-def	Combination	7,229826	-35,018237
5	COMB37-def	Combination	-3,265102	-35,018237
5	COMB38-def	Combination	1,189417	-5,802385
5	COMB39-def	Combination	1,189417	-16,354203
5	COMB40-def	Combination	18,680965	-33,911987
5	COMB41-def	Combination	-16,30213	-33,911987
5	COMB42-def	Combination	2,915E-13	14,426686
5	COMB43-def	Combination	1,07E-13	3,874868
5	COMB44-def	Combination	17,491548	-13,682916
5	COMB45-def	Combination	-17,491548	-13,682916
5	COMB46-def	Combination	1,982362	-35,422563
5	COMB47-def	Combination	-1,982362	-26,585357
5	COMB48-def	Combination	-1,982362	-29,750902
5	COMB49-def	Combination	3,265102	-35,018237
5	COMB50-def	Combination	-7,229826	-35,018237
5	COMB51-def	Combination	-1,189417	-5,802385
5	COMB52-def	Combination	-1,189417	-16,354203
5	COMB53-def	Combination	16,30213	-33,911987
5	COMB54-def	Combination	-18,680965	-33,911987
5	COMB55-def	Combination	-1,982362	-35,422563
6	COMB34-def	Combination	4,532997	-0,36371
6	COMB35-def	Combination	4,818008	-0,387029
6	COMB36-def	Combination	10,490014	-0,448147
6	COMB37-def	Combination	-0,00299	-0,427549

6	COMB38-def	Combination	1,889276	-0,16547
6	COMB39-def	Combination	2,839311	-0,2432
6	COMB40-def	Combination	21,745999	-0,446925
6	COMB41-def	Combination	-13,230682	-0,378265
6	COMB42-def	Combination	-1,215925	0,02173
6	COMB43-def	Combination	-0,265891	-0,056001
6	COMB44-def	Combination	18,640798	-0,259726
6	COMB45-def	Combination	-16,335883	-0,191066
6	COMB46-def	Combination	5,325399	-0,429613
6	COMB47-def	Combination	0,558254	-0,470972
6	COMB48-def	Combination	0,843265	-0,494291
6	COMB49-def	Combination	6,515271	-0,555408
6	COMB50-def	Combination	-3,977733	-0,534811
6	COMB51-def	Combination	-0,49557	-0,229827
6	COMB52-def	Combination	0,454465	-0,307557
6	COMB53-def	Combination	19,361153	-0,511282
6	COMB54-def	Combination	-15,615528	-0,442623
6	COMB55-def	Combination	1,350656	-0,536875
8	COMB34-def	Combination	-2,756982	-0,446616
8	COMB35-def	Combination	-3,138496	-0,466948
8	COMB36-def	Combination	1,209706	-0,502276
8	COMB37-def	Combination	-8,200395	-0,520237
8	COMB38-def	Combination	-0,894497	-0,225091
8	COMB39-def	Combination	-2,166211	-0,292865
8	COMB40-def	Combination	12,327796	-0,410625
8	COMB41-def	Combination	-19,039207	-0,470494
8	COMB42-def	Combination	1,242467	0,011148
8	COMB43-def	Combination	-0,029247	-0,056626

8	COMB44-def	Combination	14,46476	-0,174385
8	COMB45-def	Combination	-16,902243	-0,234255
8	COMB46-def	Combination	-3,803467	-0,504077
8	COMB47-def	Combination	-6,039133	-0,338796
8	COMB48-def	Combination	-6,420647	-0,359128
8	COMB49-def	Combination	-2,072445	-0,394456
8	COMB50-def	Combination	-11,482546	-0,412417
8	COMB51-def	Combination	-2,863788	-0,160399
8	COMB52-def	Combination	-4,135501	-0,228173
8	COMB53-def	Combination	10,358506	-0,345933
8	COMB54-def	Combination	-21,008498	-0,405802
8	COMB55-def	Combination	-7,085618	-0,396258

- Dimensionamento da Ponte Rolante

O dimensionamento da ponte rolante foi realizado pela norma NBR8800, segue abaixo os dados considerados (W610x155):

Capacidade da ponte	5,00	tf
Vão	900,00	cm
Deformação vertical admissível	1,50	cm
Deformação transversal admissível	2,25	cm
Peso próprio da viga	0,00155	tf/cm
Carregamento vertical permanente	3,50	tf
Carregamento transversal	0,54	tf
Coeficiente de impacto vertical	1,25	
Coeficiente de ponderação de carga permanente	1,25	
Coeficiente de ponderação de carga móvel	1,50	
Modulo de Elasticidade Longitudinal	2000,00	tf/cm ²
Limite de escoamento	3,50	tf/cm ²
Limite de Ruptura	4,50	tf/cm ²
Area da mesa superior	61,56	cm ²
Trilho A65	0,000431	tf/cm

DEFORMAÇÕES

Deformação vertical - eixo local y

Ref. ao PP	0,05	cm
Ref a carga vertical por roda	0,25	cm
Deformação total	0,30	cm
Verificação	ok	20,3%

Deformação transversal - eixo local x

Ref a carga transversal por roda	0,08	cm
Verificação	ok	3,45%

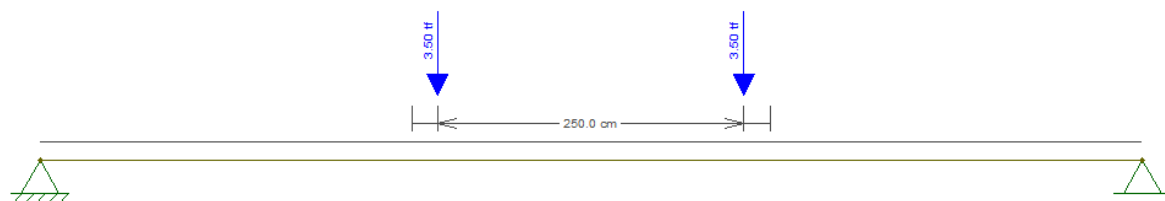
Considera apenas mesa superior

COMBINAÇÕES

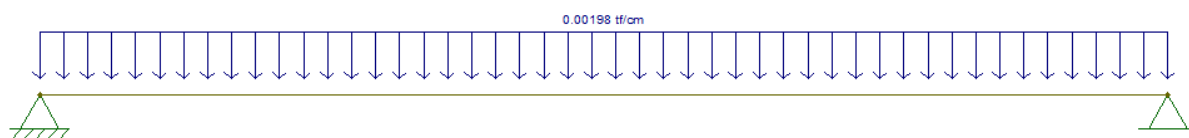
Cvs+Ci+Css+Cls - AISE13

- Cálculo dos Esforços e Reações:

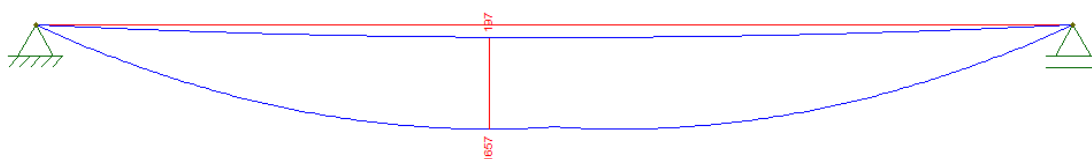
- Trem Tipo do Carregamento Vertical



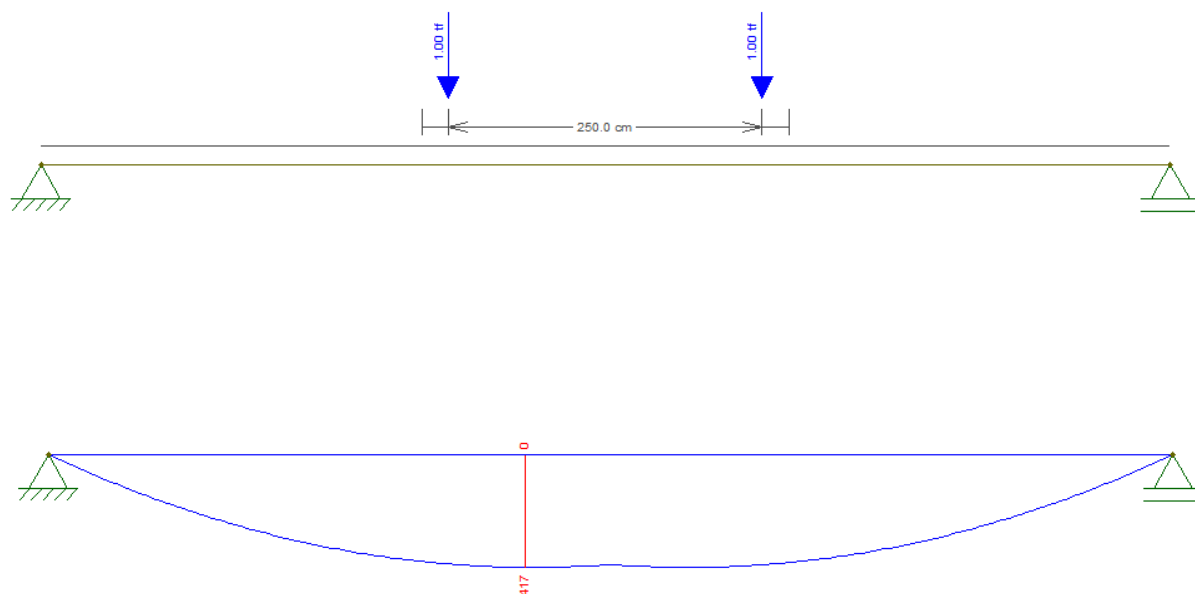
- Carregamento devido ao P.P mais o Trilho



- Diagrama de Momento Fletor devido ao Carregamento Vertical

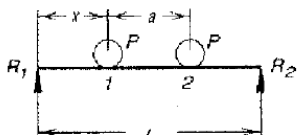


- Diagrama de Momento Fletor devido ao Carregamento Horizontal



44. SIMPLE BEAM—TWO EQUAL CONCENTRATED MOVING LOADS

$$R_1 \max = V_1 \max (\text{at } x = 0) \dots\dots\dots = P \left(2 - \frac{a}{l} \right)$$



$$M_{\max} \begin{cases} \left[\begin{array}{l} \text{when } a < (2 - \sqrt{2})l = 0.586l \\ \text{under load 1 at } x = \frac{1}{2} \left(l - \frac{a}{2} \right) \end{array} \right] \dots\dots\dots \frac{P}{2l} \left(l - \frac{a}{2} \right)^2 \\ \left[\begin{array}{l} \text{when } a > (2 - \sqrt{2})l = 0.586l \\ \text{with one load at center of span (Case 43)} \end{array} \right] \dots\dots\dots \frac{Pl}{4} \end{cases}$$

ESFORÇOS VERTICAIS MÁXIMOS DEVIDO A CARGA MÓVEL

Distancia entre rodas	250,00	cm
Vmax	7,53	tf
Mmax (Com Ci) vertical	1459,85	tf.cm
Posição da roda 1 para máximos	387,50	cm

ESFORÇOS HORIZONTAIS MÁXIMOS DEVIDO A CARGA MÓVEL

Impacto transversal total por lado	2,00	tf
Impacto transversal por roda	1,00	tf
Mmax transversal	417,10	tf.cm

ESFORÇOS DEVIDO A CARGA PERMANENTE

Mmax PP	156,94	tf.cm
Vmax PP	0,70	tf

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 37 of 42	

ESFORÇOS DEVIDO A SOBRECARGA

Mmax SC	43,64	tf.cm
Vmax SC	0,19	tf

ESFORÇOS COMBINADOS

MVmax	1660,43	tf.cm
Vvmax	8,43	tf
Mhmax	417,10	tf.cm

DIMENSIONAMENTO

EIXO Y (VERIFICAÇÃO DA MESA SUPERIOR)

Módulo de resistência plástico Zy da mesa superior	498,64 cm ³	Zyms
Módulo de resistência Wy da mesa superior	332,42 cm ³	Wyms
Momento de plastificação da mesa superior	1745,23 tf.cm	MPLms
Momento resistente	1586,57 tf.cm	Maior que Mhmax, então ok

EIXO X (VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO PERFIL)

W610X155	
Alma	Não esbelta
Tipo de seção	Dois eixos de simetria
Momento de plastificação	16169,45 tf.cm

FLAMBAGEM LATERAL POR TORÇÃO

Parâmetro de esbeltez λ	121,32
Parâmetro de esbeltez λ_p	42,90
Parâmetro de esbeltez λ_r	500,32
Momento resistente	15629,82 tf.cm

FLAMBAGEM LATERAL DA MESA

Parâmetro de esbeltez λ	8,53	
Parâmetro de esbeltez λ_p	9,26	
Parâmetro de esbeltez λ_r	24,18	
Momento resistente	14699,50 tf.cm	Maior que M_{vmax} , então ok

FLAMBAGEM LATERAL DA ALMA

Parâmetro de esbeltez λ	45,12
Parâmetro de esbeltez λ_p	91,65
Parâmetro de esbeltez λ_r	138,94
Momento resistente	14699,50 tf.cm

CISALHAMENTO

Cortante de plastificação Vpl	1536,05 tf	
Resistência ao cortante	1381,70 tf	Maior que Vvmax, então ok

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 38 of 42	

FADIGA			
Esforços verticais	4,38 tf		
Esforços horizontais	0,27 tf		
Contante Cf	2,50E+08	Item 1.1 Tabela K.1 NBR8800:2008	
Duração	50,00 anos		
Aplicação diária	100,00		
Frequência N	1825000,00		
faixa de tensão admissível	165,00 Mpa	Item 1.1 Tabela K.1 NBR8800:2008	
Faixa de tensão	35,5 OK Mpa	Item 1.1 Tabela K.1 NBR8800:2008	

- Dimensionamento das Terças

O dimensionamento das terças foi realizado com auxílio e da tabela 19 – Stahlbau. O perfil está conforme a norma NBR6355 – Perfis Estruturais Formados a Frio – Padronização.

Segue abaixo os dados considerados:

Dados da Terça	
Espaçamento entre Terças	2,40 m
Vão das Terças	9,00 m
Ângulo de inclinação da Terça (α)	5,71º
Vento (Pvt)	- 58,23 kgf/m ²
Sobrecarga (Psc)	100,00 kgf/m ²
Peso Próprio da Terça (PPtc)	3,00 kgf/m ²
Peso Próprio da Telha (PPtelha)	9,00 kgf/m ²
Flecha Admissível	L/120
Abertura da Mão Francesa	0,72 m
Ângulo da Mão Francesa (β)	41,40º
Número de vãos	4,00

Carregamentos	
qvt =	- 139,75 kgf/m
qsc =	238,81 kgf/m
qcp =	28,80 kgf/m
qx = (qsc + qcp).sen α	26,63
qy1= (qcp).cos α +qvt	- 111,09
qy1=qcp+qsc	266,28
Y1=1,556*qy*L	3.729,00
(onde 1,556 coeficiente retirado tab. 19 do Stahlbau)	
Nmf = Y1/seno β	5.638,79

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 39 of 42	

$M_x = M_{b1} \cdot q_y \cdot L \cdot L$	1.800,99 kgfm
onde $M_{b1} = -0,0835$ (tabela 19 do Stahlbau)	
$M_y = q_x \cdot (l/3)^2 / 10$	23,97 kgfm
$N_{tc} = y_1 / t g \beta$	4.229,72 kgfm

Perfil Adotado	Propriedades
Uenr 300x85x25x4.25 mm	A= 21,07 cm ²
	W _x = 180,8 cm ²
	W _y = 28,8 cm ²

Verificação do Perfil:

$$f = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} + \frac{N_{tc}}{A} \leq 0,60 \cdot f_y$$

1.280,08 < 1500 OK

- Dimensionamento da Mão Francesa

O dimensionamento da mão francesa terças foi realizado com conforme tabela AISC / ASD (9ª Edição):

Mão Francesa		
Comprimento:	970 mm	
Seção Adotada:	L2.1/2x3/16	
Aço condiserado :	ASTM A36	
Propriedades do Perfil		
Área :	5,80	cm²
Raio de Giração mín. :	1,24	cm
Verificações		
Esbeltez :	78,23	
Tensão Admissível (Fa) :	1.087,00 kgf/cm²	
(Tensão retirada AISC / ASD - 9ª Edição)		
Nc = Fa * A -> Nc :	6.304,60 kgf	
$\frac{b}{t} < \frac{76}{\sqrt{fy}}$	-> 13,34	> 12,67
Coeficiente de Flambagem Local :	0,98	
(Qs = 1,34 - 0,00447 * (b/t) * √fy)		
Resistência da mão francesa considerando compressão:		
Nc = Qs*Fa*A ->	6.192,45 kgf	
Nmf :	5.638,79 kgf	
Nc > Nmf (OK)		

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 10/07/17
		Página 40 of 42	

Parafuso 5/8"	Área = 1,98 cm ²
	A325

Tensão ($2 \times 21 \times \text{ksi} \times A$)

5.846,15 > 5.638,79 (OK)

Considerar 2 Ø5/8" - A325N

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Executada estrutura conforme as peças desse cálculo, a mesma possuirá perfeita estabilidade para a carga proposta.

8 ANEXOS

- Anexo I – Fichas de Dimensionamento dos Elementos do Pórtico]
- Anexo II – Modelo SAP

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 00	Data: 10/07/17	
		Página 41 of 42		

ANEXO I

FICHAS DE DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DOS PÓRTICOS

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2015-2017 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 00	Data: 10/07/17	
		Página 42 of 42		

ANEXO II

MODELO DO SAP