

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 00	Data: 17/01/17	
		Página 1 of 31		

INSTITUTO IDD

PÓS-GRADUAÇÃO ESTRUTURAS METÁLICAS

MEMORIAL DE CÁLCULO EDIFÍCIO INDUSTRIAL EM AÇO

**ALUNOS: ALYSON PAIM
DIEGO WEBER
EDUARDO NAHORNY**

11/03/2017	1	Correção após apresentação	Alyson, Diego, Eduardo	Alyson, Diego, Eduardo	Alyson, Diego, Eduardo
17/01/2017	0	Memorial de cálculo – Edifício Industrial em aço	Alyson, Diego, Eduardo	Alyson, Diego, Eduardo	Alyson, Diego, Eduardo
Data	Revisão	Descrição	Elaboração	Verificação	Aprovação

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 17/01/17
		Página 2 of 31	

ÍNDICE

<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO E OBJETIVOS</u>	<u>3</u>
<u>2</u>	<u>NORMAS UTILIZADAS</u>	<u>4</u>
<u>3</u>	<u>MATERIAIS UTILIZADOS</u>	<u>5</u>
<u>4</u>	<u>DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA</u>	<u>6</u>
<u>5</u>	<u>CARREGAMENTOS E COMBINAÇÃO DE AÇÕES</u>	<u>8</u>
<u>6</u>	<u>ANÁLISE ESTRUTURAL</u>	<u>16</u>
<u>7</u>	<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>30</u>

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
			Página 3 of 31	

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente trabalho tem por finalidade apresentar e contribuir com a prática do dimensionamento de edifícios industriais de pequeno porte, com o auxílio de software, de maneira contextualizada e de acordo com as prerrogativas normativas e mecânicas, embasado nas práticas de literaturas e normas nacionais e internacionais, apresentando dimensionamento racional.

O edifício industrial fica localizado na cidade industrial de Curitiba (CIC), tem por objetivo abrigar instalações de manufatura “assembly shop” de um grupo estrangeiro, suas dimensões são estabelecidas de 42400mm de comprimento, 19200mm de largura tendo sua altura máxima na cumeeira de 12000mm, possui também uma ponte rolante com capacidade para 5 toneladas, conforme anexo A deste trabalho.

A construção apresenta ainda lanternins para auxiliar na exaustão e extração de grandes quantidades de ar onde existem fontes geradoras de calor e gases, contribuindo assim para a manutenção do conforto térmico. Bem como as venezianas empregadas no projeto, além de contribuírem para com a ventilação auxiliam na iluminação natural, sem perder a função de fechamento do edifício industrial, ambos os sistemas foram adotados do fornecedor IVI, onde é descrito com maiores detalhes no anexo A deste trabalho.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
	Página 4 of 31			

2 NORMAS UTILIZADAS

Para a realização do projeto, foram consultados manuais, normas nacionais e internacionais, a fim de obter o racional levantamento dos esforços, propiciando um cálculo mais fiel as condições de projeto levantadas. As quais encontram-se descritas a seguir.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8800:2008 Projeto de estrutura de aço e de estrutura mista de aço e concreto de edifícios.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120:1980. Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT, NBR 6123:1988. Forças devidas ao vento em edificações.

ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS. AISE Technical Report Nº 13: Guide for the Design and Construction of Mill Buildings, 2003;

Steel Design Guide número 7 – Industrial Buildings Roofs to Anchor Rods, do American Institute of Steel Construction (AISC).

BELLEI, Ildony H. Edifícios industriais em aço. Editora Pini, 2010;

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Galpões para usos gerais. Instituto Aço Brasil, 4ª edição, 2010.

CBCA, Centro Brasileiro da Construção em Aço. Manual da Construção em Aço: Edifícios de Pequeno Porte Estruturados em Aço. Rio de Janeiro, 2001.

MACHADO, Camila Da Silveira. Vigas de Rolamento com perfis estruturais, Gerdau, 2009.

PINHO, Fernando Ottoboni. Galpões em Pórticos de Aço, GERDAU, 2012.

D'Alambert, Flavio. Galpões em pórticos com perfis estruturais laminados, GERDAU, 2012.

GERDAU - Coletânea do Uso do Aço, 2012.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
			Página 5 of 31	

3 MATERIAIS UTILIZADOS

O material constituinte dos elementos que compõem o edifício industrial, sendo eles, colunas, vigas de cobertura, terças e dispositivos de contraventamento, será o aço carbono, a escolha por este tipo de aço se deve ao fato de que este confere uma excelente soldabilidade, disponibilidade no mercado e são aços dúcteis (Apresentam grandes deformações antes de romper).

No caso do projeto será empregado o aço ASTM A36 para as ligações, e para os elementos que compõem a estrutura do galpão o aço ASTM A572G50. Para as ligações parafusadas será empregado o material ASTM A325.

A seguir está apresentado as características de cada aço:

ASTM A36 (chapas)		A572G50 (perfis)		A325 (parafusos)	
Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fy (MPa)	Fu (MPa)
250	400	345	450	635	825

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
	Página 6 of 31			

4 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

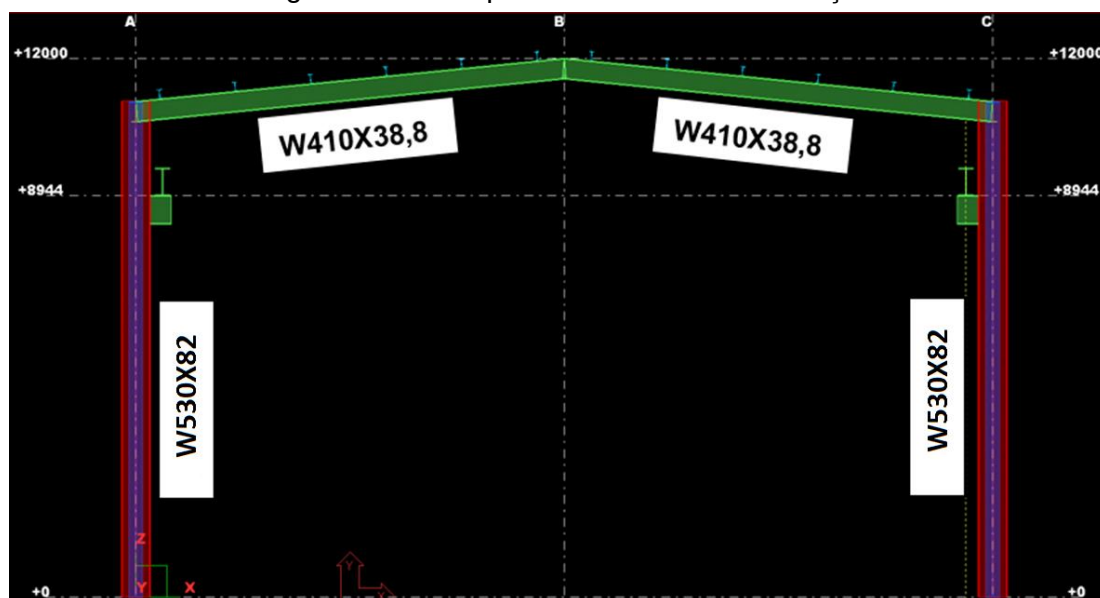
A premissa principal para o detalhamento do galpão foi desenvolver a estrutura com colunas e vigas de cobertura de alma cheia.

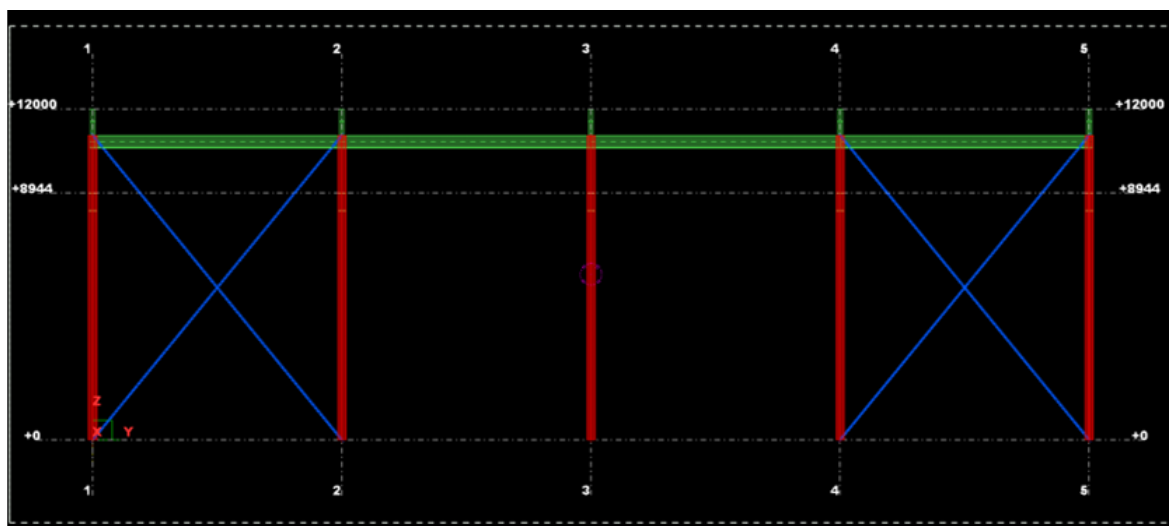
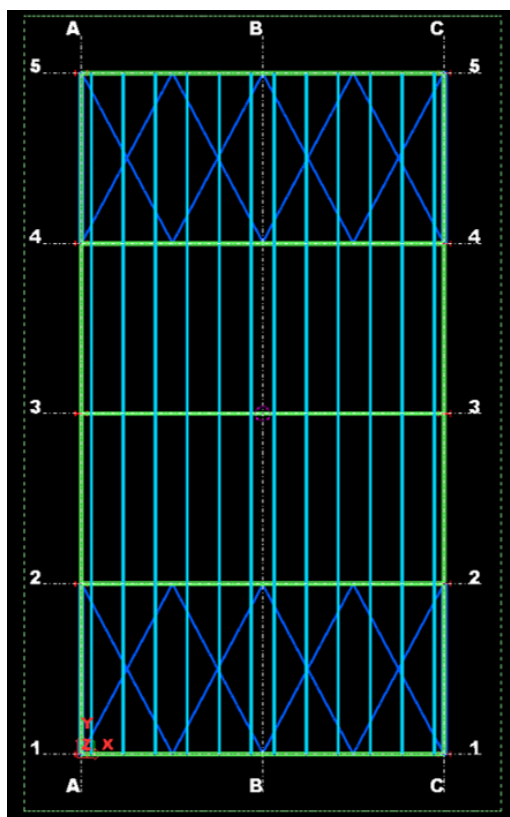
A proposta do arranjo estrutural deste galpão se deu com a utilização de perfis laminados da família W,I e perfil soldado PS, a telha de cobertura considerada foi a LR40 0,8mm e para o fechamento lateral foi considerado LR33 0,8mm ambas do fornecedor Perfilor.

No pórtico principal, as colunas bem como as vigas de cobertura são perfis de alma cheia, família W e PS, a princípio o perfil predimensionado para compor as colunas foi o perfil PS650 x 128, tendo como vigas de cobertura o perfil W 410 x 38,8. Ambos seguiram a premissa de pré-dimensionamento sugerida no livro Edifícios Industriais em Aço (BELLEI, 2010).

O conjunto de contraventamento horizontal está intercalado entre vãos, sendo que na modulação temos 6 vãos onde 3 possuem contraventamento e 3 sem contraventamento, conforme desenho C1 anexo C, tal modulação foi adotada pois nas bibliografias estudadas neste trabalho apresentavam tal solução esquemática mais usual devido sua simplicidade e eficiência na transferência dos esforços. Este conjunto funciona distribuindo e uniformizando as cargas de vento e os impactos laterais oriundos da ponte rolante no arranjo estrutural.

A modulação do contraventamento vertical foi distribuído em 2 vãos da nave conforme desenho C2 anexo C, a princípio o grupo optou por aderir a replicação do dispositivo de contenção dos esforços horizontais com a premissa de que, caso o primeiro conjunto falhe ou venha a se colapsar o segundo atue como um fusível, ou seja não fica vulnerável aos esforços horizontais, tendo em vista que os esforços considerados para o seu dimensionamento são totalizados para que apenas 1 conjunto de contraventamento suporte todo esforço. O contraventamento vertical é responsável pelo direcionamento das cargas de vento e ponte rolante até as fundações.





5 CARREGAMENTOS e COMBINAÇÃO DE AÇÕES

5.1. Cargas adotadas para o cálculo do pórtico:

5.1.1. Cargas permanentes

Cargas permanentes (CP), são ações de magnitude constante e de localização fixa, sendo estes o peso da estrutura atuando com o peso dos elementos construtivos permanentemente ligados à estrutura.

DESCRIÇÃO	PESO	UNIDADE
TELHA DE COBERTURA*	12	Kg/m ²
TELHA DE FECHAMENTO*	15	Kg/m ²
LANTERNIM	35	Kg/ml
LAJE MEZANINO 150mm	295	Kg/m ²
ESCADA	150	Kg/m ²
REVESTIMENTO PISO	150	Kg/m ²
PAREDE ALVENARIA	1400	Kg/m ³
VIGA DE ROLAMENTO	124	Kg/ml
VENEZIANA	6	Kg/m ²
CORRIMÃO ESCADA	30	Kg/ml

Tabela 001. Cargas Permanentes

* No peso indicado das telhas, já está sendo considerado o peso de terças e tirantes.

5.1.2. Cargas acidentais

Cargas acidentais (CA), são ações que variam de intensidade de forma significativa ao longo da vida útil da construção.

DESCRIÇÃO	PESO	UNIDADE
COBERTURA	100	Kg/m ²

Tabela 002. Cargas Acidentais

5.1.3. Cargas devidas ao Vento.

Segundo Bellei (2010), a ação dos ventos nas estruturas metálicas é uma das mais importantes ações a se considerar, não podendo ser negligenciada, sob o risco de colocar a estrutura em colapso.

Os parâmetros que fundamentam a caracterização das cargas de vento são, pressão dinâmica “q(N/m²)”, coeficientes de pressão C_{Pe}, C_{Pi} e o coeficiente de forma C_e, C_i.

-Velocidade Básica do vento $V_0 = 38,0$ m/s, este dado é resultado da interpolação da isopleta que se encontra no anexo D deste trabalho.

-Fator topográfico S_1 , leva em consideração o as variações do relevo e terreno, e se tratando da região da CIC (cidade industrial de Curitiba), a mesma se enquadra como terreno plano ou fracamente acidentado, apresentando fator $S_1 = 1$.

-Fator Rugosidade S_2 , considera o efeito da rugosidade do terreno com a variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno.

Categoria III – Classe B

Altura da Edificação	S_2
0m-5m	0,86
5m - 10m	0,92
10m - 12m	0,93

Tabela 003 – Fator de rugosidade

-Fator Estatístico S_3 , considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação, no nosso projeto foi considera $S_3 = 1$, pois se enquadra na descrição de edificação para comércio e indústria com alto fator de ocupação.

-Velocidade Característica do vento " V_k " e pressão dinâmica " q ".

Altura da Edificação	V_k (m/s)	q (N/m ²)
0m-5m	31,05	590,84
5m - 10m	33,21	676,16
10m - 12m	33,57	690,94

Tabela 004 – Velocidade característica

-Coeficientes de pressão e de forma externos para paredes:

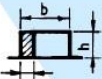
Altura Relativa (h/b)

$h/b = 0,573$ entre 0,5 e 1,5

Proporção em planta (a/b)

$a/b = 1,875$ interpolar entre 1,5 e 2

Tabela 4 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para paredes de edificações de planta retangular

Altura relativa		Valores de C_e para								C_{pe} médio 
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		A_1 e B_1	A_2 e B_2	C	D	A	B	C_1 e D_1	C_2 e D_2	
 $0,2 \leq b \text{ ou } h$ (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,8	- 0,5	+ 0,7	- 0,4	+ 0,7	- 0,4	- 0,8	- 0,4	- 0,9
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,8	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,0
 $\frac{1}{2} \leq \frac{h}{b} \leq \frac{3}{2}$	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 0,9	- 0,5	+ 0,7	- 0,5	+ 0,7	- 0,5	- 0,9	- 0,5	- 1,1
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 0,9	- 0,4	+ 0,7	- 0,3	+ 0,7	- 0,6	- 0,9	- 0,5	- 1,1
	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	- 1,0	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	- 1,0	- 0,6	- 1,2
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	- 1,0	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	- 1,0	- 0,6	- 1,2

- Tabela com números obtidos através da tabela acima:

VENTO	A1-B1	A2-B2	A3-B3	C	D	A	B	C1-D1	C2-D2	Cpe Medio
0	-0,9	-0,41	-0,23	0,7	-					-1,1
90						0,7	-0,58	-0,9	-0,5	

Tabela 004 – Coeficientes para paredes laterais

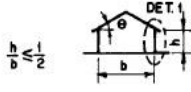
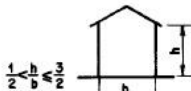
-Coeficientes de pressão e de forma externos para Telhados:

Altura Relativa (h/b)

h/b= 0,573 entre 0,5 e 1,5

Inclinação Telhado 5,0°

Tabela 5 - Coeficientes de pressão e de forma, externos, para telhados com duas águas, simétricos, em edificações de planta retangular

Altura relativa	θ	Valores de C_e para				C_{pe} médio			
		$\alpha = 90^\circ (A)$		$\alpha = 0^\circ$					
		EF	GH	EG	FH				
	0°	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0	--
	5°	-0,9	-0,4	-0,8	-0,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,0
	10°	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4		-1,2
	15°	-1,0	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,2		-1,2
	20°	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0			-1,2
	30°	0	-0,4	-0,7	-0,6	-0,8			-1,1
	45°	+0,3	-0,5	-0,7	-0,6				-1,1
	60°	+0,7	-0,6	-0,7	-0,6				-1,1
	0°	-0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-2,0	-2,0	-2,0	--
	5°	-0,9	-0,6	-0,9	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0
	10°	-1,1	-0,6	-0,8	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2
	15°	-1,0	-0,6	-0,8	-0,6	-1,8	-1,5	-1,5	-1,2
	20°	-0,7	-0,5	-0,8	-0,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0
	30°	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-1,0			-1,0
	45°	+0,2	-0,5	-0,8	-0,8				
	60°	+0,6	-0,5	-0,8	-0,8				

- Tabela com números obtidos através da tabela acima:

Angulo	90 °		0°		Cpe medio			
	EF	GH	EG	FH				
5°	-0,9	-0,6	-0,9	-0,6	-2	-2	-1,5	-1

Tabela 005 – Coeficientes para telhados

Somatório áreas: 60,6m²

(Considerado 100% da área do Lanternim e 50% da área de Veneziana – troca de ar)

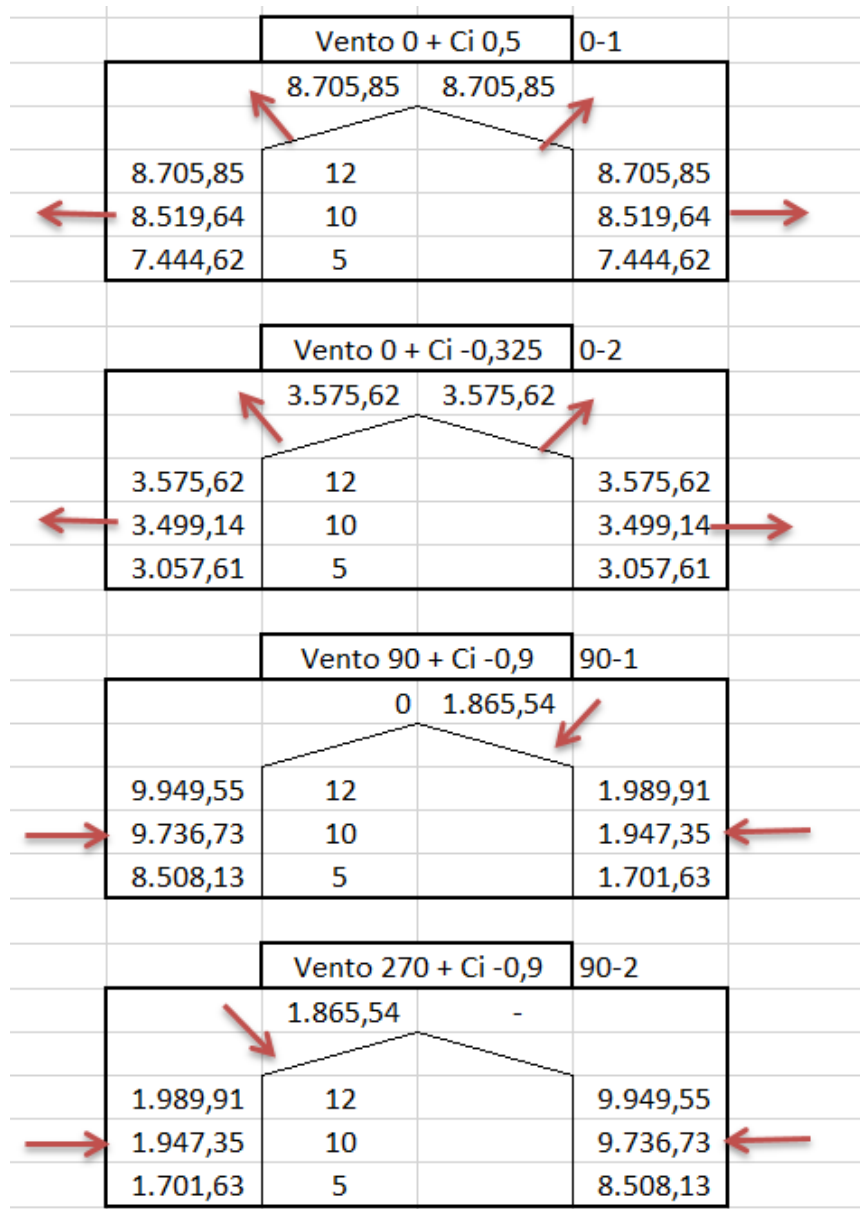
Área do portão: 108m²

Com isso conclui-se que o portão é uma abertura dominante

Relação 1,78217822

Cpi	0,5	Abertura dominante Face Barlavento
Cpi	-0,325	Abertura dominante Face Sotavento
Cpi	-0,9	Abertura dominante em uma face paralela ao vento
Cpi	-0,9	Abertura dominante não situada em zona de alta sucção externa.

- Figura esquemática para carregamentos das cargas devidos aos ventos. Esforços em N/m



5.1.4. PONTE ROLANTE

Segue abaixo, tabela utilizada para o pré-dimensionamento da viga de rolamento.

Ponte Rolante		Trole		Viga de rolamento					
Capacidade de içamento (tf)	Vão livre (m)	Distância entre rodas (mm)	Reação vertical máx. por roda (tf)	Distância entre apoios (m)					
				5	6	7	8	10	12
2	10	3100	1,90	W 250 x 32,7	W 310 x 38,7	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 460 x 97,0	W 610 x 125,0
	14	3100	2,10	W 250 x 32,7	W 310 x 44,5	W 360 x 58,0	W 360 x 64,0	W 530 x 101,0	W 610 x 125,0
	18	3600	2,30	W 250 x 32,7	W 310 x 44,5	W 360 x 58,0	W 360 x 64,0	W 530 x 101,0	W 610 x 140,0
	22	3600	3,20	W 250 x 38,5	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 610 x 113,0	W 610 x 155,0
	26	4200	3,50	W 250 x 38,5	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 610 x 113,0	W 610 x 155,0
3,2	10	3100	3,20	W 250 x 44,8	W 360 x 58,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 610 x 125,0	W 610 x 155,0
	14	3100	3,40	W 250 x 44,8	W 360 x 58,0	W 360 x 64,0	W 460 x 89,0	W 610 x 125,0	W 610 x 155,0
	18	3600	3,90	W 250 x 44,8	W 360 x 58,0	W 360 x 64,0	W 460 x 97,0	W 610 x 125,0	W 610 x 155,0
	22	3600	4,50	W 250 x 44,8	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 101,0	W 610 x 140,0	W 610 x 155,0
	26	4200	5,10	W 250 x 44,8	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 101,0	W 610 x 140,0	W 610 x 155,0
5	8	2400	2,90	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 109,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
	12	2800	3,23	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 109,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
	16	3200	3,52	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 109,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
	20	3200	3,95	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 109,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0
	24	3400	4,35	W 310 x 52,0	W 360 x 64,0	W 360 x 79,0	W 530 x 109,0	W 610 x 155,0	W 610 x 155,0

Fonte: Artigo Técnico Gerdau.

A seguir são apresentadas as características da ponte rolante.

$C_d = 3.850 + 357 = 4.207 \text{ kg}$ - peso ponte + talha dada em projeto

$C_{\max}/\text{roda} = 3500 \text{ kgf}$

$c_{\min} / \text{roda} = 1103,5 \text{ kgf}$

dist. entre rodas = 2500mm

Conforme tabela 3.2 do AISE 13, segue as cargas abaixo:

Carga Impacto Vertical - C_i - 25% da $C_{\max}/\text{roda}$ - 25% de 3,5 ton - 875 kgf

Carga Impacto Transversal - C_{ss} - 40% da $C_{\max}$ de içamento - 40% de 5 ton = 2 ton - 1 ton para cada lado (500 kgf por roda)

Carga Impacto Longitudinal - C_{ls} - 20% da $C_{\max}$ da roda motora (1 roda motora em cada lado) - 20% de 3,5 ton - 700 kgf

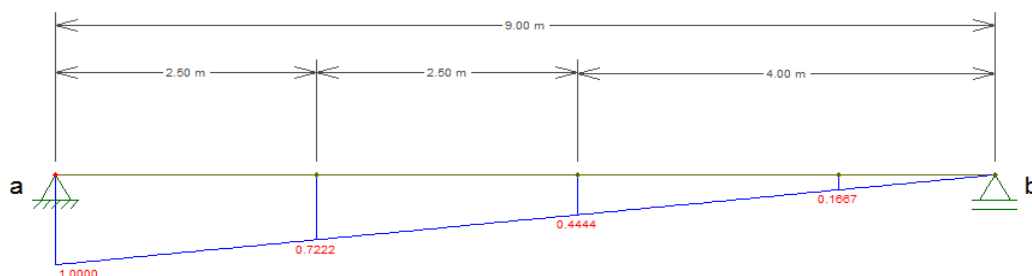
Impacto no Batente - C_{bs} - 2100 kgf - fornecido pelo cliente

C_{vs} - Carga da ponte cheia (Operacional)

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
	Página 14 of 31			

5.1.4.1 Linha de Influência para viga de rolamento.

Para saber qual é a pior situação de carregamento na viga de rolamento foram feitas algumas experimentações e se concluiu que o pior caso se compreende em um dos pontos de transferência de esforço do trole sobre o apoio (ponto a), conforme demonstrado no esquema gráfico abaixo.



Depois de verificado a pior condição é realizado o estudo do valor da carga máxima cortante atuante no sistema (considerando o içamento concentrado em apenas um lado da ponte), para que possamos dar seguimento nos cálculos de verificação da peça.

$$V_{\max} = (3500 \text{ (Kgf)} \times 1(\text{coef do diagrama})) + (3500 \text{ (Kgf)} \times 0.722(\text{coef do diagrama}))$$

$$V_{\max} = 6027 \text{ Kgf}$$

Os respectivos valores de 3500 Kgf são fornecidos pelo fabricante do equipamento, no entanto cabe ao engenheiro realizar a consulta e a verificação dos valores para não incidir em erros e acabar por prejudicar o projeto.

Além do valor de cortante máxima, também se calcula o valor mínimo da cortante.

$$V_{\max} = (1103,5 \text{ (Kgf)} \times 1(\text{coef do diagrama})) + (1103,5 \text{ (Kgf)} \times 0.722(\text{coef do diagrama}))$$

$$V_{\max} = 1900 \text{ Kgf}$$

5.2. Combinações de Cálculo adotadas para o cálculo do pórtico:

Conforme AISE Technical Report N.º13/2003 e ASCE 7/2002, segue abaixo as combinações utilizadas para dimensionamento do nosso trabalho:

- 1) D
- 2) D + L
- 3) D + Lr
- 4) D + 0,75L + 0,75Lr
- 5) D + W
- 6) D + 0,75W + 0,75L + 0,75Lr
- 7) 0,6D + W
- 8) D + L + Lr + Cvs + Ci + Css + Cls (1ponte)
- 9) 0,75D + 0,75L + 0,75Lr + 0,75Cvs + 0,75Ci + 0,75Css + 0,75(0,5W)
- 10) 0,75D + 0,75L + 0,75Lr + 0,75Cvs + 0,75Ci + 0,67(0,67Cbs)

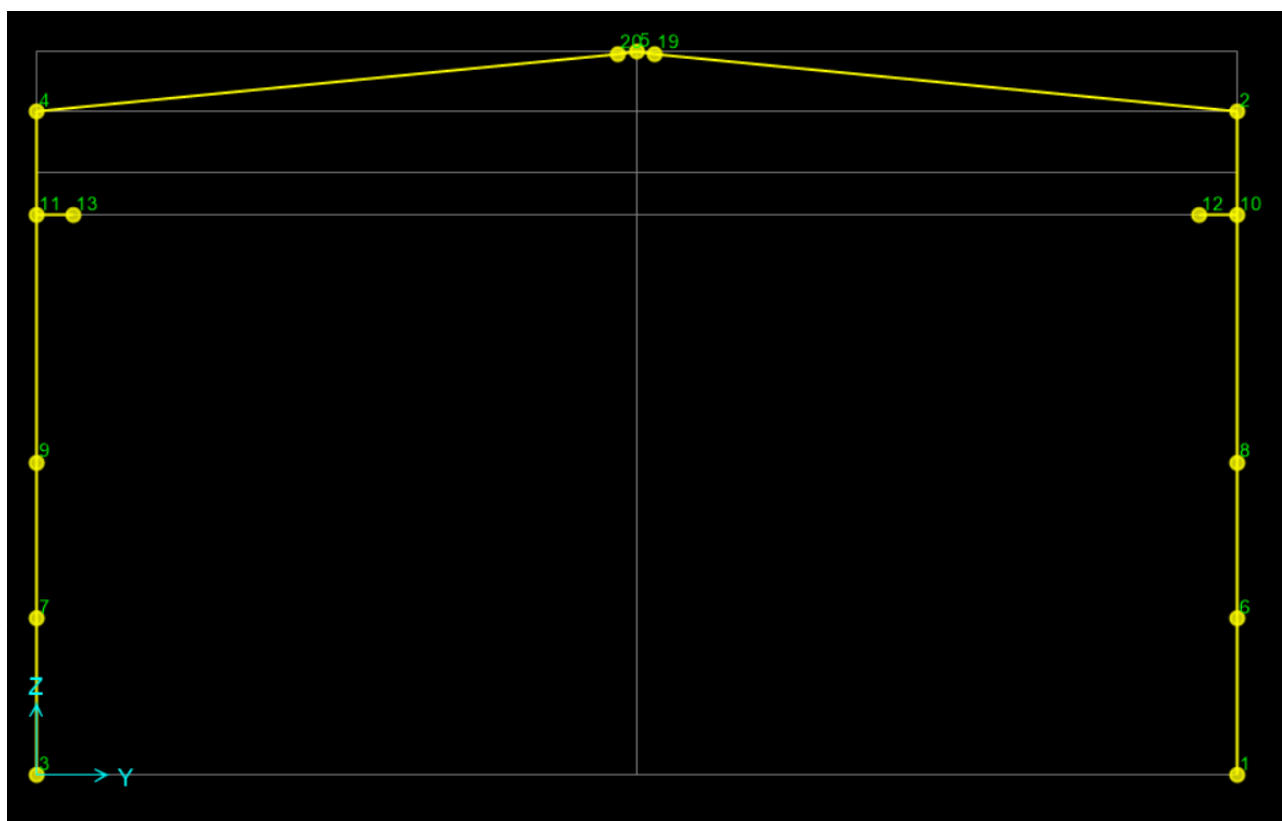
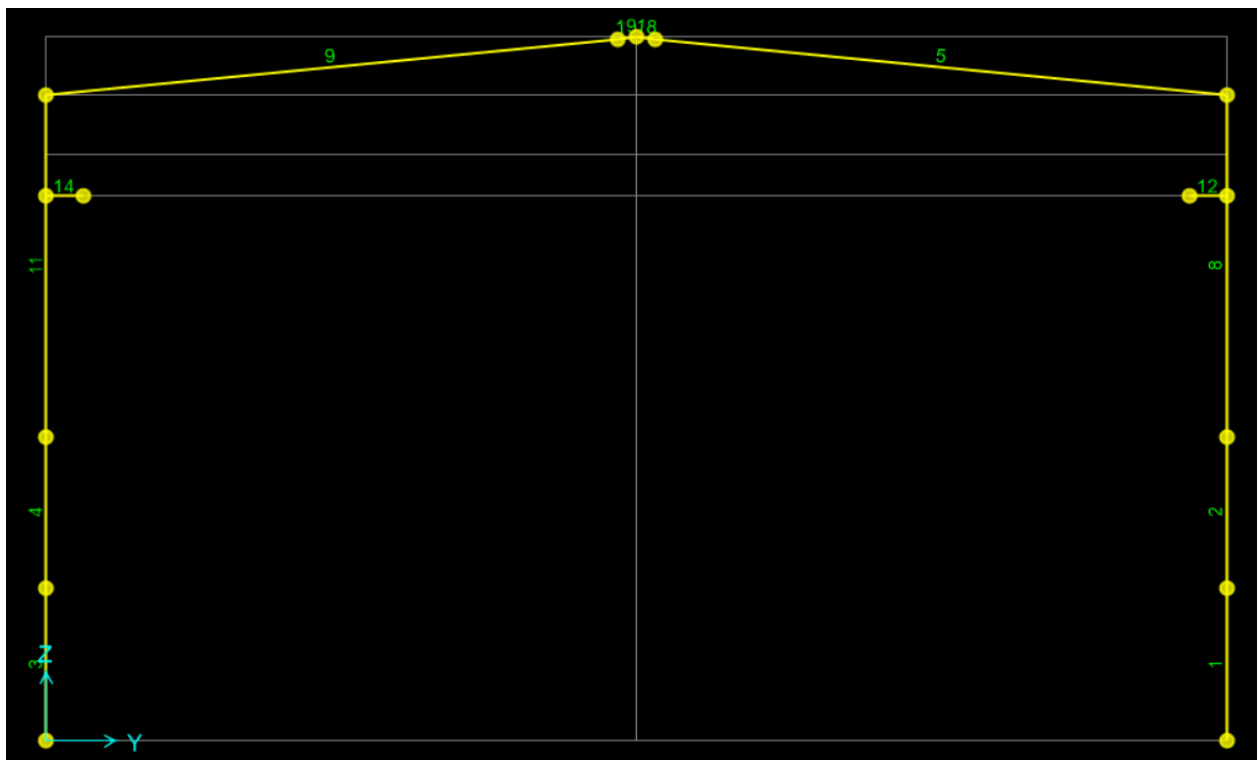
1	D						
2	D	L					
3	D	Lr					
4	D	0,75L	0,75Lr				
5	D	0-1					
	D	90-1					
	D	90-2					
6	D	0,75 0-1	0,75 L	0,75 Lr			
	D	0,75 90-1	0,75 L	0,75 Lr			
	D	0,75 90-2	0,75 L	0,75 Lr			
7	0,6D	0-1					
	0,6D	90-1					
	0,6D	90-2					
8	D	L	Lr	Cvs1	Ci1	Css1	Cl1
	D	L	Lr	Cvs2	Ci2	Css2	Cl2
9	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs1	0,75Ci1	0,75Css	0,375 0-1
	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs1	0,75Ci1	0,75Css	0,375 90-1
	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs1	0,75Ci1	0,75Css	0,375 90-2
	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs2	0,75Ci2	0,75Css	0,375 0-1
	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs2	0,75Ci2	0,75Css	0,375 90-1
	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs2	0,75Ci2	0,75Css	0,375 90-2
10	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs1	0,75Ci1	0,45Cbs	
	0,75D	0,75L	0,75Lr	0,75Cvs2	0,75Ci2	0,45Cbs	

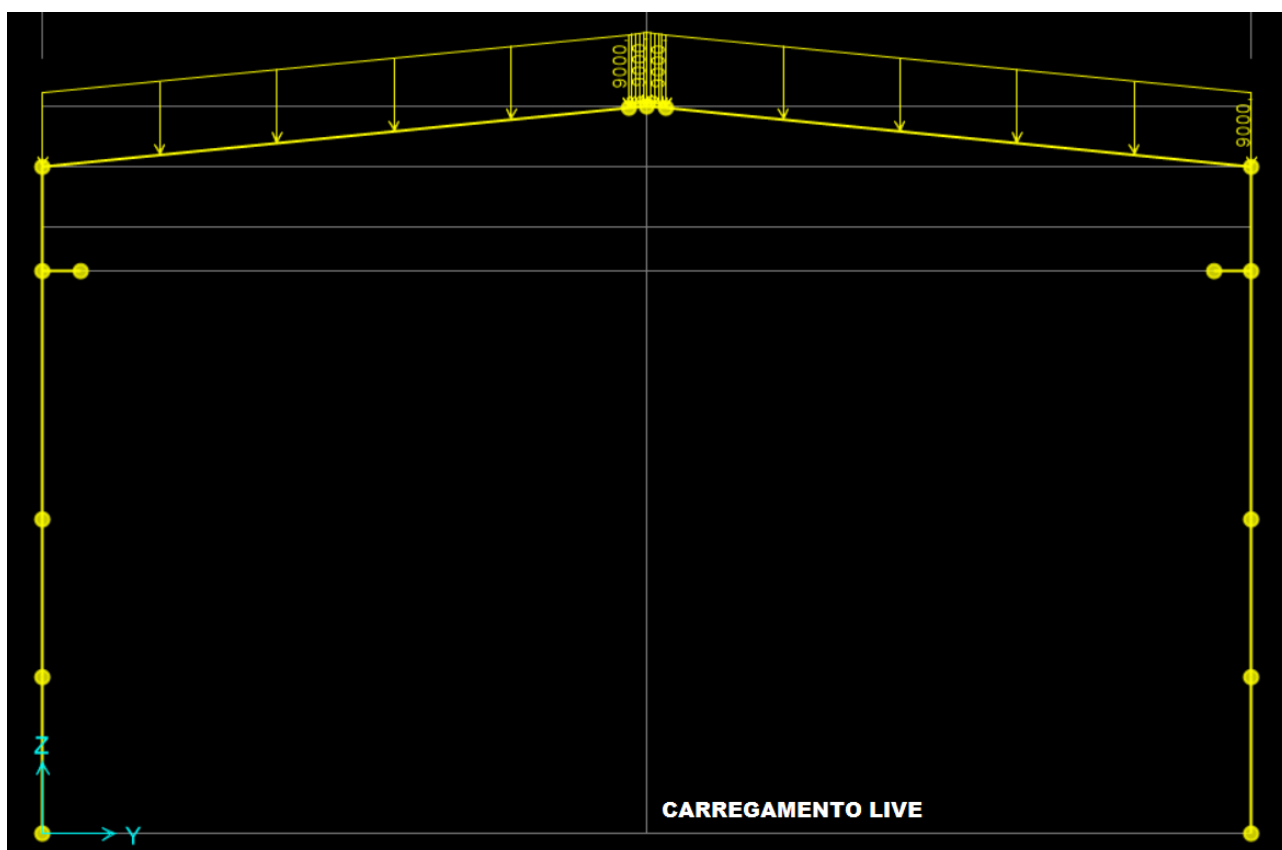
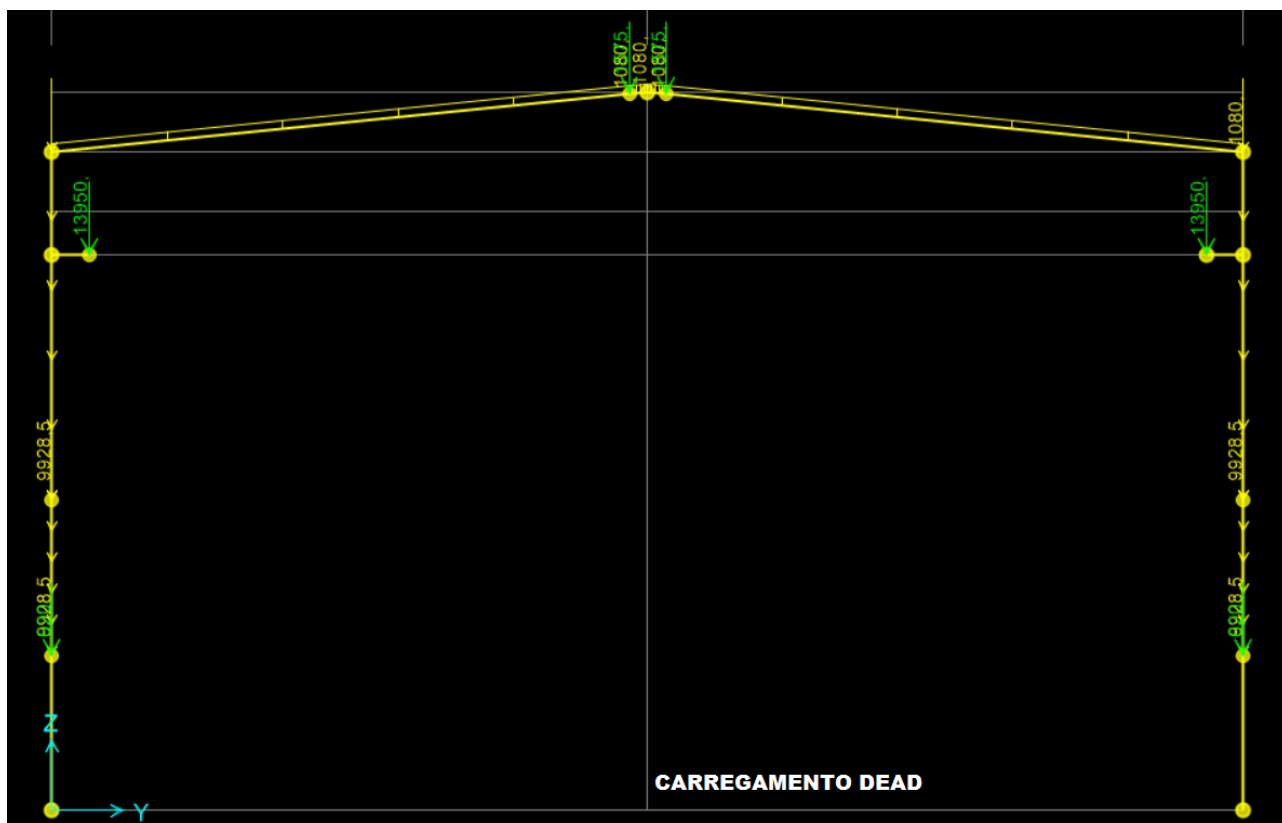
	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
	Página 16 of 31			

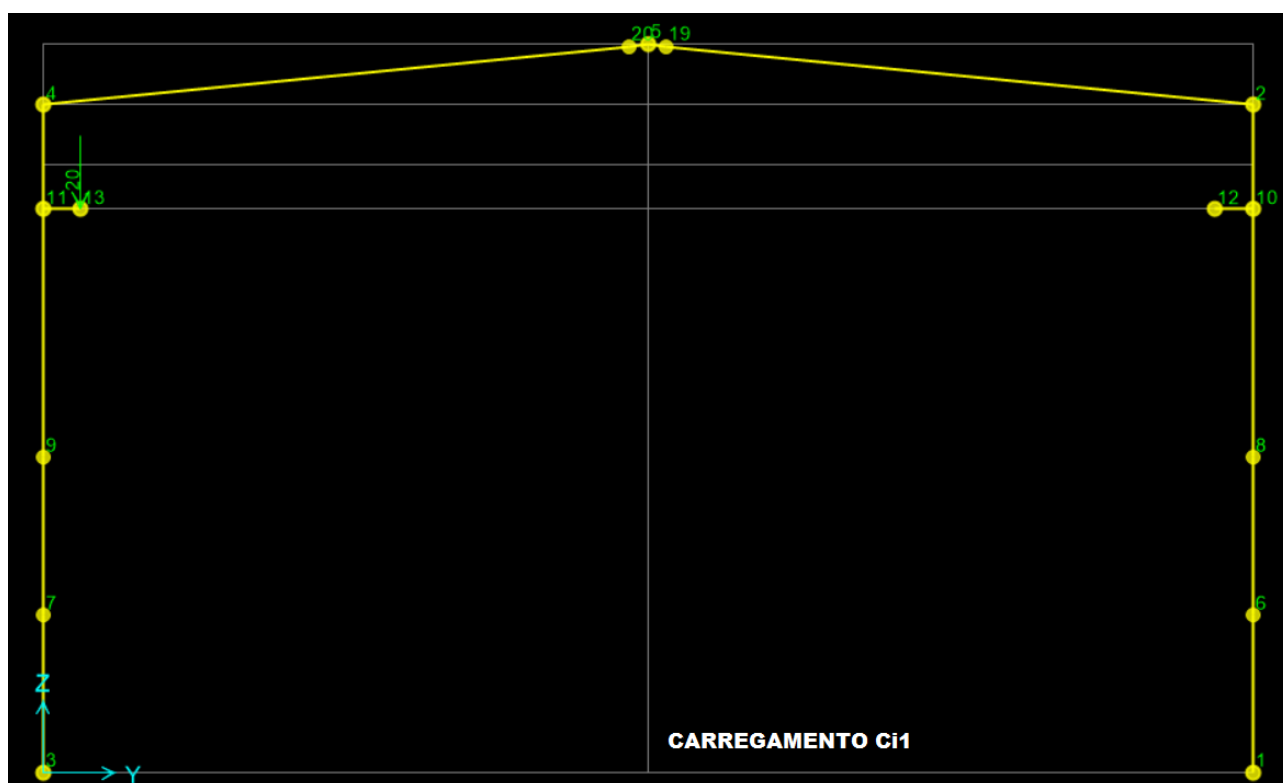
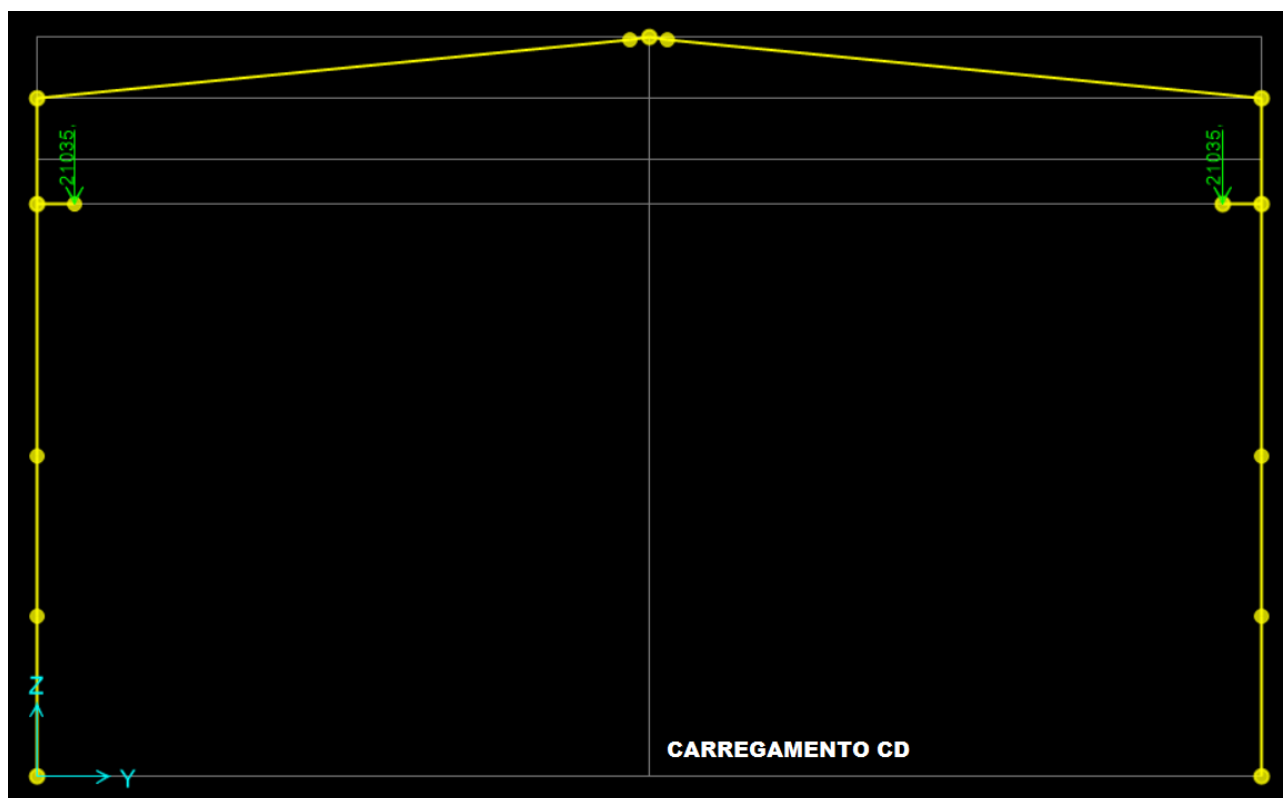
6 ANÁLISE ESTRUTURAL

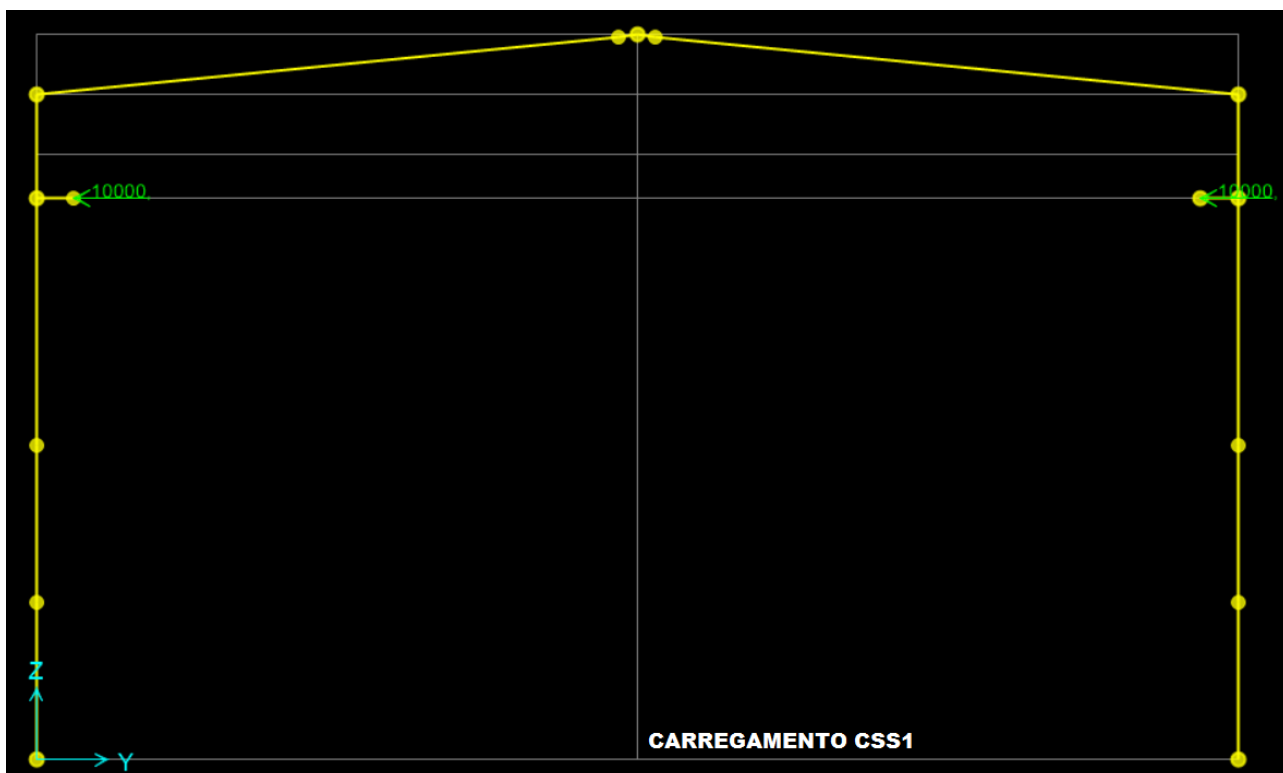
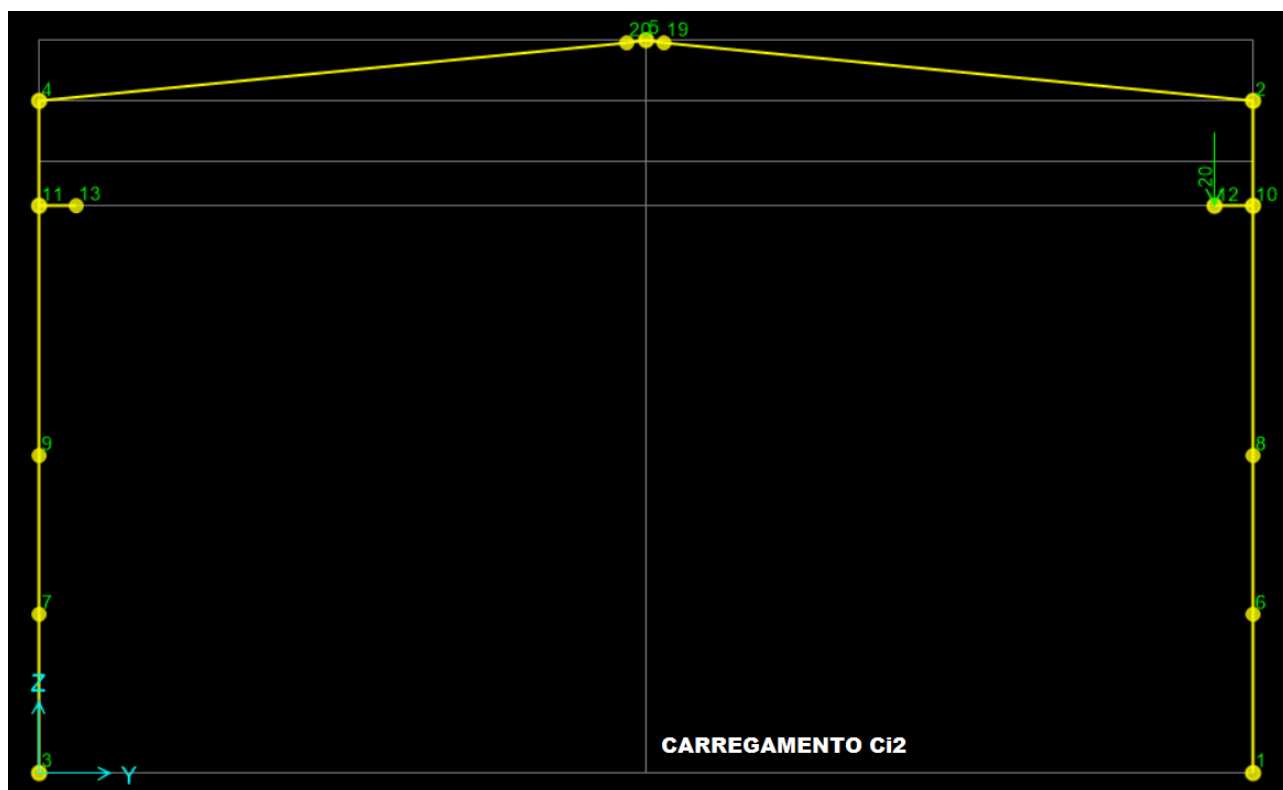
O software escolhido para realizar a análise estrutural do presente Trabalho foi o SAP2000.

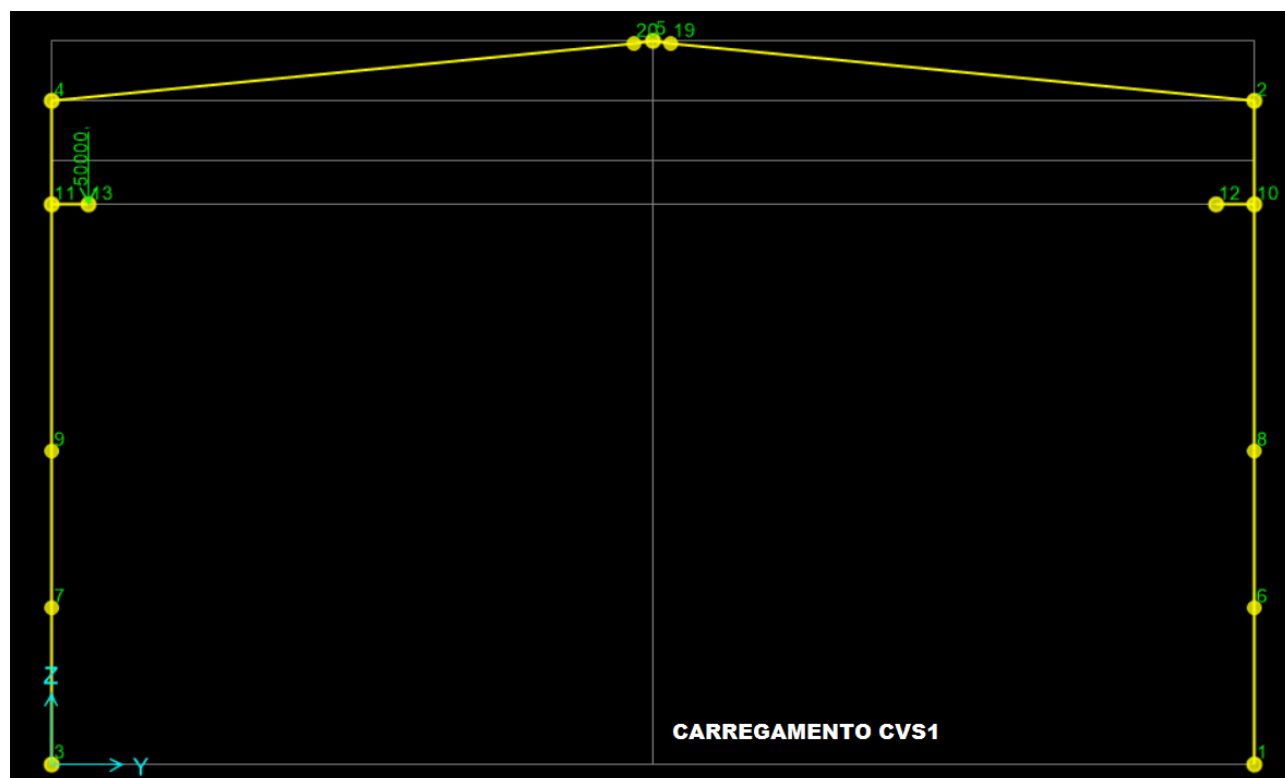
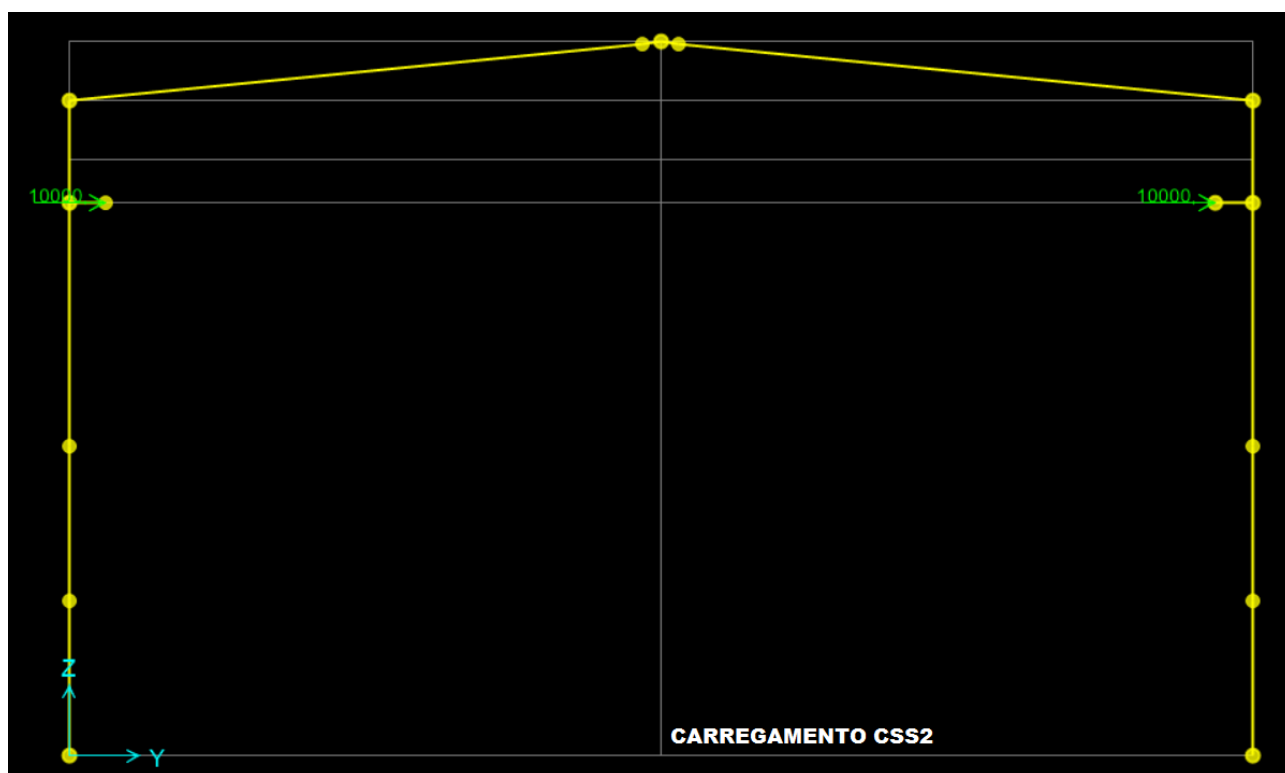
Segue abaixo ilustração com a identificação dos elementos e nós.

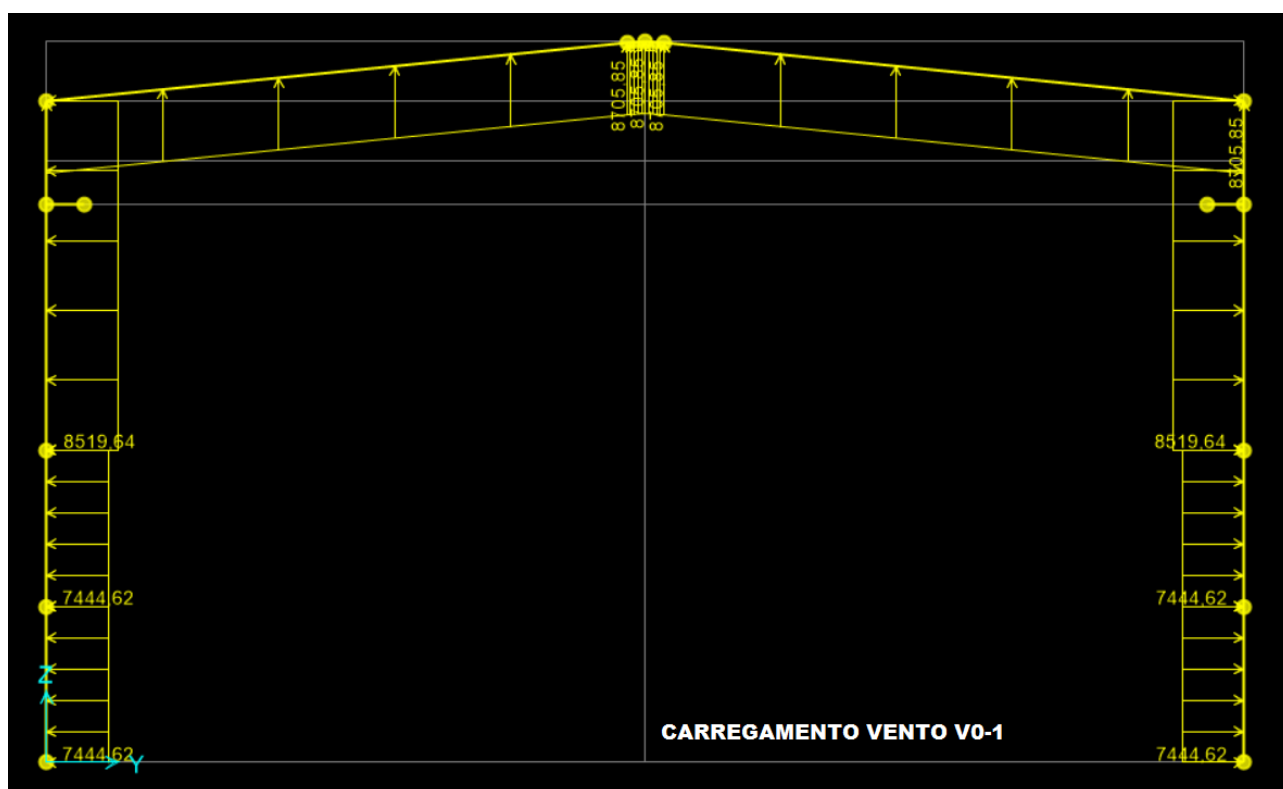
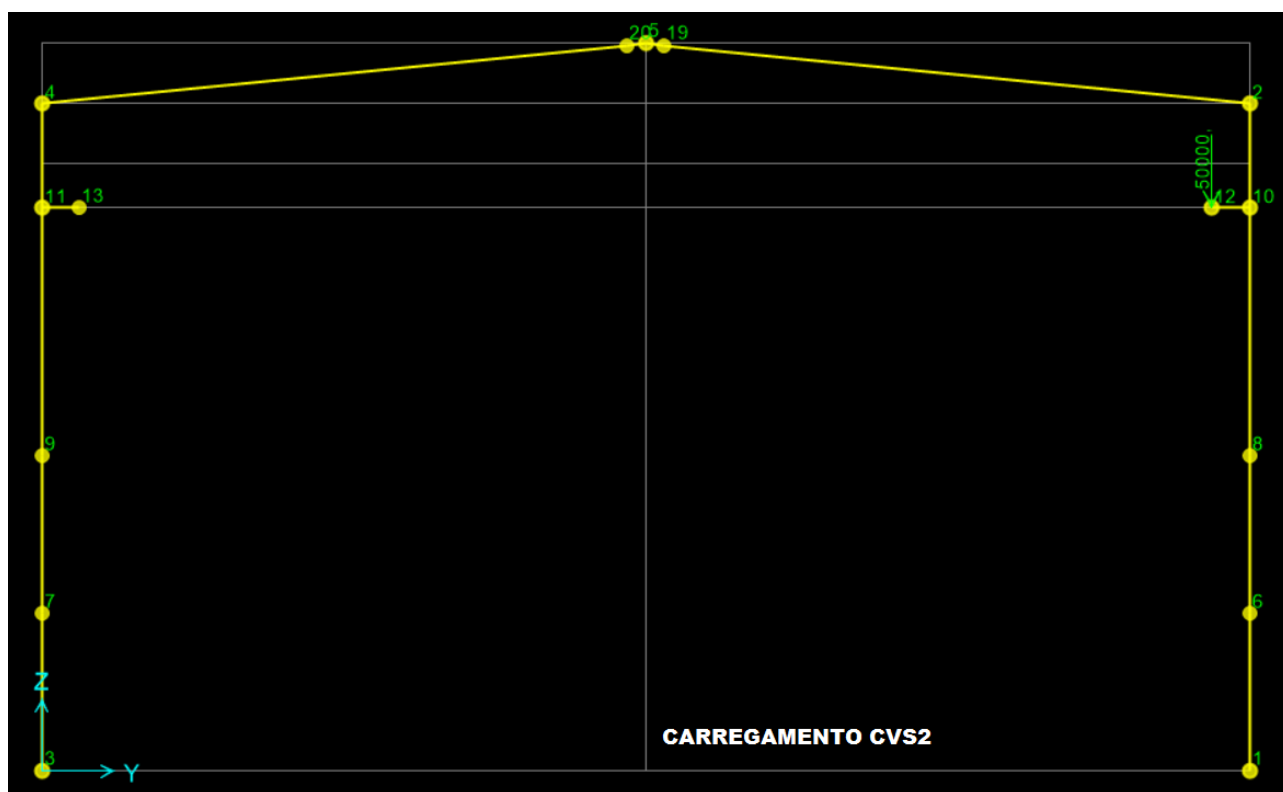


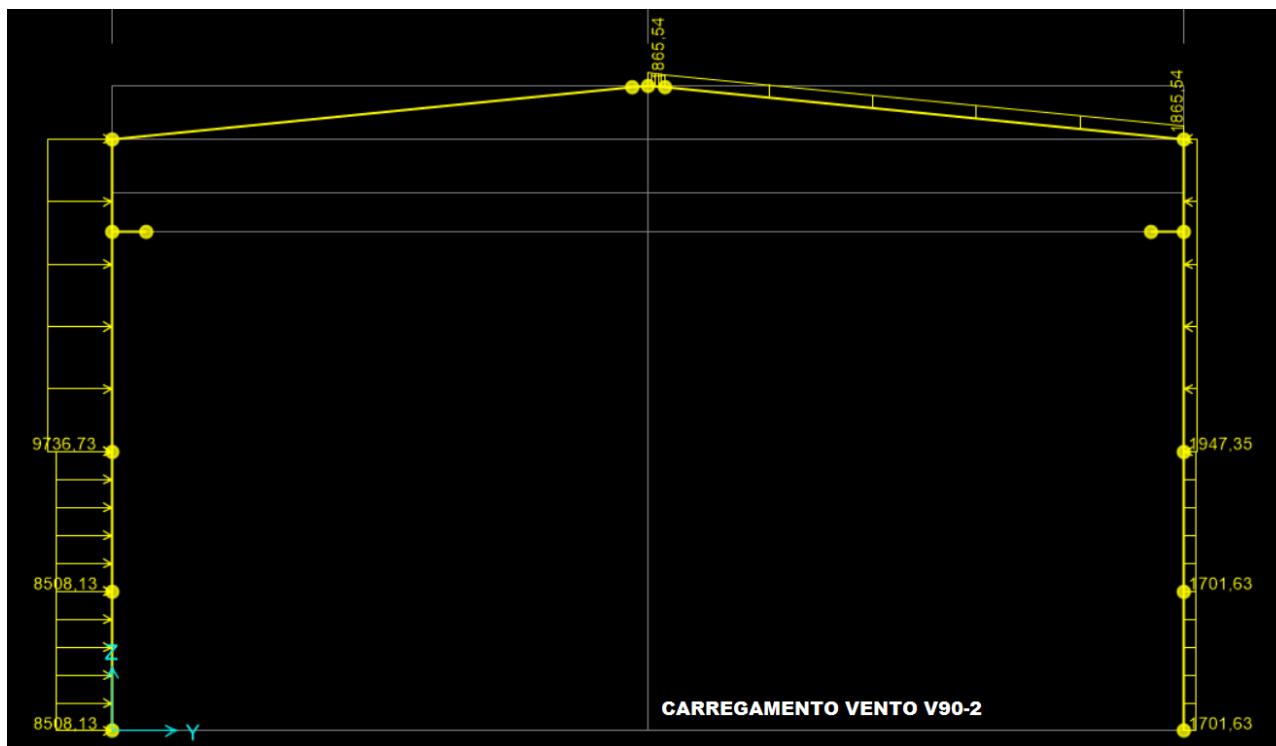
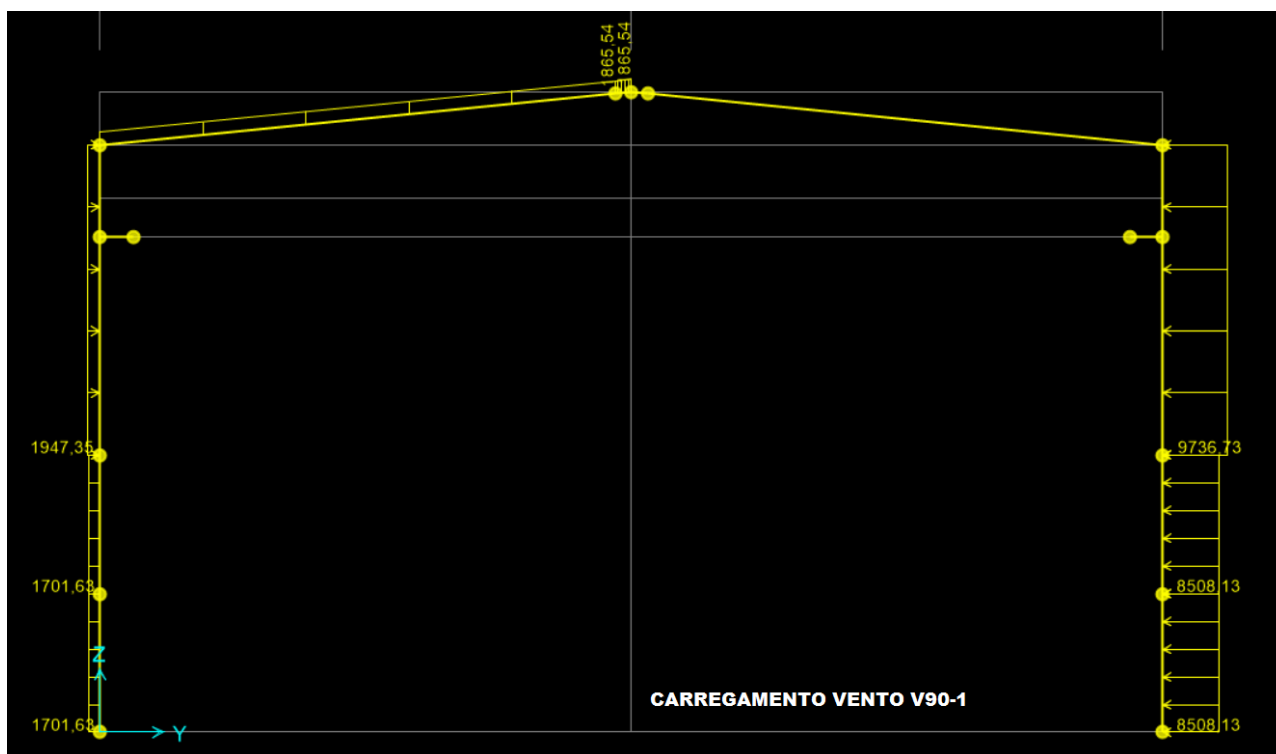






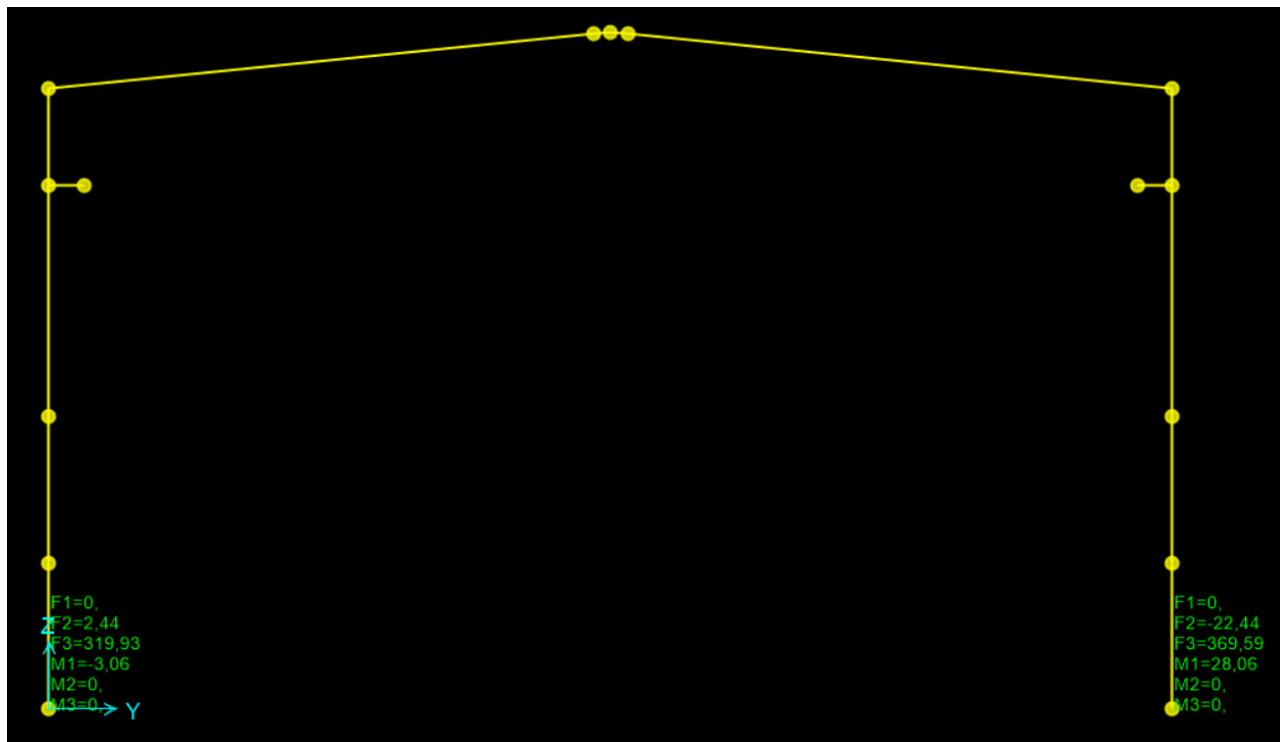




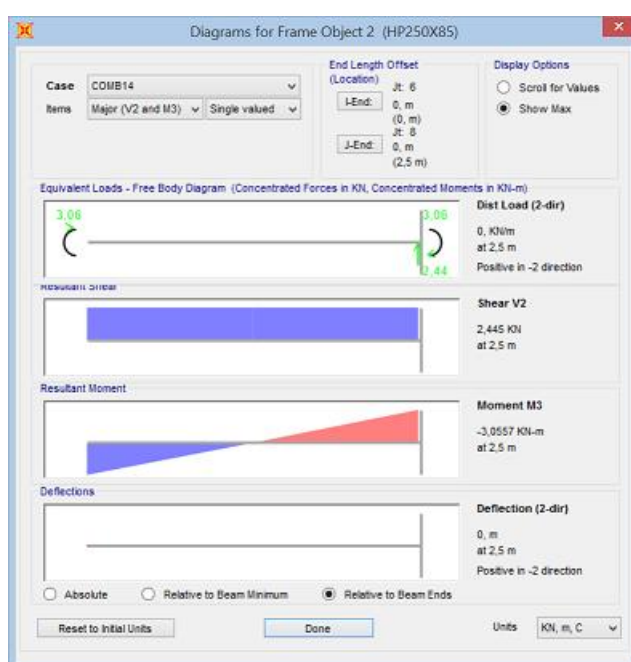
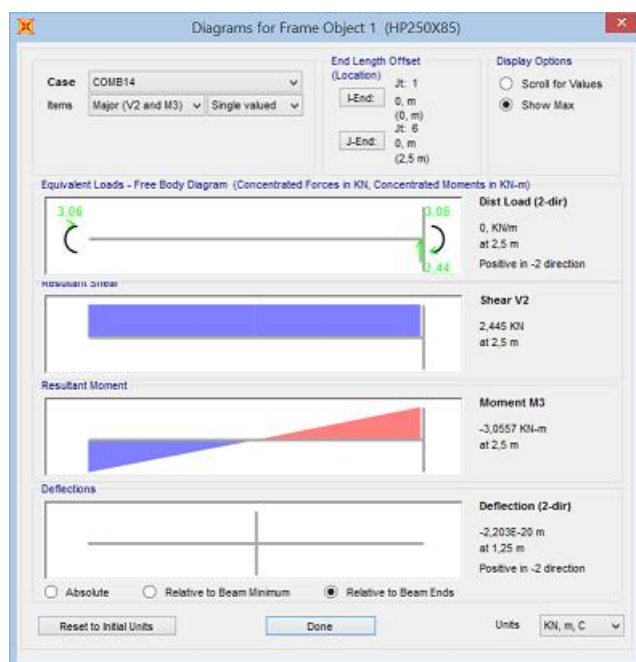


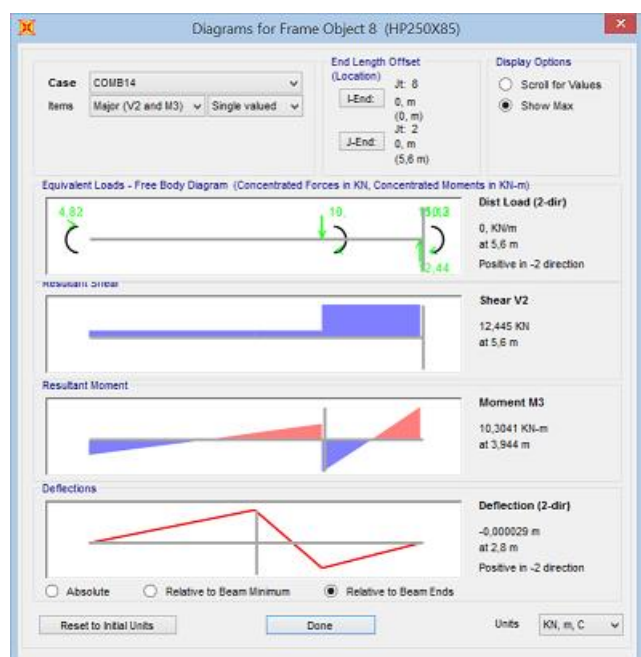
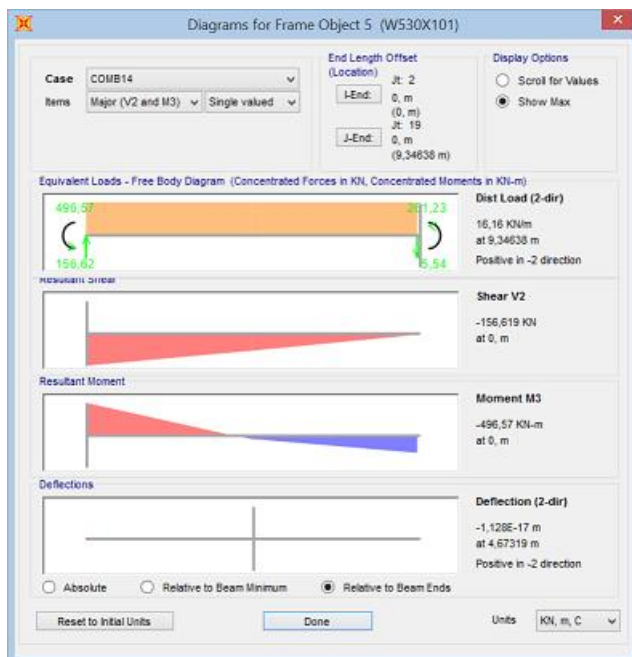
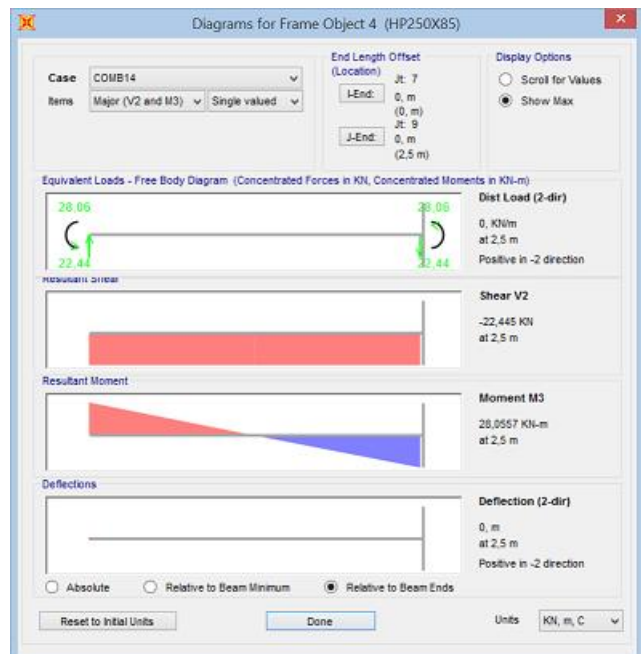
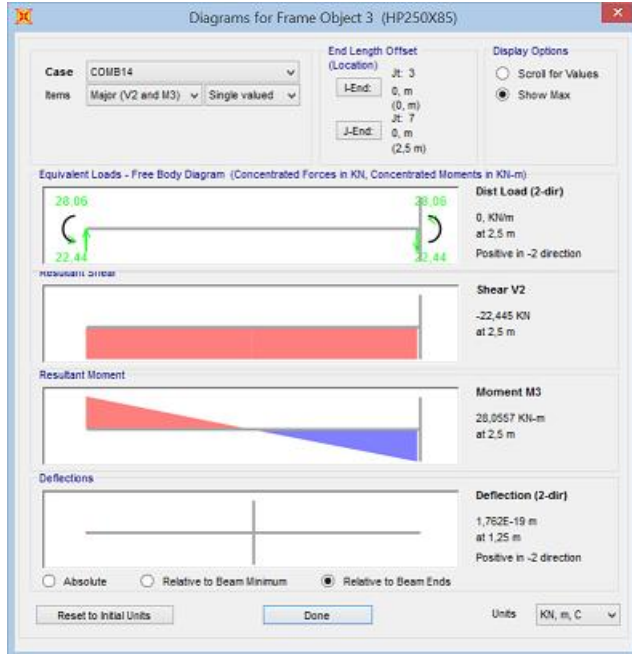
	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO
			Rev.: 00 Data: 17/01/17
	Página 23 of 31		

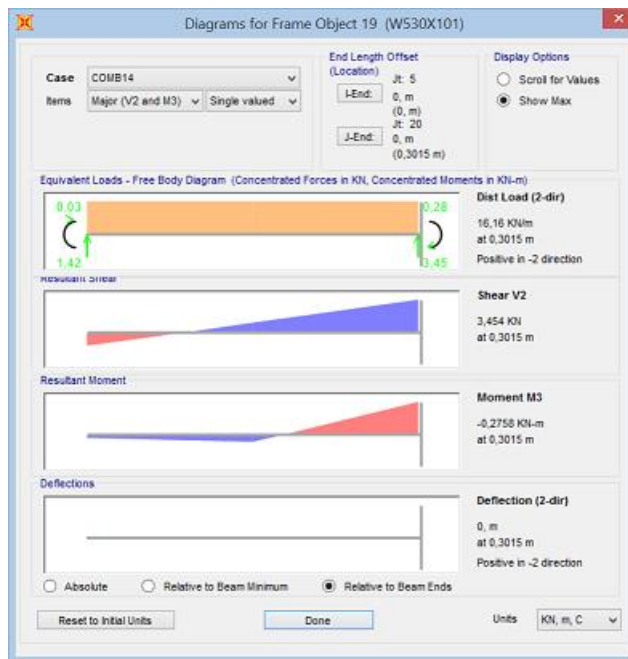
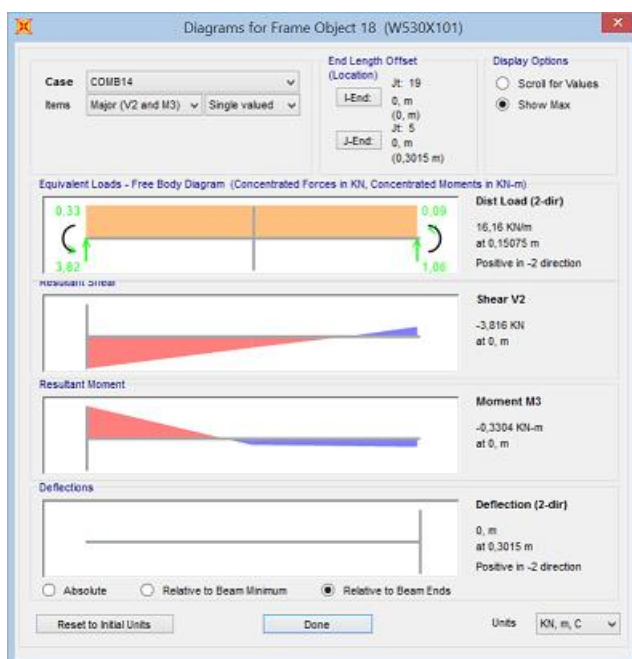
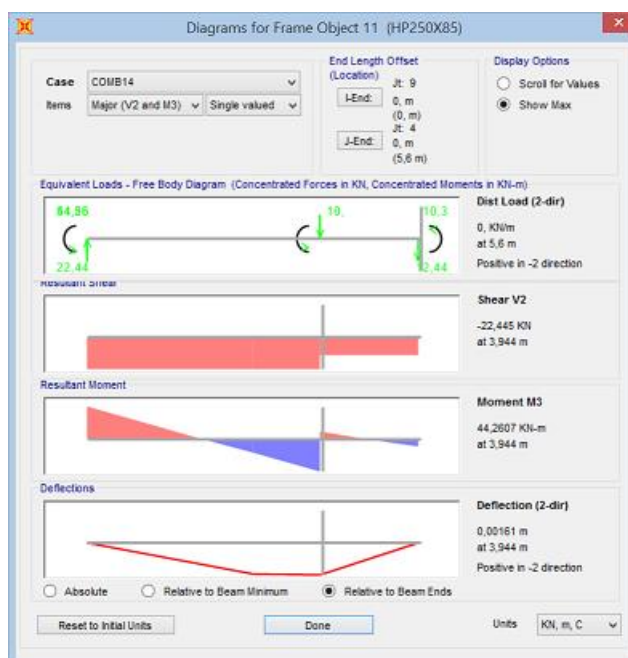
Abaixo segue imagens com os esforços obtidos do SAP2000: (em kN e kN.m)



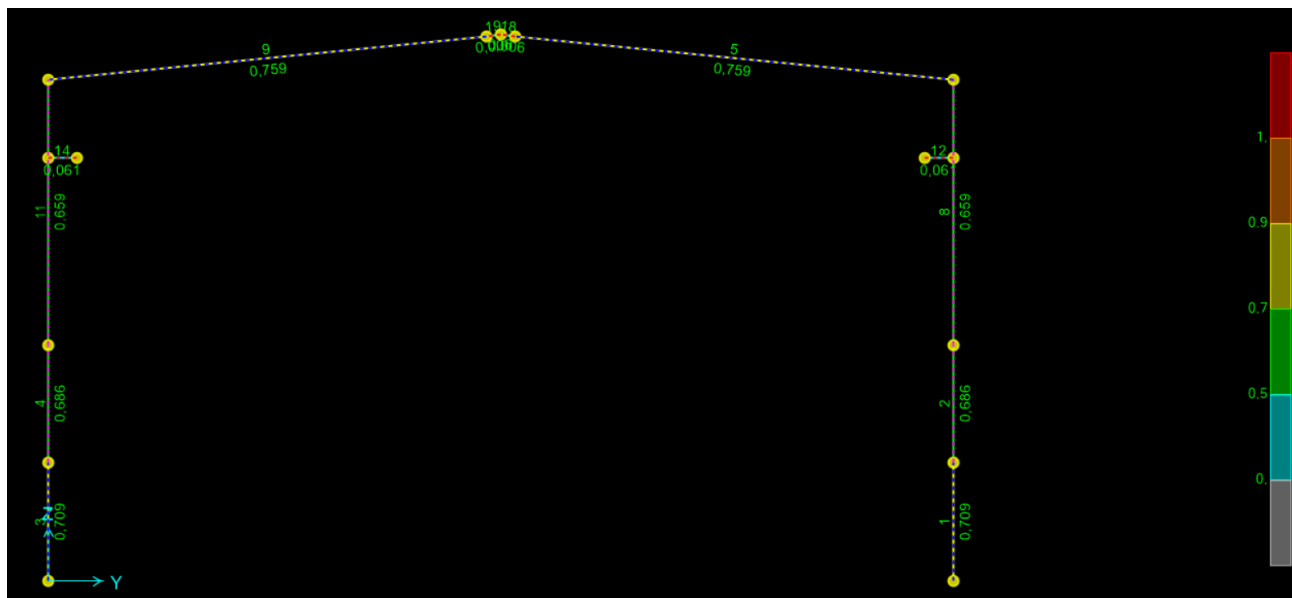
Esforços Máximos nas Barras retirados do SAP2000:



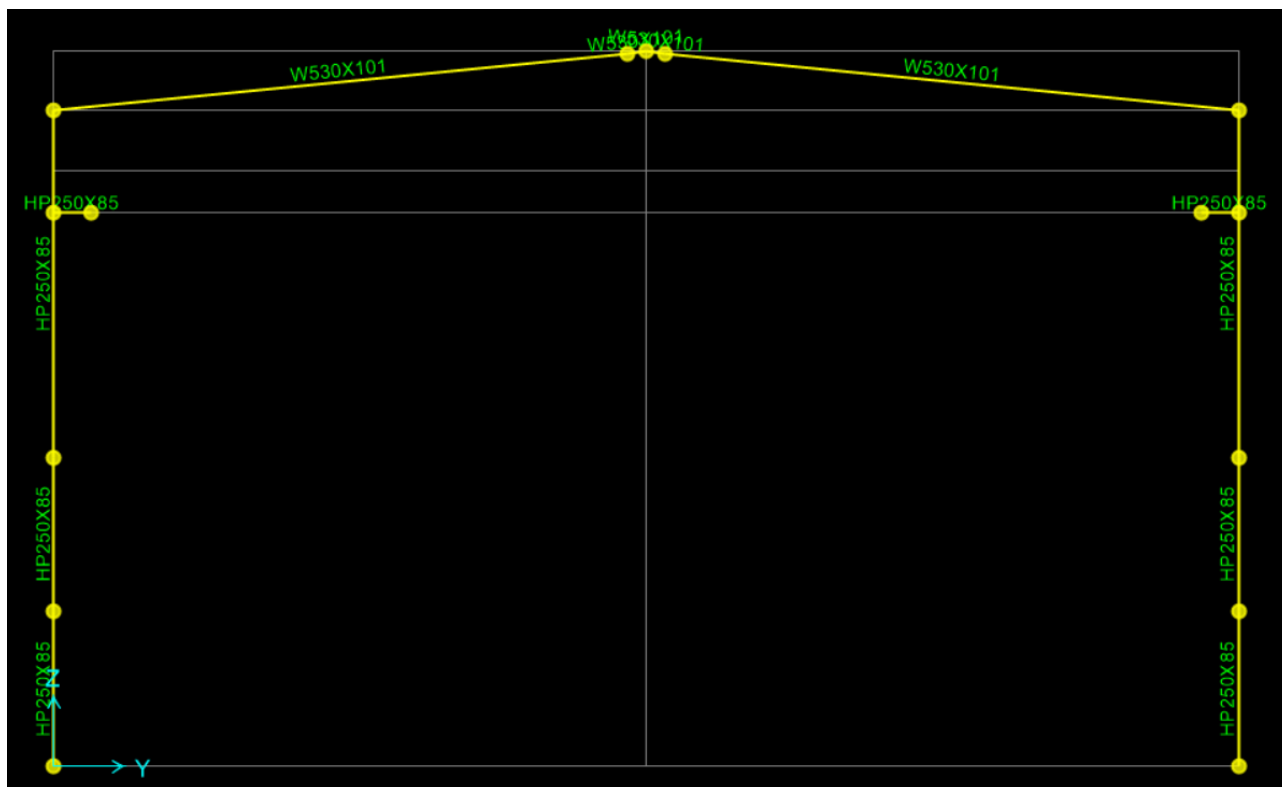




Segue abaixo a verificação dos elementos, mostrando a taxa de utilização de cada barra.

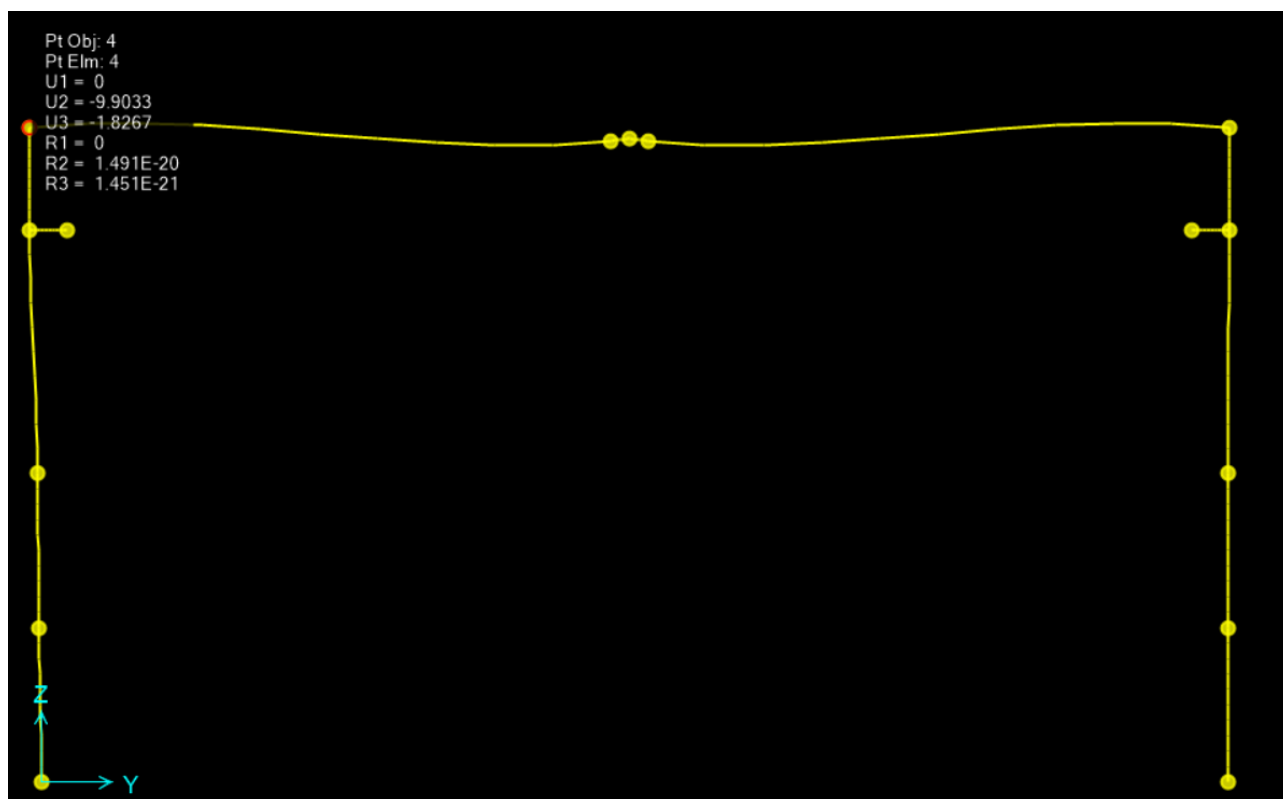
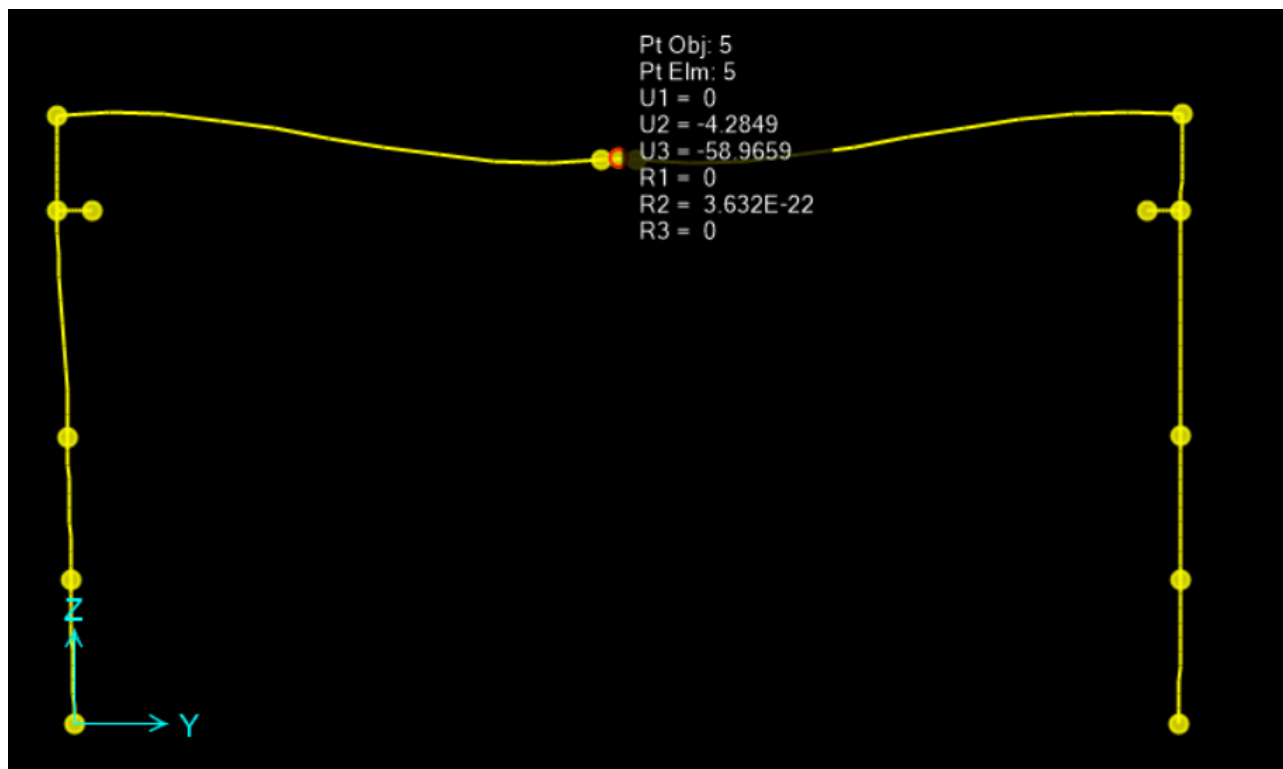


Segue abaixo perfis utilizados para configuração final do pórtico.

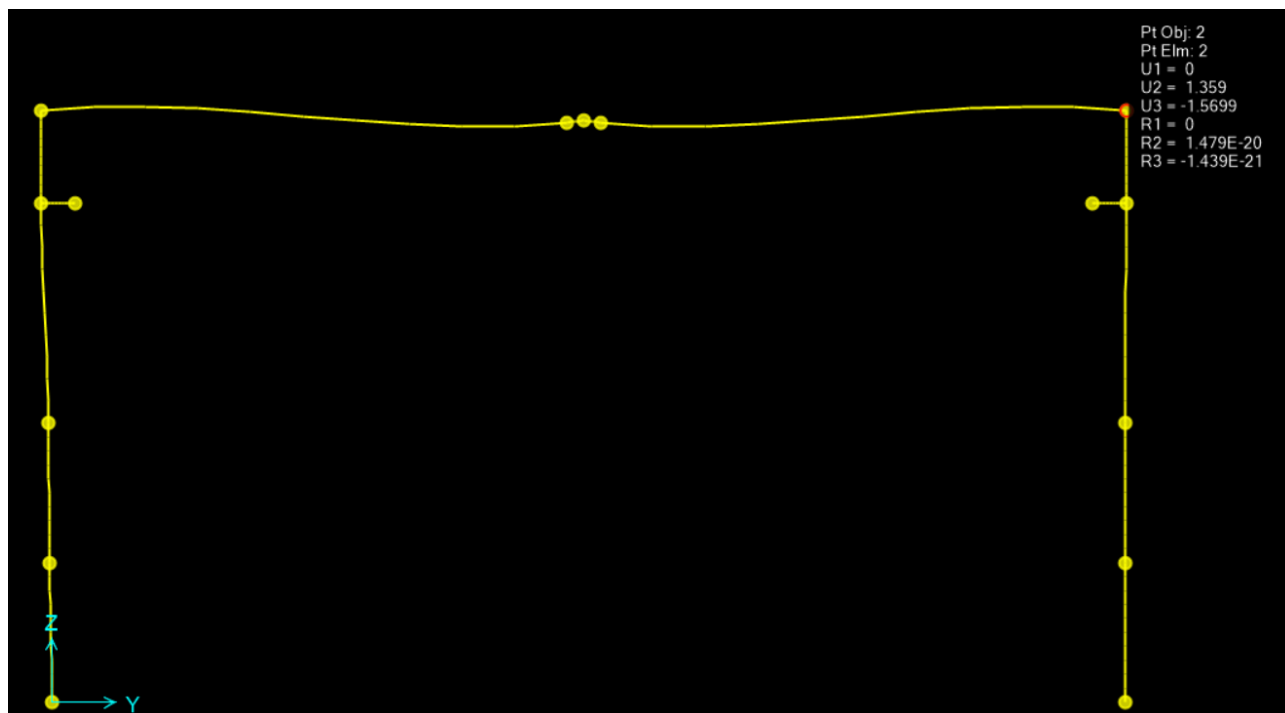


	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 17/01/17
		Página 27 of 31	

Segue abaixo os deslocamentos máximo obtidos na verificação do estado limite de último.



	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
	Página 28 of 31			



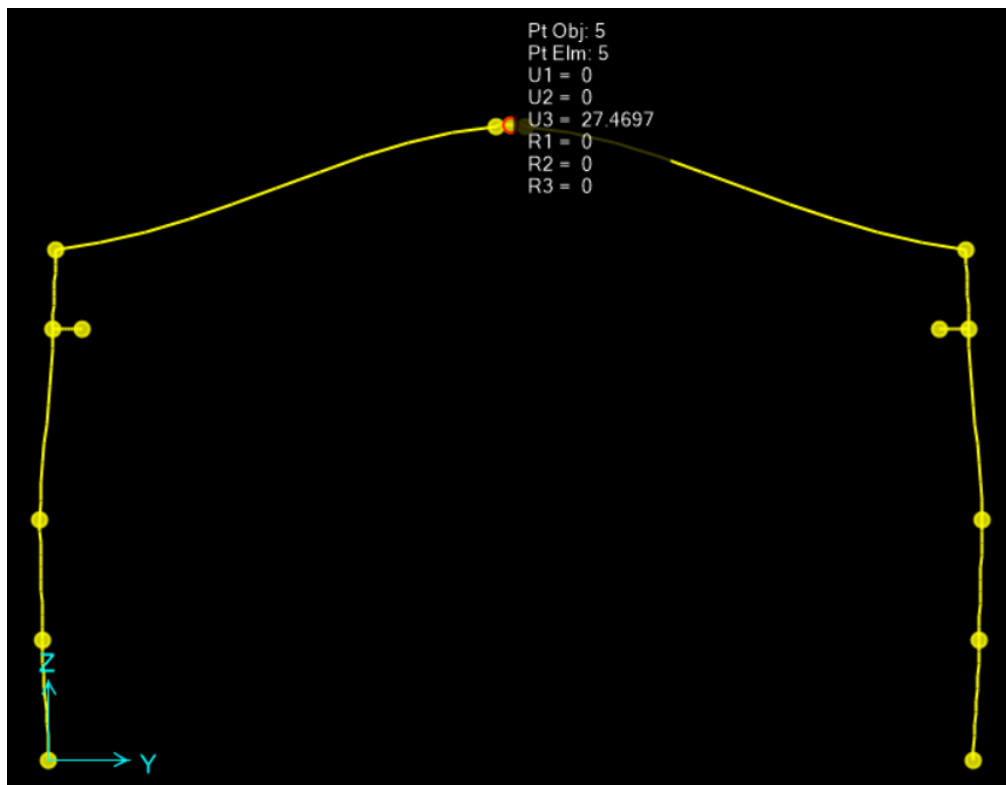
De acordo com a NBR8800 (Anexo C - tabela C.1 – item Vigas de Cobertura) os valores das deformações estão dentro dos limites aceitáveis.

Modelo: Deformação encontrada 59mm
Norma: $L/250 \quad 19200/250 = 76,8\text{mm}$

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
	Página 29 of 31			

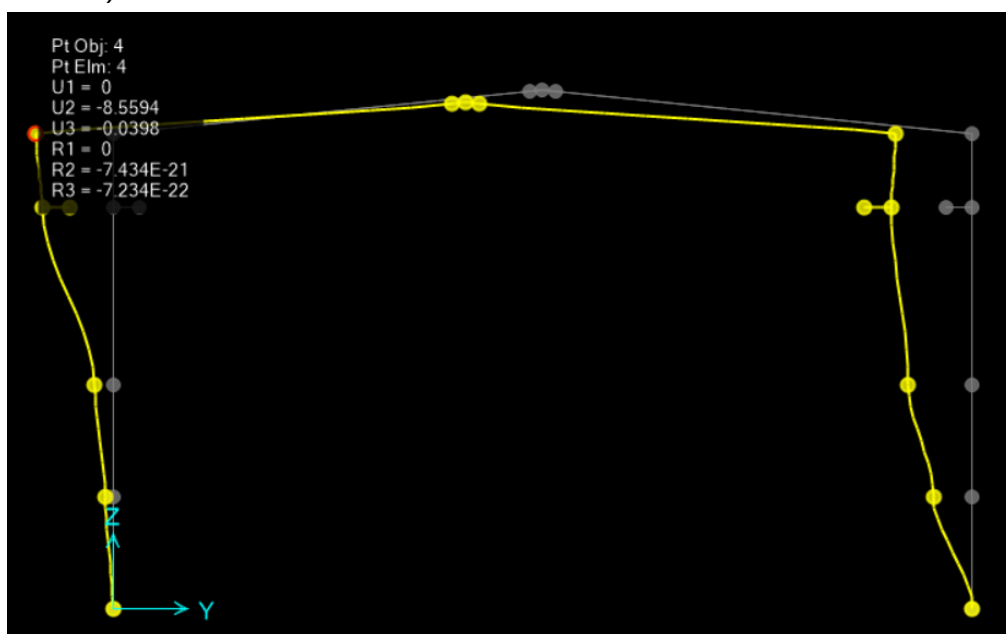
Segue abaixo os deslocamentos máximo obtidos na verificação do estado limite de utilização.

Para esta verificação foi considerado apenas o vento V0. Deslocamento Vertical 27mm. (limite $L/250 \rightarrow 19200/250 = 77\text{mm}$)



Para esta verificação foi considerado apenas o vento V90.

Deslocamento Horizontal 9mm. Mesmo valor para vento V90-1 como para V90-2. (Limite $L/300 \rightarrow 9600/300 = 32\text{mm}$).



	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 00	Data: 17/01/17
			Página 30 of 31	

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou, em partes, a elaboração de um galpão industrial, no qual identificamos um grande número de variáveis e características que devem ser levadas em consideração para a análise da estrutura. Pois tais variáveis mudam consideravelmente as condições de carregamento da estrutura.

Uma das maiores dificuldades encontradas foi na montagem da estrutura no software escolhido (SAP2000), pois o mesmo apresenta uma variedade de opções/ferramentas que devem ser configuradas corretamente antes de começar o lançamento e análise da estrutura. Pois mesmo tendo o software para auxiliar na análise da estrutura o engenheiro deve verificar as informações retiradas do software.

Isto, também, nos faz refletir o tamanho da responsabilidade que o engenheiro assume ao calcular tais estruturas.

Na parte estrutural, chegamos a um peso final do Pórtico de **4.064,50 kg**.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 00	Data: 17/01/17
		Página 31 of 31	

8 anexos

8.1 Anexo A: Catalogo da IVI.

8.2 Anexo B: Isopleta e tabelas para extração dos fatores S.