

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 1 of 58		

INSTITUTO IDD

PÓS- GRADUAÇÃO ESTRUTURAS METÁLICAS

MEMORIAL DE CÁLCULO EDIFÍCIO INDUSTRIAL EM AÇO

**ALUNOS: CARLOS HENRIQUE NAKASHIMA
MATHEUS HELLA**

Data	Revisão	Descrição	Elaboração	Verificação	Aprovação

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 2 of 58	

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	3
2	NORMAS UTILIZADAS.....	7
3	MATERIAIS UTILIZADOS.....	8
4	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	8
5	CARREGAMENTO E COMBINAÇÕES DE AÇÕES	11
5.1	CARGA DE VENTO.....	11
5.2	COMBINAÇÕES DE CARGA	18
6	ANÁLISE ESTRUTURAL	20
6.1	VIGA DE ROLAMENTO.....	20
6.1.1	AÇÕES.....	21
6.1.2	COMBINAÇÕES.....	22
6.1.3	SOLICITAÇÕES	22
6.1.4	DIMENSIONAMENTO	23
6.2	PÓRTICO PRINCIPAL	33
6.2.1	DADOS DE ENTRADA.....	35
6.2.2	VERIFICAÇÃO	37
6.2.3	DESLOCAMENTOS	38
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
8	ANEXOS	41
8.1	ANEXO A – CATÁLOGOS E ESPECIFICAÇÕES	41
8.2	ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DA OBRA	47
8.2.1	FORNECIMENTO E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS EM AÇO.....	47
8.2.2	APLICAÇÃO DE AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS	48
8.2.3	MONTAGEM DE ESTRUTURAS METÁLICAS.....	48
8.2.4	LANÇAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS.....	50
8.2.5	SOLDA ELÉTRICA DE FILETE	50
8.2.6	LIMPEZA DE ESTRUTURA METÁLICA HIDROJATEAMENTO/LIXAMENTO	51
8.2.7	PINTURA DE ESTRUTURA METÁLICA.....	51
8.2.8	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE PARAFUSOS A325 - INCLUSIVE TRAVA QUÍMICA	52

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este memorial tem por objetivo apresentar as metodologias e resultados obtidos na concepção e dimensionamento estrutural de um edifício industrial metálico.

A região de construção do edifício possui um vento básico (V_0) de 38 m/s, podendo então estar situada em alguma região destacada no mapa de isopletas mostrado na Figura 1.

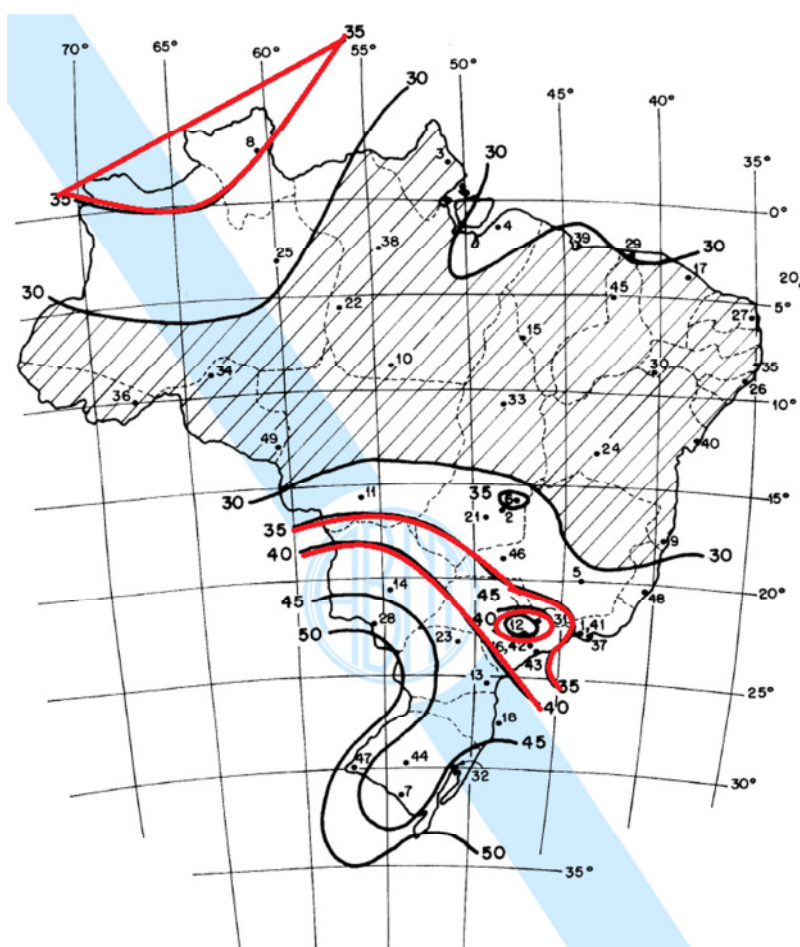


Figura 1 - Isopletas da velocidade básica do vento com áreas possíveis da edificação destacadas

Fonte: Adaptado de NBR 6123/1988.

O edifício situa-se numa região plana, longe de montanhas, serras ou outras grandes variações de altitude. Podendo ser localizado em situação análoga à ilustrada pelos pontos A e C da Figura 2.

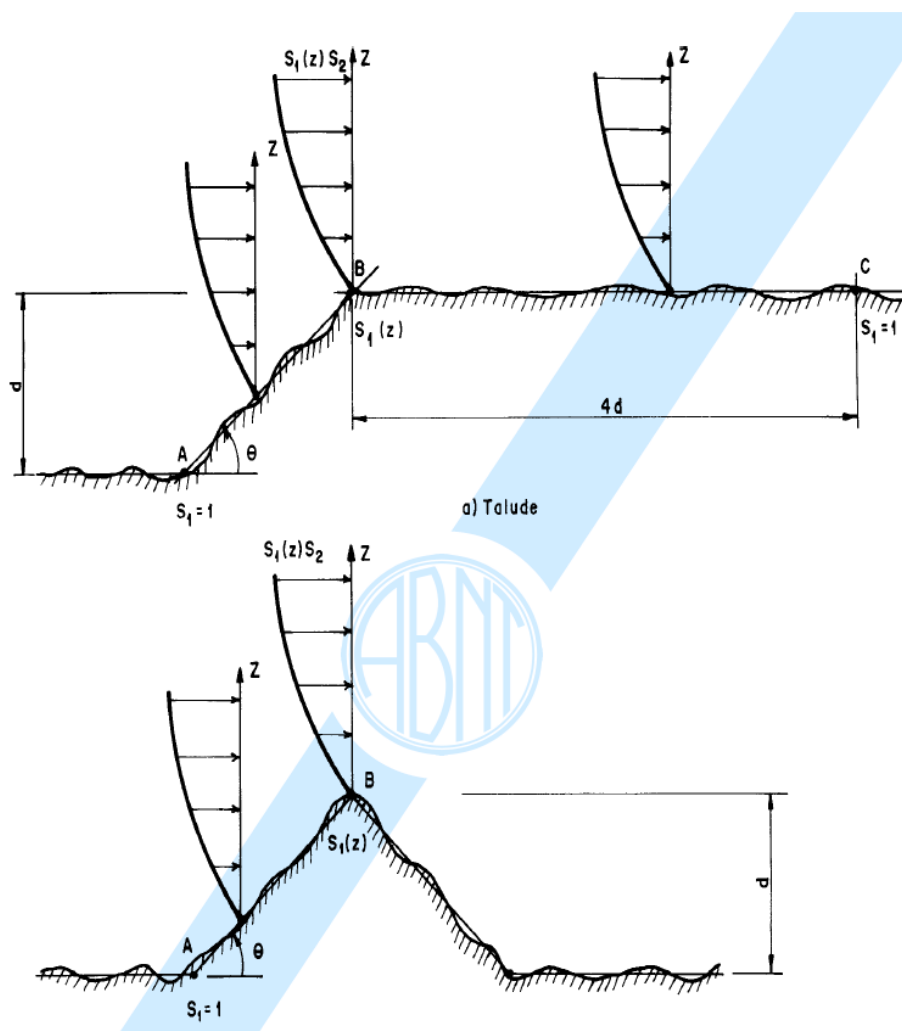


Figura 2 - Fator topográfico S_1

Fonte: NBR 6123/1988

O entorno da edificação é de uma distribuição esparsa de outras edificações, com poucos obstáculos ao vento, como árvores.

O galpão possui 41,40 m de comprimento, por 19,20 m de largura, com altura de 12,56 m. Essa área principal é de uso industrial, em que foi projetada uma ponte rolante com capacidade para 5 toneladas de carga de içamento.

O edifício possui uma área anexa de 19,20 m, por 6,40 m com sanitários, escritório e almoxarifado. Neste anexo, há um mezanino com duas salas para reuniões e treinamentos. A planta, vista lateral e vistas frontal e posterior são ilustradas, respectivamente, pela Figura 3, Figura 4 e Figura 5.

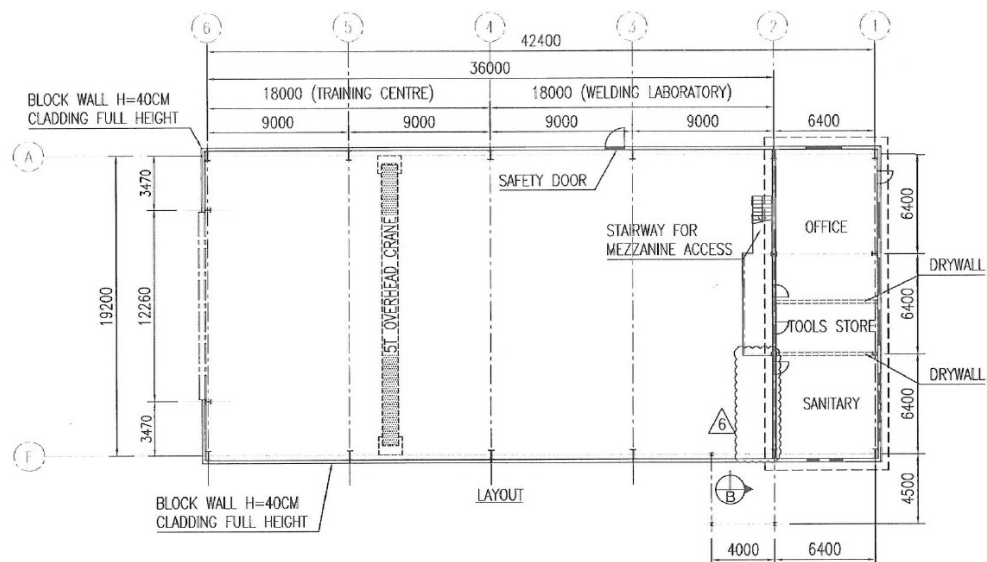


Figura 3 - Planta do galpão

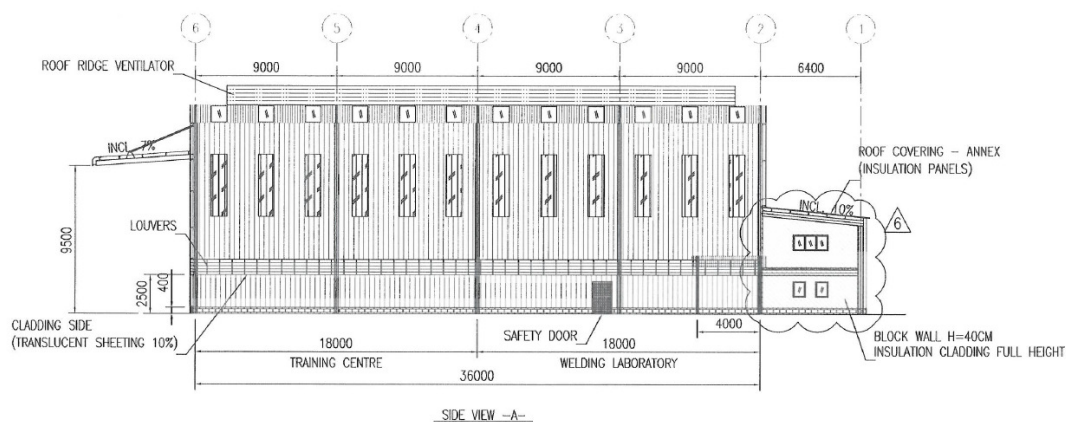


Figura 4 - Vista lateral do galpão

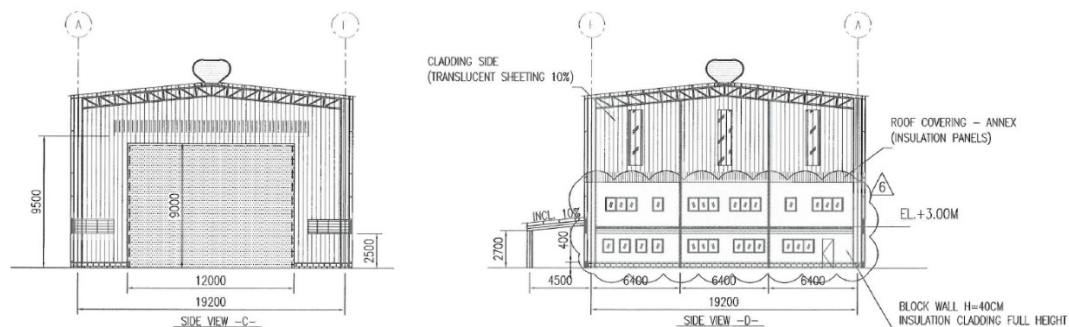


Figura 5 - Vistas frontal e posterior

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 6 of 58	

O posicionamento da ponte rolante no galpão é demonstrado através da Figura 6 e um detalhe do trole e da distribuição e cargas na viga de rolamento (trem tipo) é mostrado na Figura 7.

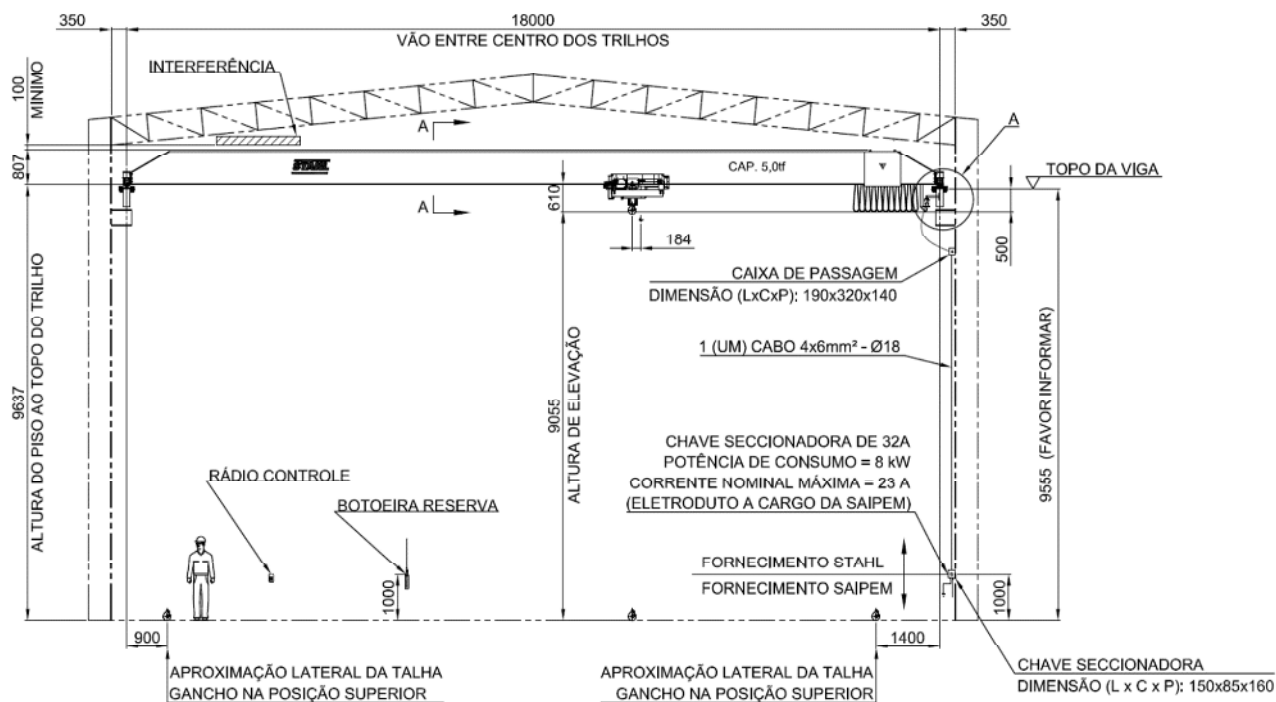


Figura 6 - Esquema de posicionamento da ponte rolante no galpão

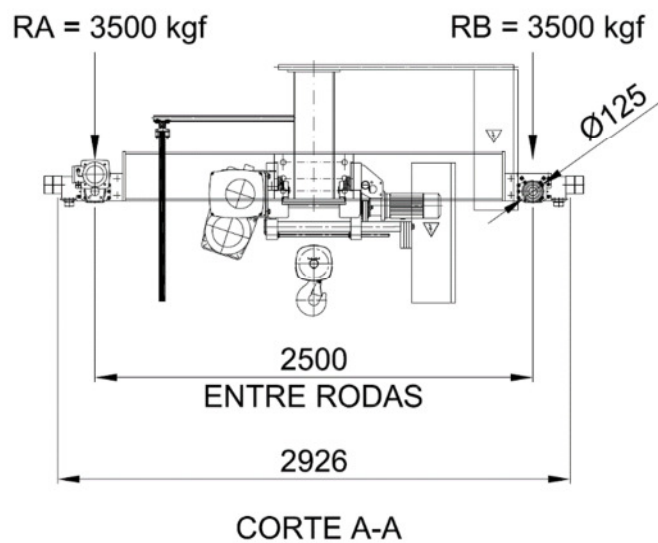


Figura 7 - Detalhe do trole e apoio na viga de rolamento

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 7 of 58	

Este memorial limitar-se-á à apresentação dos cálculos e considerações utilizadas no dimensionamento e projeto do pórtico da estrutura principal, o que inclui pilares em seção I, cobertura treliçada sendo os banzos compostos por perfis U e as diagonais e montantes compostos por cantoneiras duplas, opostas pelas faces. Também é contemplado o console que apoia a viga de rolamento.

2 NORMAS UTILIZADAS

Para a definição das cargas e ações sobre a estrutura do edifício foram seguidas as prescrições da *AISE Technical Report nº 13 – Guide for the Design and Construction of Mill Buildings (2003)*. (Figura 8 a)

Para a determinação das ações devidas ao vento, foi seguida a NBR-6123/1988 (Forças devidas ao vento em edificações). (- a) AISE 13 b)NBR 6123/1988 c)AISC (1989)Figura 8 b)

O dimensionamento dos elementos estruturais foi realizado com base no documento *Specification for Structural Steel Buildings – Allowable Stress Design and Plastic Design (1989)*, of American Institute of Steel Construction (AISC). (Figura 8 c)

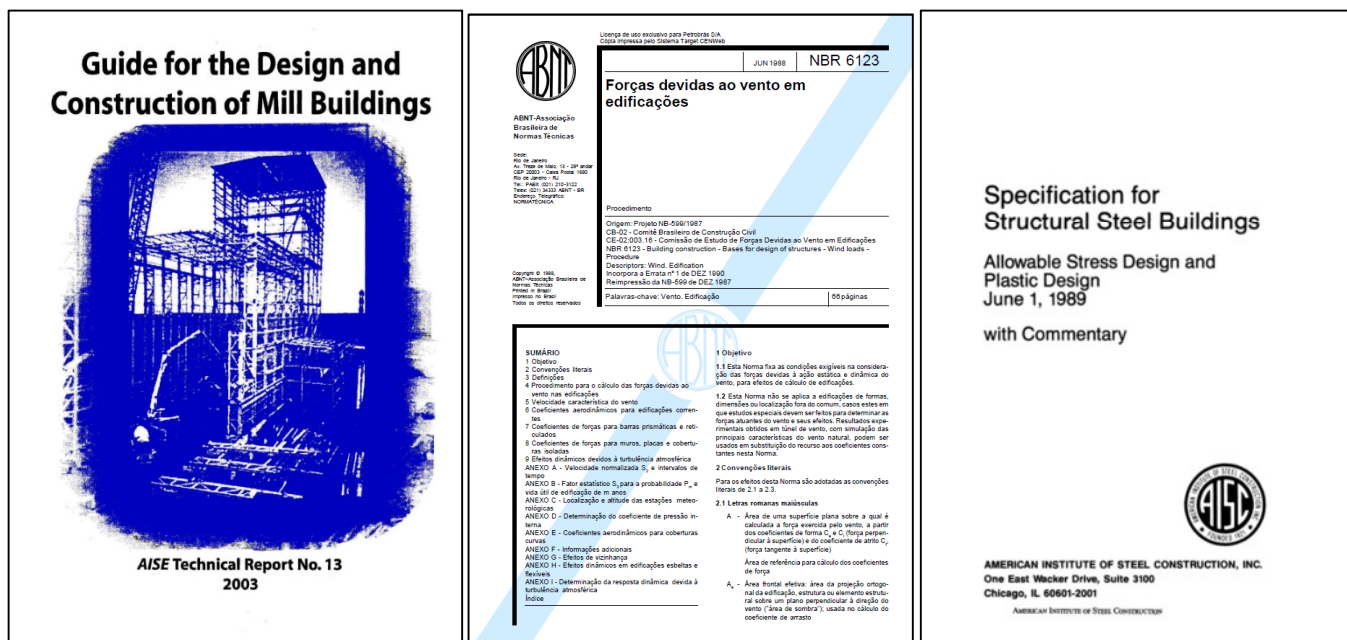


Figura 8 - a) AISE 13 b)NBR 6123/1988 c)AISC (1989)

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 8 of 58	

3 MATERIAIS UTILIZADOS

O aço utilizado segue as recomendações da norma NBR 8800/08, tendo sido considerado, portanto, módulo de elasticidade (E) de 200 GPa e módulo de elasticidade transversal (G) de 77 GPa.

Os aços adotados foram o ASTM A572 Gr50 em perfis W e cantoneiras, ASTM A-325 em parafusos. E metal de solda classe 70. Para as lajes, a forma em aço (armadura positiva colaborante) é composta por aço A653 Gr40. Também há, em menores quantidades, A 36 em chapas de ligação.

Os dimensionamentos e detalhamentos do projeto preveem uma estrutura de vigas e pilares em estrutura metálica e as lajes em steel deck, com concreto moldado in loco, através das convencionais e consagradas técnicas construtivas utilizadas hoje no Brasil.

As telhas adotadas para a utilização na cobertura são as do modelo LR-40 com espessura de 0,80 mm. Para a utilização no fechamento lateral, foram adotadas as telhas LR – 33, também com espessura de 0,80 mm.

O lanternim adotado para a ventilação da edificação é o modelo ALA 600 da IVI.

A ponte rolante adotada foi a ponte rolante apoiada Stahl univiga com capacidade de 5 toneladas.

A especificações e catálogos das telhas, lanternim e ponte rolante se encontram no Anexo A.

4 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A concepção da estrutura se baseou nos dados fornecidos. A planta foi fornecida como premissa do estudo e, portanto, foi respeitada, dando origem a modulação em 6 pórticos – aqui serão considerados 5. O dimensionamento contemplado nesse memorial diz respeito apenas às áreas por onde a ponte rolante trafega. A Figura 3, na introdução, pode ser utilizada para ilustrar essa modulação.

A Figura 9 auxilia a resumir a estrutura concebida. Além da planta, como premissa de projeto, também foram determinadas as seções transversais a serem determinadas para as peças. Este memorial descreve os cálculos da solução que incorpora pilares com seções de alma cheia, cobertura treliçada sendo os banzos Perfis U e as diagonais e montantes cantoneiras, no caso, duplas opostas pela face.

A escolha de posicionar o banzo inferior paralelo ao piso foi feita por parte da equipe, com o propósito de comparação com outros projetos que envolviam os mesmos componentes, mas foram concebidos com os banzos inferiores paralelos à cobertura.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 9 of 58	

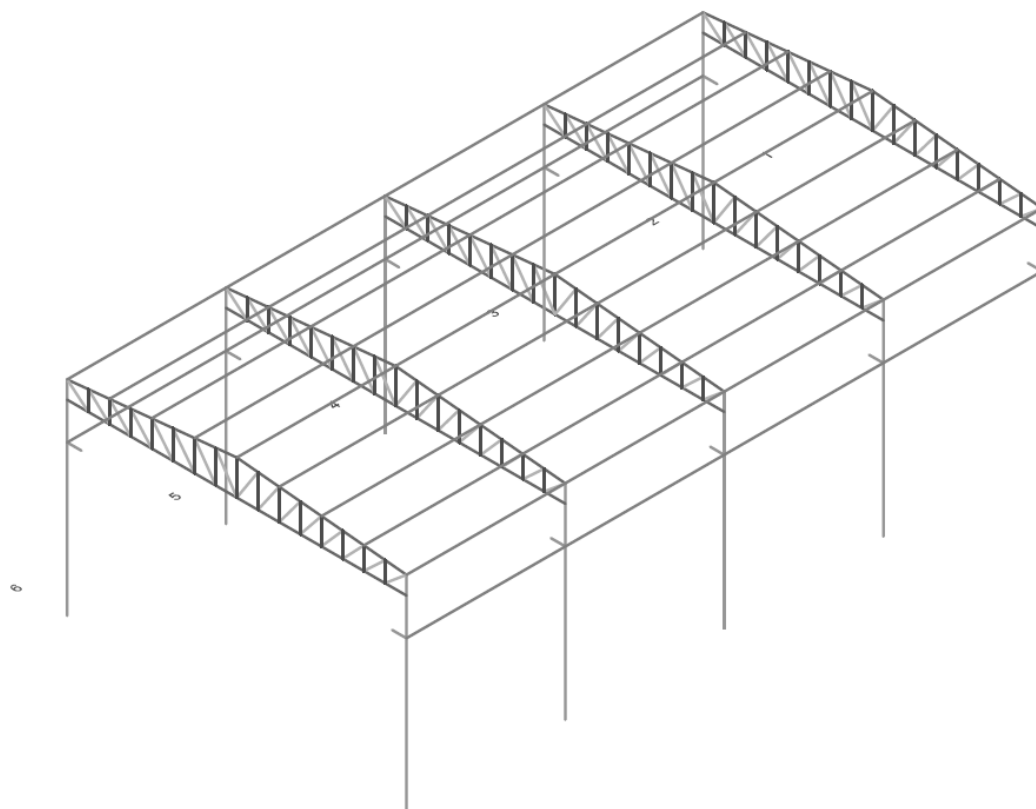


Figura 9 - Perspectiva esquemática da estrutura

Tendo respeitado a arquitetura e chegado à concepção ilustrada pela Figura 9, foi determinado qual o pórtico crítico, ou seja, o que possui a maior carga solicitante. Considerando a estrutura bastante simétrica e as sobrecargas e cargas gravitacionais relativamente igualmente distribuídas entre os pórticos centrais (3,4 e 5), o fator determinante para essa definição foi o vento. Os detalhes serão tratados no capítulo 5 desse memorial. Chegou-se assim à conclusão de que o pórtico mais solicitado é o de número 5, portanto, o dimensionamento se baseou em suas cargas e as peças encontradas foram então replicadas para os demais.

Um elemento estrutural omitido na Figura 9, mas ilustrado através da Figura 10, é o sistema de contraventamentos do sentido longitudinal do galpão. Portanto, a resistência lateral é feita no sentido longitudinal por contraventamentos e barras rígidas e, no sentido transversal por pórticos rígidos.

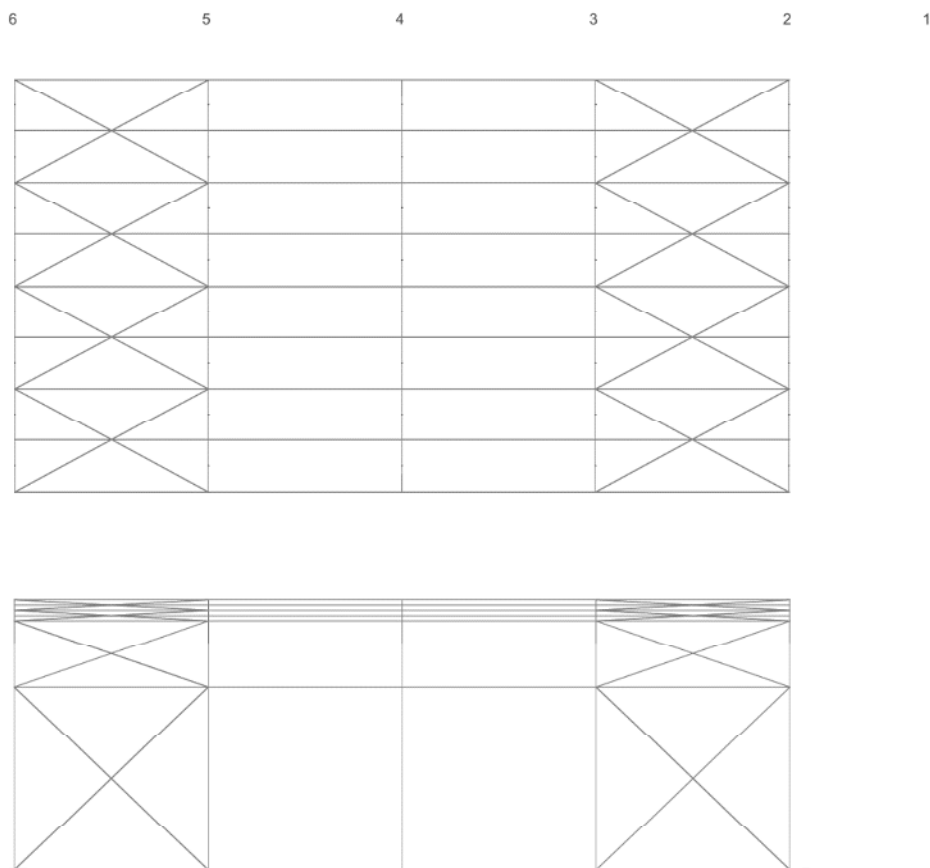


Figura 10 - Sistema de contraventamentos. Acima a cobertura. Abaixo a vista lateral

Alguns detalhes podem ser observados na Figura 9 e na Figura 10. Primeiramente, a existência de uma viga ligando os pilares na altura do console. Ela possui duas funções principais: compor o sistema de contraventamento e travar lateralmente a viga de rolamento. Também é possível ver a disposição das terças a cada 2,40 m. Um detalhe omitido nos desenhos para evitar sua poluição é a presença de “mãos francesas” ligando as terças aos banzos inferiores.

A estrutura foi concebida com o intuito de facilitar o transporte e a montagem em campo. Principalmente no que tange as ligações, é importante destacar que as treliças podem ser divididas em duas, para facilitar o transporte, sendo suas ligações soldadas em fábrica, exceto pela ligação central, parafusada. As ligações entre pilares e console e entre pilares e treliça também devem ser parafusadas para facilitar a execução.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 11 of 58	

5 CARREGAMENTO E COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As cargas consideradas no seguinte projeto são as recomendadas pela NBR 6120/1980 para o tipo de edificação comercial de pequeno porte.

Como o mezanino encontra-se blindado dentro do galpão industrial contra ações laterais, foram consideradas apenas cargas gravitacionais.

A laje em steel deck funciona como elemento diafragma, compatibilizando os deslocamentos laterais entre a parte superior de todos os pilares. Essa laje é vinculada também aos pilares compartilhados do mezanino com a estrutura do galpão. Portanto, todos os esforços oriundos do vento e outras cargas acidentais horizontais são resistidas pela estrutura do galpão, ficando o mezanino livre desses esforços.

Dessa forma, foram consideradas as ações permanentes devidas ao peso próprio das estruturas e materiais construtivos em geral, bem como cargas acidentais referentes ao uso de cada ambiente, métodos de concepção, cálculo e detalhamento.

Para as combinações de esforços seguiram-se as instruções contidas no AISE *technical report* nº 13.

Neste capítulo seguem mais detalhadamente os critérios utilizados para dimensionamento, detalhamento e definições das disposições construtivas estruturais do projeto, bem como suas justificativas e possíveis exceções.

5.1 CARGA DE VENTO

Para a determinação das cargas de vento, foram seguidas as determinações expostas na NBR 6123/1988.

O vento básico era uma premissa de projeto, indicando que, caso no Brasil, a obra se localiza em alguma das regiões destacadas na Figura 1. Outra premissa no que tange ao vento é o fator topográfico S1, que vale 1 o que indica que a obra não se localiza no topo de morros ou taludes como indicado na Figura 2. Por fim, a última premissa a ser tratada nessa seção é a categoria III que indica, para a rugosidade do terreno, poucos obstáculos em um solo plano cercado por algumas árvores, muros e edificações esparsas.

A partir das medidas da edificação resultantes da planta e da concepção estrutural, classifica-se o galpão como sendo pertencente à classe B. De posse desses dados, foi possível determinar os fatores meteorológicos e o fator S2 em função da altura da edificação. Para fins de cálculo foram adotadas as alturas de referência de 5 10 e 12 metros.

Para o fator estatístico S3, o galpão em questão foi classificado como pertencente ao grupo 3, que engloba, entre outras utilizações, edificações para a

indústria com alto fator de ocupação. Essa classificação se posiciona em favor da segurança, na incerteza quanto à ocupação da obra. O fator resultante é $S3=1$.

De posse dos três fatores e da velocidade básica do vento, é possível determinar a velocidade característica do vento (V_k) e posteriormente sua pressão dinâmica (q). Os passos descritos aqui, bem como seus resultados são descritos na Tabela 1

Tabela 1 - Determinação da pressão dinâmica do vento

Altura (z) [m]	S1	S3	Classe	Categoria	b	p	Fr	S2	V0 [m/s]	Vk [m/s]	q [N/m²]	q [kgf/m²]
5	1	1	B	III	0,94	0,105	0,98	0,8565363	38	32,54838	649,410382	66,1988157
10	1	1			0,94	0,105	0,98	0,9212	38	35,0056	751,165315	76,5713879
12	1	1			0,94	0,105	0,98	0,9390051	38	35,682195	780,483252	79,5599645

Para a determinação dos coeficientes de pressão e forma externos, seguiu-se a ilustração mostrada na Figura 11 e Figura 11 - Coeficientes de pressão externa Figura 12.

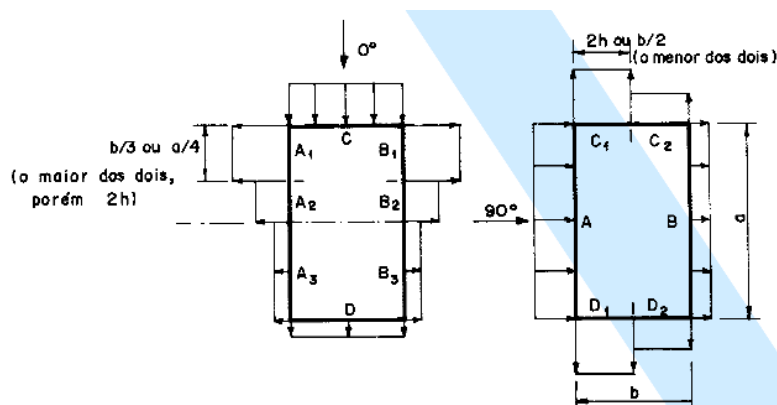


Figura 11 - Coeficientes de pressão externa

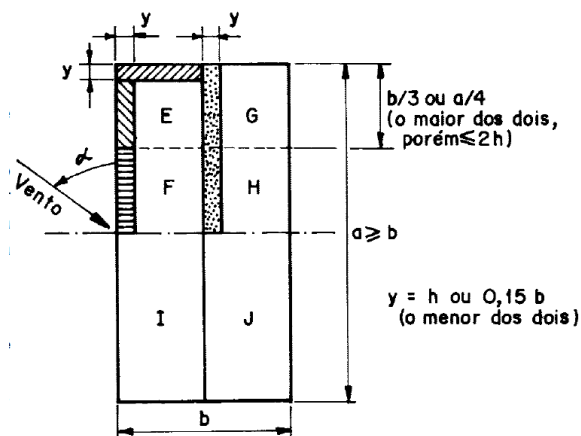


Figura 12 - Coeficientes de pressão externa

Considerando as relações entre a largura e a altura das faces, tem-se os valores dos coeficientes de pressão e forma externos (C_e) registrados na Tabela 2

Tabela 2 - Coeficientes de pressão e forma externos

Paredes							
α 0°	A1 e B1	A2 e B2	A3 e B3	C	D	Comprimento A1 e B1 [m]	Comprimento A2 e B2 [m]
C_e	-0,9	-0,4	-0,2	0,7	-0,3	10,6	10,6
α 90°	A	B	C1 e D1	C2 e D2	Médio	Comprimento C1 e D1 [m]	Comprimento C2 e D2 [m]
C_e	0,7	-0,6	-0,9	-0,5	-1,1	10	10
Telhado							
α 90°		α 0°		C_{pe} médio			
EF	GH	EG	FH				
-0,93	-0,6	-0,89	-0,6	-2	-2	-1,5	-1
I	J	I	J	Comprimento E e G [m]	Comprimento F e H [m]	Comprimento I e J [m]	
-0,93	-0,6	-0,2	-0,2	10,6	10,6	21,2	

Para a determinação dos coeficientes de pressão e forma internos, é importante a verificação de existência ou não de abertura dominante. Essa verificação é demonstrada pela Tabela 3. Demonstra-se que uma abertura possui área superior à área total das outras aberturas que constituem a permeabilidade considerada sobre toda a superfície externa da edificação. Portanto, por norma, há abertura dominante.

Foram consideradas, para efeito de cálculo de permeabilidade, janelas fechadas e portão aberto, simulando a pior situação. Para as venezianas e o lanternim, a permeabilidade foi baseada em consulta com os orientadores do projeto.

Tabela 3 - Verificação de abertura dominante

Abertura	Face	Dimensão	Permeabilidade	Resusltante
Veneziana	A	36	0,5	18
Janelas	A	3,5	0	0
Veneziana	B	36	0,5	18
Janelas	B	3,5	0	0
Portão	C	108	1	108
Venezianas	C	6	0,5	3
Janelas	D	18,9	0	0
Lanternim	Cobertura	19,2	1	19,2
			Total	166,2
			Maior	108
			Total - Maior	58,2
				Abertura Dominante

Tendo verificado a existência de abertura dominante, os coeficientes de pressão e forma internos (c_{pi}) são determinados de acordo com a proporção entre a área de abertura dominante e as demais áreas permeáveis e de acordo com a direção do vento. Os resultados dessa análise encontram-se dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes de pressão e forma internos

Abertura dominante em face de barlavento (V0)			
Proporção de aberturas	2,010869565	cpi	0,504347826
Abertura dominante na face de sotavento (V180)			
h [m]	12	Altura relativa (h/b)	0,6
b [m]	20	Proporção em planta (a/b)	2,12
a [m]	42,4	cpi	-0,3
Abertura dominante em face paralela ao vento (V90 e V270)			
h [m]	12	Altura relativa (h/b)	0,6
b [m]	20	Proporção em planta (a/b)	2,12
a [m]	42,4	cpi	-0,9

Juntando os dois coeficientes e agregando a pressão dinâmica do vento, tem-se a pressão efetiva (Δp) do vento, concentrando a pressão efetiva nos pórticos através da área de influência de cada um deles tem-se a carga de vento nos pórticos. Esse resultado é apresentado através da Tabela 5 e Tabela 6.

Essas cargas foram inseridas no software de análise estrutural e combinadas com as demais cargas para a determinação da combinação crítica de cada peça e, consequentemente para o dimensionamento dos elementos estruturais.

Tabela 5 - Cargas de vento a 0° no pórtico 5

Pórtico 5			
Direção da Força	Vento 0°		
Transversal	Posição	A1 e B1	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
5	-92,9661629	6,1	-567,0935937
10	-107,5328621	6,1	-655,950459
12	-111,7298632	6,1	-681,5521654
Transversal	Posição	A2 e B2	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
5	-59,86675506	2,9	-173,6135897
10	-69,24716818	2,9	-200,8167877
12	-71,94988093	2,9	-208,6546547
Transversal Total			
z	Força [kgf/m]	Força [kN/m]	
5	-740,7071833	-7,266337469	
10	-856,7672467	-8,40488669	
12	-890,2068201	-8,732928905	
Cobertura	Posição	EG	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
12	-110,9342635	6,1	-676,6990076
Cobertura	Posição	FH	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
12	-87,86187383	2,9	-254,7994341
Cobertura Total			
z	Força [kgf/m]	Força [kN/m]	
12	-931,4984417	-9,137999713	

Tabela 6 - Cargas de vento a 90 e 180° no pórtico 5

Vento 90°			
Direção da Força	Posição	A	
Transversal			
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
5	105,9181051	9	953,2629459
10	122,5142206	9	1102,627986
12	127,2959432	9	1145,663489
Transversal	Posição	B	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
5	19,85964471	9	178,7368024
10	22,97141637	9	206,7427473
12	23,86798935	9	214,8119041
Cobertura	Posição	EF	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
12	-2,386798935	9	-21,48119041
Cobertura	Posição	GH	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
12	23,86798935	9	214,8119041
Vento 180°			
Direção da Força	Posição	A1 A2 B1 e B2	
Transversal			
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
5	6,619881569	9	59,57893412
10	7,657138789	9	68,9142491
12	7,955996449	9	71,60396804
Cobertura	Posição	EF e GH	
z	Δp	Largura de Influência [m]	Força [kgf/m]
12	7,955996449	9	71,60396804

A Figura 13 ilustra como as cargas de vento a 0° foram aplicadas a estrutura. Por razões práticas, na inserção dessas cargas no software, utilizou-se carga trapezoidal, suavizando o escalonamento ilustrado em favor da segurança.

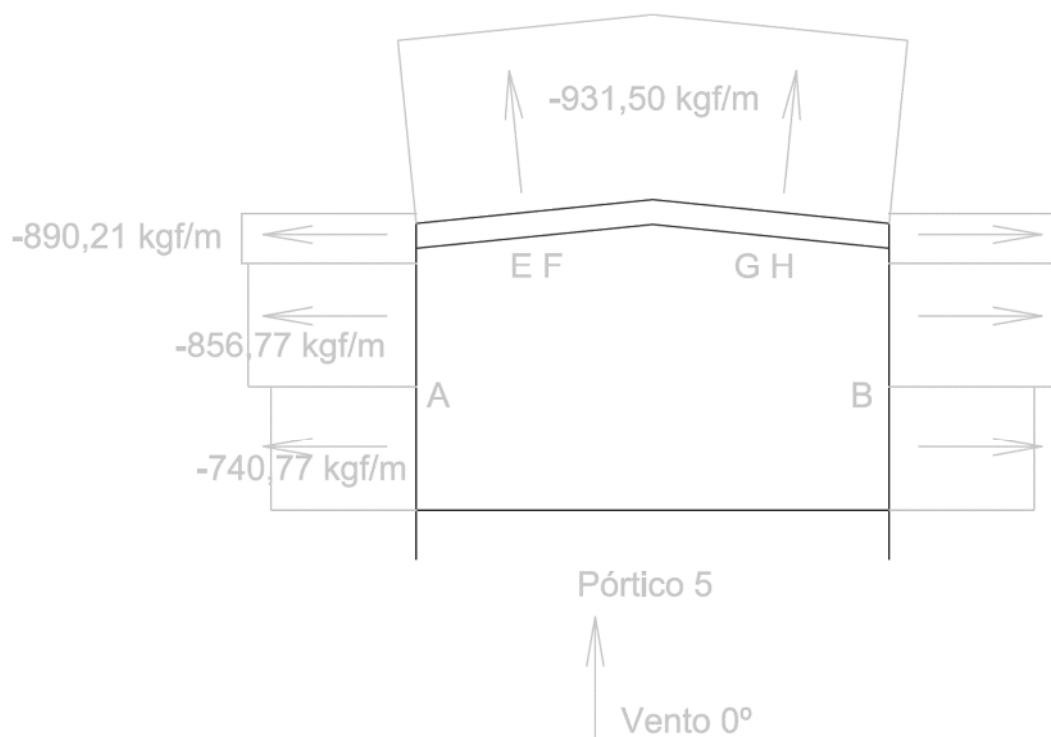


Figura 13 - Cargas de vento 0° no pórtico 5

5.2 COMBINAÇÕES DE CARGA

Para a determinação das combinações de carga, foram utilizadas as diretrizes fornecidas pelo AISE 13. Algumas das combinações listadas foram omitidas em função da simetria da estrutura permitir (vento 0° e vento 270°, por exemplo). Outras combinações não foram inseridas em casos de não haver coerência entre as solicitações e o projeto, tais como sismos, fluidos, enchentes e neve.

Quando necessários, esforços foram aplicados em diferentes pontos da estrutura para simular a pior situação para quaisquer peças. Como resultado tem-se, para o pórtico principal um total de 37 combinações como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Combinações de carga utilizadas

1	D
2	D + L
3	D + Lr
4	D + 0,75 * L + 0,75 * Lr
5.1	D + W0
5.2	D + W90
5.2	D + W180
6.1	D + 0,75 * W0
6.2	D + 0,75 * W90
7.1	0,6 * D + W0
7.2	0,6 * D + W90
8.1	D + L + Lr + Cvs1 + Ci1 + Css + Cls
8.2	D + L + Lr + Cvs2 + Ci2 + Css + Cls
9.1	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * W0
9.2	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * W0
9.3	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * W90
9.4	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * W90
9.5	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * W180
9.6	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * W180
10.1	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * Css + 0,75 * 0,5 * W0
10.2	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * Css + 0,75 * 0,5 * W0
10.3	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * Css + 0,75 * 0,5 * W90
10.4	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * Css + 0,75 * 0,5 * W90
10.5	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * Css + 0,75 * 0,5 * W180
10.6	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * Css + 0,75 * 0,5 * W180
10.7	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * Css2 + 0,75 * 0,5 * W0
10.8	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * Css1 + 0,75 * 0,5 * W0
10.9	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * Css2 + 0,75 * 0,5 * W90
10.10	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * Css1 + 0,75 * 0,5 * W90
10.11	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,75 * Css2 + 0,75 * 0,5 * W180
10.12	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,75 * Css1 + 0,75 * 0,5 * W180
11.1	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci1 + 0,67 * 0,67 * Cbs
11.2	0,75 * D + 0,75 * L + 0,75 * Lr + 0,75 * Cvs2 + 0,75 * Ci2 + 0,67 * 0,67 * Cbs
12.1	D + Cvs1 + 0,5 * Css + Ci1
12.2	D + Cvs2 + 0,5 * Css + Ci2
12.3	D + Cvs1 + 0,5 * Css2 + Ci1
12.4	D + Cvs2 + 0,5 * Css1 + Ci2

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 20 of 58	

As notações D, L, Lr e W se referem, respectivamente, à carga permanente, sobrecarga, sobrecarga de cobertura e vento. Para a consideração da ponte rolante, Cvs, Ci, Css e Cbs se referem, respectivamente, carga vertical, impacto vertical, carga transversal, impacto no batente. Mais detalhes das considerações feitas para a ponte rolante podem ser observados na descrição do cálculo da viga de rolamento.

6 ANÁLISE ESTRUTURAL

6.1 VIGA DE ROLAMENTO

As vigas de rolamento em questão foram dimensionadas para receber solicitações de uma ponte rolante com capacidade de 5 toneladas (5.000 kgf) de carga de içamento. O peso total da ponte, sem carga, é de 4.207 kg (3.850 kg da ponte e 357 kg da talha).

O modelo da ponte adotada possui apoio em duas rodas de cada lado, espaçadas entre si em 2,50 m.

Foram concebidas no projeto duas linhas de vigas de rolamento, ao longo das duas laterais do galpão, no sentido longitudinal. As vigas são simplesmente apoiadas (isostáticas), com vão livre de 9 m, ficam apoiadas em consoles, estes engastados nos pilares dos pórticos principais da estrutura. As vigas devem ser travadas, na posição central, na viga de fechamento, de forma a quebrar seu comprimento de flambagem lateral por torção pela metade (4,50 m).

A ponte rolante é apoiada sobre trilhos, que por sua vez apoiam nas vigas de rolamento. O trilho adotado é detalhado através da Figura 14

- Carga de impacto no batente (Cbs): 2.100 kgf por roda;

6.1.2 COMBINAÇÕES

Foram analisadas as combinações de cargas presentes na AISE 13, que influenciam na peça em questão (no caso, vigas de rolamento). Elas são listadas na Tabela 8

Tabela 8 - Combinações de carga utilizadas para verificar a viga de rolamento

1	D
8.1	$D + Cvs1 + Ci + Css$
9.1	$0,75 * D + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci$
10.1	$0,75 * D + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci + 0,75 * Css$
12.1	$D + Cvs1 + 0,5 * Ccss + Ci$

6.1.3 SOLICITAÇÕES

Para as vigas de rolamento (vão de 9 m), foram calculadas as solicitações abaixo, causadas pelas combinações de carga acima:

- Momento Fletor no eixo de maior inércia;
- Momento Fletor no eixo de menor inércia;
- Esforço cortante no eixo vertical;
- Reação de apoio vertical máxima;
- Reação de apoio vertical mínima;

Os resultados dos cálculos se encontram dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Cálculo das solicitações para a viga de rolamento

Para uma viga de rolamento L = 9 m					
Cargas	Efeito My (tf.cm) maior inércia	Efeito Vy (tf)	Efeito Mz (tf.cm) menor inércia	Reação Apoio y (tf) máxima	Reação Apoio y (tf) mínima
D	159,98	33,3	-	66,61	66,61
Cvs1	1.160,04	614,68	-	614,88	193,68
Ci	290,01	153,67	-	153,72	-
Css	-	-	464,02	-	-
Combinações de Cargas	-	-	-	-	-
D	159,98	33,3	-	66,61	66,61
D + Cvs1 + Ci + Css	1.610,03	801,65	464,02	835,21	260,29
0,75 * D + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci	1.207,52	601,24	-	626,41	195,21
0,75 * D + 0,75 * Cvs1 + 0,75 * Ci + 0,75 * Css	1.207,52	601,24	348,01	626,41	195,21
D + Cvs1 + 0,5 * Css + Ci	1.610,03	801,65	232,01	835,21	260,29
	1.610,03	801,65	464,02	835,21	260,29

As solicitações foram encontradas através de linha de influência em uma modelagem em duas dimensões da viga de rolamento através do software FTool.

6.1.4 DIMENSIONAMENTO

O pré-dimensionamento seguiu as seguintes prescrições feitas por Bellei (2010).

10.4 - Flechas admissíveis		
1 - Vertical, devido ao trem-tipo (carga móvel), sem impacto:		
Vigas para pontes rolantes com capacidade ≤ 20 tf	-	L/600
Vigas para pontes rolantes com capacidade ≥ 20 tf	-	L/800
Vigas para pontes rolantes siderúrgicas	-	L/1.000
2 - Lateral, devido ao trem-tipo:		
Vigas para qualquer ponte rolante	-	L/600

Figura 15 – Flechas admissíveis

Fonte: BELLEI, 2010.

No caso deste projeto, será adotada uma flecha admissível de $L/600$. Ou seja, $9.000 \text{ mm} / 600 = 15 \text{ mm}$.

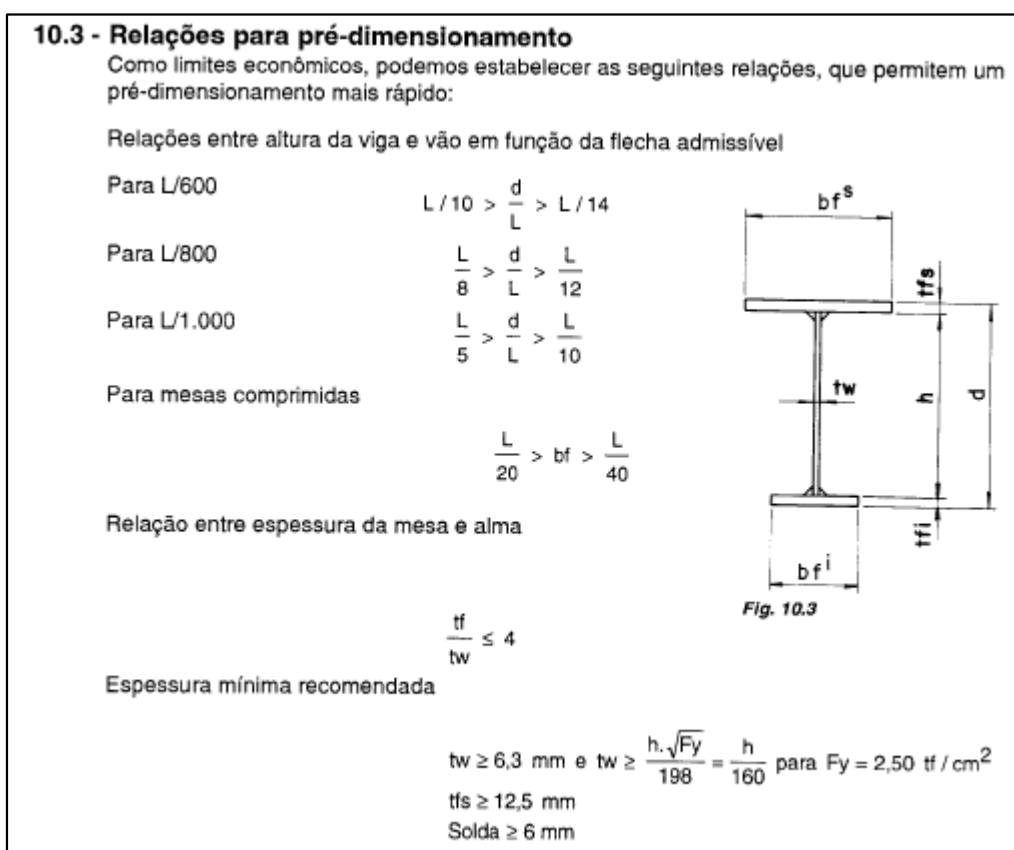


Figura 16 - Relações para pré-dimensionamento

Fonte: BELLEI, 2010.

Portanto, recomenda-se uma altura de viga de rolamento entre $L/10$ e $L/14$.

L	9.000,00	mm
L / 10	900,00	mm
L / 14	642,86	mm

Adotou-se o perfil soldado VS 500 x 85,9, mesmo que com altura abaixo da recomendação acima, conforme informações contidas na Figura 17

Dados de Entrada		PERFIL
b =	125,00	VS 500 x 85,9
bf =	250,00	
d =	500,00	
h =	468,00	
tf =	16,00	
tw =	6,30	
Dados de Saída		
Ag=	10948,40	área
Ix=	522496863,47	momento de inércia (x)
Iy=	41676418,50	momento de inércia (y)
Wx=	2089987,45	módulo de resistente elástico (x)
Wy=	333411,35	módulo de resistente elástico (y)
rx=	218,46	raio de giração (x)
ry=	61,70	raio de giração (y)
Zx=	2280962,80	módulo plástico (x)
Zy=	504643,73	módulo plástico (y)
It=	723007,58	momento de inércia à torção ou constante de torção
rt=	15811,39	raio de giração à torção
Cw=	244016666666,67	constante de empenamento

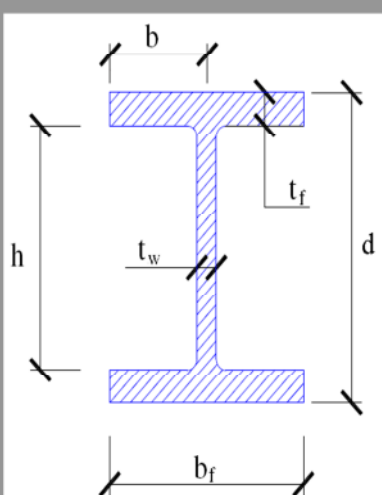


Figura 17 - Detalhes do perfil adotado como viga de rolamento

- MOMENTO FLETOR NO EIXO DE MAIOR INÉRCIA**

Tabela 10 - Limites das relações b/t para elementos comprimidos comprimidos

Descrição do elemento	relação	Tipo de seção	
		Compacta	Não-compacta
Mesas de perfis I e [laminados na flexão	b / t	$17/\sqrt{F_y}$	$25/\sqrt{F_y}$
Almas de perfis I e [na flexão	h / tw	$170/\sqrt{F_y}$	$200/\sqrt{F_b}$

Tabela 11 - Verificação do tipo de seção

Mesa	Não compacta
b/t	15,63
Lim Comp.	10,75
Lim Não-comp.	15,81
Alma	Compacta
h/tw	74,29
Lim Comp.	107,52
Lim Não-comp.	178,11
Lb/rT	66,07
Lim Lb/rT 1	53,56
Lim Lb/rT 2	119,76
rT	68,11
Cb	1,00

Tensão admissível à flexão - "Fbx"

Dependendo do tipo de seção (compacta, não-compacta ou esbelta) e da existência ou não de apoio lateral completo, teremos valores diferentes para a tensão admissível à flexão:

1 - Elementos com seção compacta e apoio lateral completo

$$F_{bx} = 0,66 \times F_y$$

2 - Elementos com seção não-compacta e apoio lateral completo

$$F_{bx} = F_y \times \left[0,79 - 0,0075 \times (b_f/2 t_f) \times \sqrt{F_y} \right]$$

3 - Elementos com seção compacta ou não-compacta e sem apoio lateral completo

Quando: $\sqrt{\frac{7.171 C_b}{F_y}} \leq \frac{L_b}{r_T} \leq \sqrt{\frac{35.858 C_b}{F_y}}$

$$F_{b_x}^I = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y \cdot (L_b/r_T)^2}{107.567 \cdot C_b} \right] F_y \leq 0,60 F_y$$

Quando: $\frac{L_b}{r_T} \geq \sqrt{\frac{35.858 C_b}{F_y}}$

$$F_{b_x} = \frac{11.952 \cdot C_b}{(L_b/r_T)^2} \leq 0,60 F_y$$

Para qualquer valor:
de L_b/r_T

$$F_{b_x}^II = \frac{843 \cdot C_b}{L_b \cdot d/A_f} \leq 0,60 \cdot F_y$$

* Usar o maior valor entre $F_{b_x}^I$ e $F_{b_x}^II$

Tabela 12 - Verificação da tensão admissível

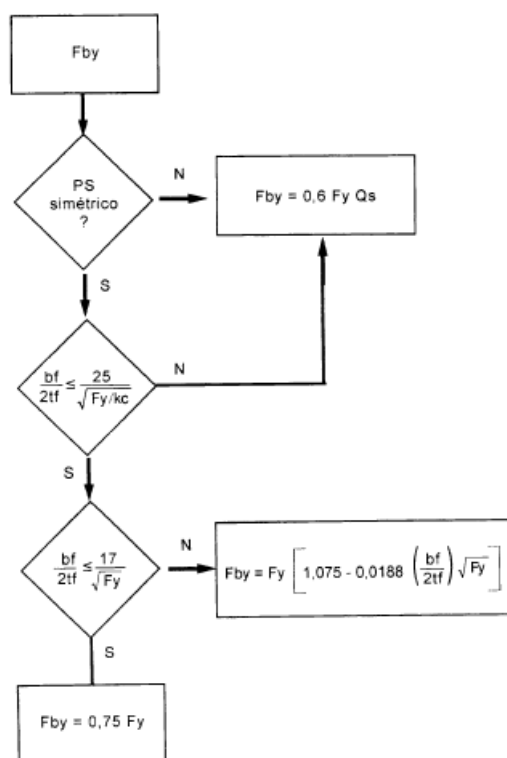
Fb1	1,65	tf/cm ²
Fb2	1,74	tf/cm ²
Fb3	1,26	tf/cm ²
Fb4	2,74	tf/cm ²
Fb5	0,19	tf/cm ²
Fb6	1,50	tf/cm ²
Fb adotado	1,26	tf/cm ²

M	1610,03	tf.cm
W	2089,99	cm ³
fb	0,77	tf/cm ²
fb < Fb adotado	OK	

- **MOMENTO FLETOR NO EIXO DE MENOR INÉRCIA**

Tabela 13 - Verificação do tipo de seção

Mesa	Não Compacta
b/t	15,63
Lim Comp.	10,75
Lim Não-comp.	15,81
Alma	Compacta
h/tw	74,29
Lim Comp.	107,52
Lim Não-comp.	178,11



PS = Perfis soldados ou laminados
 bf, tf = cm
 Fy = tf/cm²

Figura 18 - Fluxograma para a determinação de Fby

Tabela 14 – Verificação da tensão admissível

bf/2tf	0,78	cm
h/tw	74,29	
kc	1,30	
25/(Fy/kc)^0,5	18,04	mm
Qs	1,00	
17/(Fy)^0,5	0,17	Raiz(tf/cm²)
Fb1	1,65	tf/cm²
Fb2	1,74	tf/cm²
Fb3	1,26	tf/cm²
Fb4	2,74	tf/cm²
Fb5	0,19	tf/cm²
Fb6	1,50	tf/cm²
Fb adotado	2,63	tf/cm²
M	464,02	tf.cm
W	333411,35	mm³
fb	0,001	tf/cm²
fb < Fb adotado	OK	

• ESFORÇO CORTANTE NO EIXO VERTICAL

Para perfis I ou H, a expressão acima conduz a valores muito pequenos nas mesas e muito altos na alma. As especificações permitem, entretanto, que se considere uma tensão de cisalhamento média, dada pela expressão:

$$f_v = \frac{V}{A_w} \left[\begin{array}{ll} \text{para perfis laminados} & \rightarrow f_v = \frac{V}{d \cdot T_w} \\ \text{para perfis soldados} & \rightarrow f_v = \frac{V}{h \cdot T_w} \end{array} \right.$$

A tensão média assim calculada é menor do que a máxima calculada pela expressão anterior em aproximadamente 15%. Entretanto, as normas, quando estabelecidas as tensões admissíveis, levam em consideração esta diferença.

Tensão admissível ao cisalhamento:

Para $h/t_w \leq 100/\sqrt{F_y}$:

$F_v = 0,40 F_y$

Para $h/t_w > 100/\sqrt{F_y}$:

$$F_v = \frac{F_y}{2,89} \cdot (C_v) \leq 0,40 \cdot F_y$$

Onde:

$$C_v = \frac{3.164 \cdot K_v}{F_y \cdot (h/t_w)^2} \quad \text{quando } C_v \text{ é menor que } 0,8$$

$$C_v = \frac{50}{h/t_w} \cdot \sqrt{\frac{k_v}{F_y}} \quad \text{quando } C_v \text{ é maior que } 0,8$$

$$k_v = 4,00 + \frac{5,34}{(a/h)^2} \quad \text{quando } a/h \text{ for menor que } 1,0$$

$$k_v = 5,34 + \frac{4,00}{(a/h)^2} \quad \text{quando } a/h \text{ for maior que } 1,0$$

a = distância entre enrijecedores transversais

Tabela 15 - Verificação da tensão cisalhante

a	1000,00	mm
V	8,02	tf
fv (laminado)	0,003	tf/cm ²
fv (soldado)	0,003	tf/cm ²
h/tw	74,29	
Lim h/tw	63,25	
Cv1	1,43	
Cv2	1,06	
Cv Adotado	1,06	
kv1	5,17	
kv2	6,22	
kv adotado	6,22	
a/h	2,14	
Fv1	1,00	tf/cm ²
Fv2	0,01	tf/cm ²
Fv adotado	1,00	tf/cm ²
fv (soldado) < Fv adotado	OK	

- **DESLOCABILIDADE (FLECHA VERTICAL)**

10.4 - Flechas admissíveis		
1 - Vertical, devido ao trem-tipo (carga móvel), sem impacto:		
Vigas para pontes rolantes com capacidade ≤ 20 tf	-	L/600
Vigas para pontes rolantes com capacidade ≥ 20 tf	-	L/800
Vigas para pontes rolantes siderúrgicas	-	L/1.000
2 - Lateral, devido ao trem-tipo:		
Vigas para qualquer ponte rolante	-	L/600

Figura 19 - Flechas admissíveis

Fonte: BELLEI, 2010.

No caso deste projeto, será adotada uma flecha admissível de L/600. Ou seja, $9.000 \text{ mm} / 600 = 15 \text{ mm}$.

Tabela 16 - Efeito de momento para cada esforço

Combinação de Cargas	Efeito My (tf.cm) maior inércia	Obs.: somente cargas móveis, sem impacto.
D	159,98	
Cvs1	1.160,04	
Total	1.320,02	

Tabela 17 - Deslocamentos verticais

Δ_{max}	15,00	mm
Δ	11,00	mm
$\Delta < \Delta_{max}$	OK	

Observação: os deslocamentos foram encontrados através de linha-de-influência, em uma modelagem 2D simplificada da viga de rolamento no software FTool.

- **FADIGA**

Tabela 18 - Condição de carregamento por número de ciclos de carga

Condições de carregamento	de	até
1	20.000 ^(a)	100.000 ^(b)
2	100.000	500.000 ^(c)
3	500.000	2.000.000 ^(d)
4	> 2.000.000	

Nesse projeto foi considerada uma quantidade entre 500.000 e 2.000.000 de ciclos.

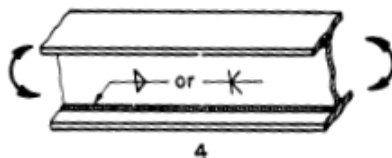


Figura 20 - Detalhe tipo 4

O caso da viga de rolamento em questão, em perfil soldado, se enquadra do detalhe tipo 4, classe B. Presentes respectivamente na Figura 20 e Tabela 19.

Tabela 19 - Classe de acordo com condição

Condição geral	Situação	Tipo de tensão	Classe	Exemplos ilustrativos (ver Fig. 16.4) (a)
Material simples	Metal-base com superfícies laminadas ou usinadas. Bordas cortadas a maçarico, com rugosidade superficial média não superior a 25 micra.	σ	A	1, 2
Perfis soldados	Metal-base e metal da solda em barras sem acessórios, compostas de chapas ou de perfis, ligados por soldas contínuas de entalhe de penetração total, ou por soldas contínuas de filete, paralelas à direção das tensões aplicadas.	σ	B	3, 4, 5, 6
	Metal-base e metal da solda em barras sem acessórios, compostas de chapas ou de perfis, ligados por soldas de entalhe de penetração total, quando não forem removidas barras de espera, ou por soldas de entalhe de penetração parcial, paralelas à direção das tensões aplicadas.	σ	B"	3, 4, 5, 6
	Tensão normal de flexão calculada na interseção da face externa da solda com o metal-base, em almas e mesas de vigas, na região adjacente a enrijecedores transversais soldados.	σ	C	7
	Metal-base na extremidade de lamelas soldadas com largura inferior à da mesa da viga e com extremidades esquadrejadas ou biseladas, com ou sem soldas ao longo da borda transversal, ou com largura superior à da mesa da viga, com soldas ao longo da borda transversal. Espessura da mesa > 20 mm	σ σ	E E'	5 5
	Metal-base na extremidade de lamelas soldadas com largura superior à da mesa da viga e sem soldas ao longo da borda transversal.	σ	E'	5
Soldas de entalhe	Metal-base e metal da solda em emendas com soldas de entalhe de penetração total, de partes que tenham seção transversal similar, devendo essas soldas ser niveladas com o metal-base através de esmerilhamento na direção da tensão aplicada; a qualidade das soldas deve ser garantida por inspeção radiográfica ou ultra-sônica, conforme AWS D1.1.	σ	B	10,11
	Metal-base e metal de solda em emendas com soldas de entalhe de penetração total, com transições de largura ou de espessura, tendo inclinações não superiores a 1 para 2,5; as soldas devem ser esmerilhadas na direção da tensão aplicada, de forma a atender a essa limitação; a qualidade das soldas deve ser garantida por inspeção radiográfica ou ultra-sônica, conforme AWS D1.1.	σ	B'	12,13
	Metal-base aço ASTM A 514 ou equivalente. Outros metais-base.	σ	A	12,13

Tabela 20 - Faixa admissível de variação de tensões

Classe de detalhe	1 20.000 a 100.000			2 100.000 a 500.000			3 500.000 a 2.000.000			4 > 2.000.000		
	Ksi	MPa	tf/cm²	Ksi	MPa	tf/cm²	Ksi	MPa	tf/cm²	Ksi	MPa	tf/cm²
A	63	435	4,43	37	255	2,60	24	166	1,69	24	166	1,69
B	49	338	3,45	29	200	2,04	18	124	1,27	16	110	1,12
B'	39	269	2,74	23	159	1,62	15	103	1,05	12	83	0,84
C	35	241	2,46	21	145	1,48	13	90	0,91	10	69(a)	0,70
D	28	193	1,97	16	110	1,12	10	69	0,70	7	48	0,49
E	22	152	1,55	13	90	0,91	8	55	0,56	5	34	0,35
E'	16	110	1,12	9	62	0,63	6	41	0,42	3	21	0,21
F	15	103	1,05	12	83	0,84	9	62	0,63	8	55	0,56

(a) Para a tensão normal de flexão calculada na interseção da face externa da solda com o metal-base, em almas e mesas de vigas, na região adjacente a enrijecedores transversais soldados, pode ser usada na faixa de 83 MPa (0,84 tf/cm²).

Tem-se da Tabela 20 que a variação de tensão normal é de 1,27 tf/cm².

Tabela 21 - Tensão por carga

Combinação de Cargas	Efeito My (tf.cm) maior inércia	Obs.: somente cargas móveis, sem impacto.
D	159,98	
Cvs1	1.160,04	
Total	1.320,02	

Tabela 22 -Verificação à fadiga

ΔMy	1320,02	tf.cm
Wy	2089,99	cm ³
ΔFy	0,63	tf/cm ²
Caso	B	
$\Delta Fy adm.$	1,27	tf/cm ²
$\Delta Fy < \Delta Fy adm.$	OK	

Portanto, o perfil soldado VS 500 x 85,9 passa no cálculo, para as solicitações de projeto.

6.2 PÓRTICO PRINCIPAL

A análise estrutural do pórtico principal foi feita com o auxílio do software SAP2000 versão 18.2.0. A interface do programa e a estrutura lançada é ilustrada através da Figura 21.

O lançamento dos elementos é feito através de importação do AutoCAD, ou seja, o pórtico é desenhado no AutoCAD e exportado para o SAP2000. Essa importação é feita através de elementos de barra divididos em grupos de acordo com a sua função estrutural (pilares, banzos, diagonais, montantes, consoles).

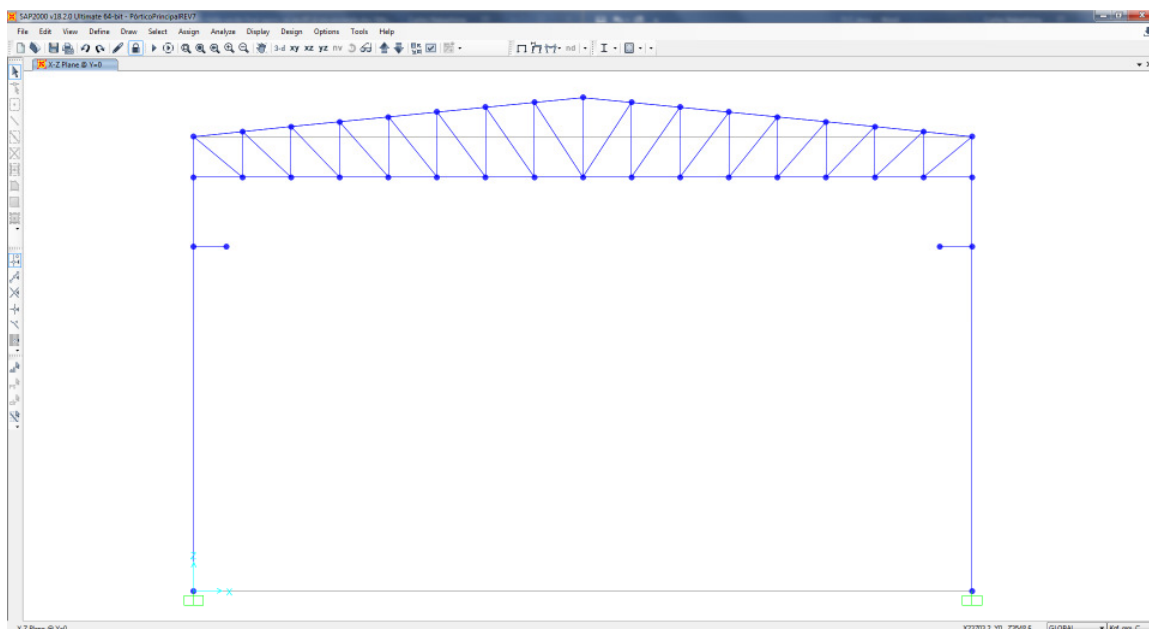


Figura 21 - Interface do software com pórtico principal lançado

A identificação dos elementos de barra é mostrada na Figura 22

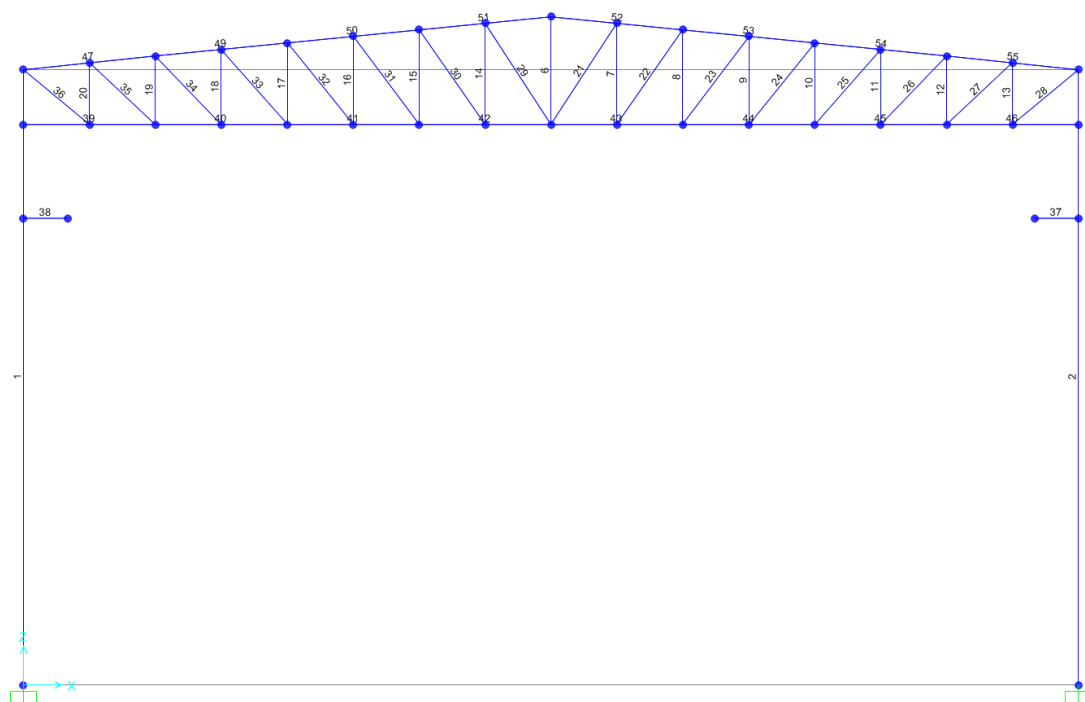


Figura 22 - Elementos de barra identificados no software

6.2.1 DADOS DE ENTRADA

A Figura 23 resume a entrada de dados até a etapa do carregamento. Os dados a serem inseridos no programa para a verificação da estrutura são os seguintes:

- Geometria da estrutura;
- Seções transversais;
- Material;
- Condições de apoio;
- Ligações entre barras (rótula, engaste ou semirrígido)

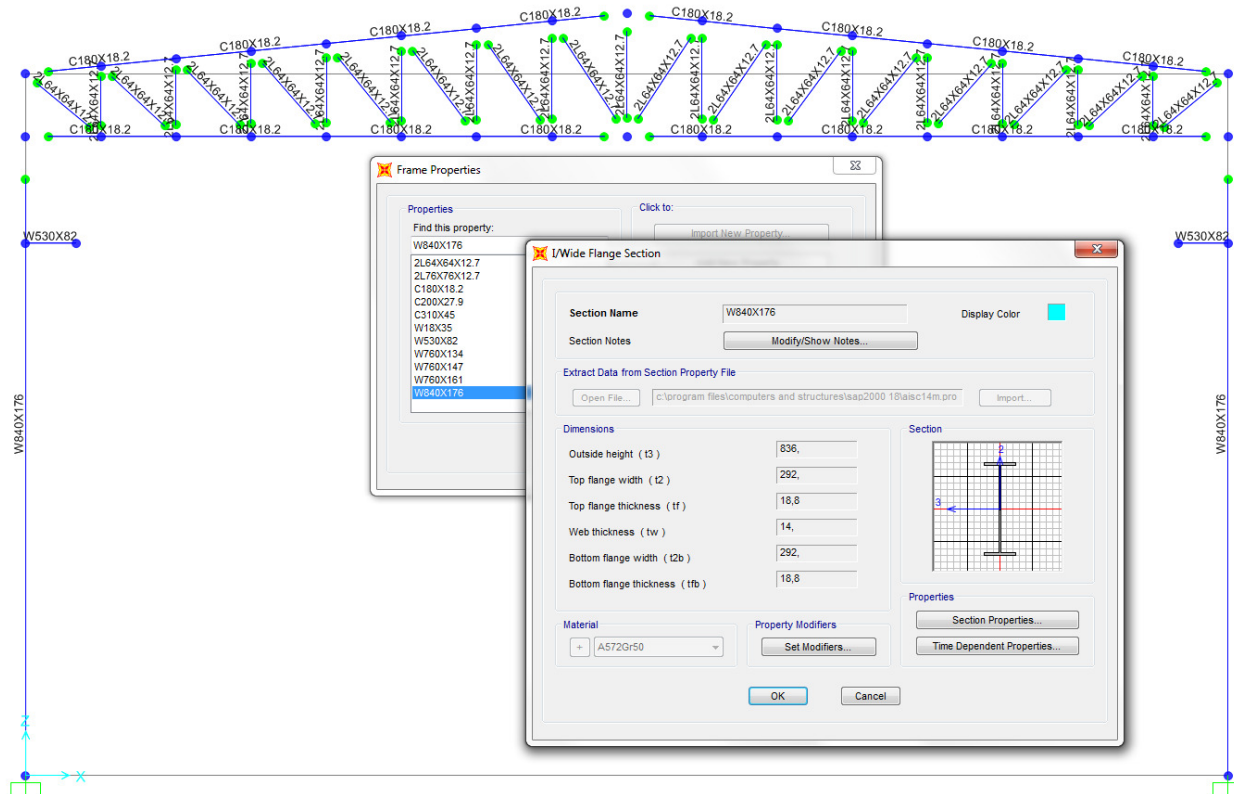


Figura 23 - Pórtico com condições de apoio, seção transversal e detalhes do perfil

Além desses dados de entrada, ilustrados pela Figura 23, há ainda os carregamentos, normas e alguns ajustes, como o comprimento de flambagem.

A Figura 24 é utilizada para mostra um exemplo de árvore de casos de carga (load cases tree), que resume como as cargas são inseridas, possibilitando serem combinadas de acordo com a Tabela 7.

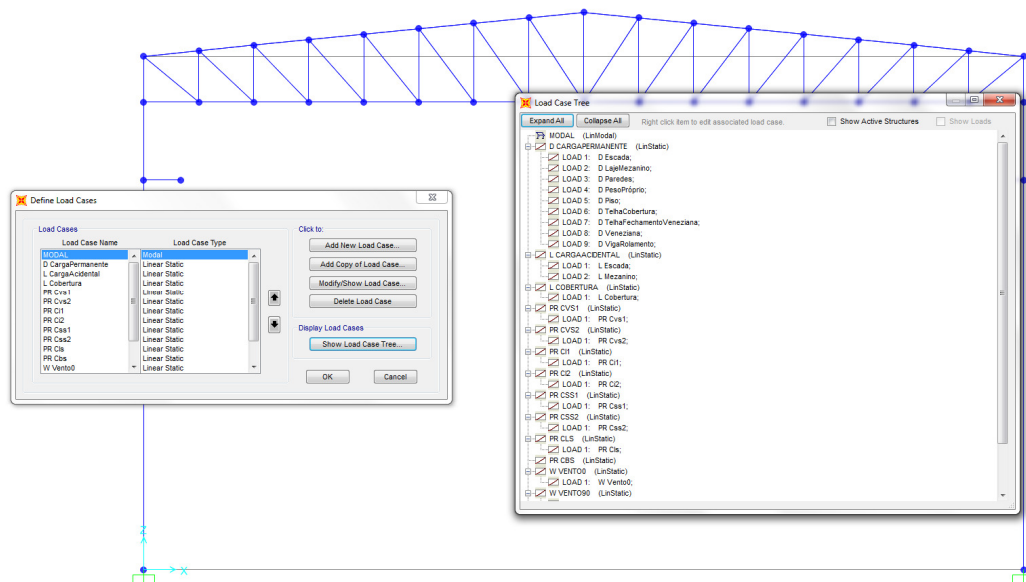


Figura 24 - Exemplo de inserção de casos de carregamento e de árvore de cargas

A Figura 25 contém a ilustração da aplicação da carga distribuída do vento a 90° nos pilares do pórtico.

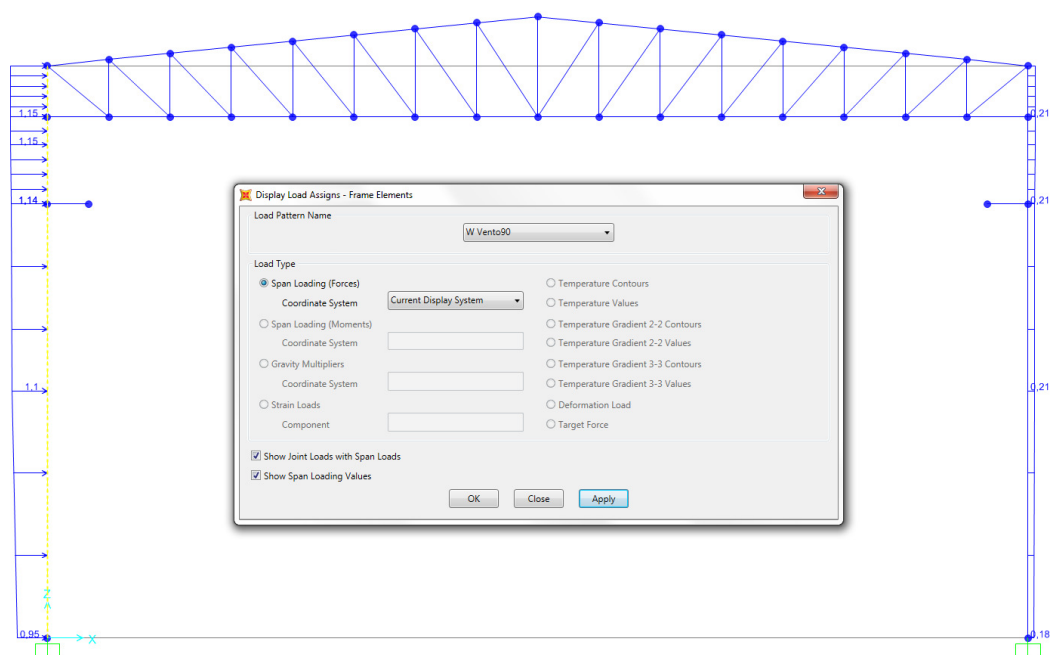


Figura 25 - Exemplo de aplicação de carga distribuída (vento 90°)

6.2.2 VERIFICAÇÃO

A verificação segue seguindo as normas AISC-ASD89 e pode ser resumida pela Figura 26. A figura mostra a taxa de utilização de cada barra e as classifica através de uma escala de cor. Dado isso, o software permite a seleção das barras que, eventualmente, não resistam aos esforços, possibilitando alguma alteração.

Para a análise, foram considerados os comprimentos destravados e coeficientes de flambagem pré-determinados para todas as peças exceto os pilares que foram considerados travados em uma direção pela treliça e em outra por uma viga que se estende paralelamente à viga de rolamento (Tabela 23). Para os banzos, o travamento é feito, como previamente mencionado, através de mãos francesas em uma direção e pelos montantes em outra, considerando o caso crítico como o maior comprimento destravado, esse foi o valor utilizado para conceber as peças. Portanto, os banzos foram concebidos com um comprimento de, aproximadamente, 2,4 m e os *overwrites* foram mantidos como pré-determinados pelo programa. Os resultados para a barra crítica se encontram no Anexo C.

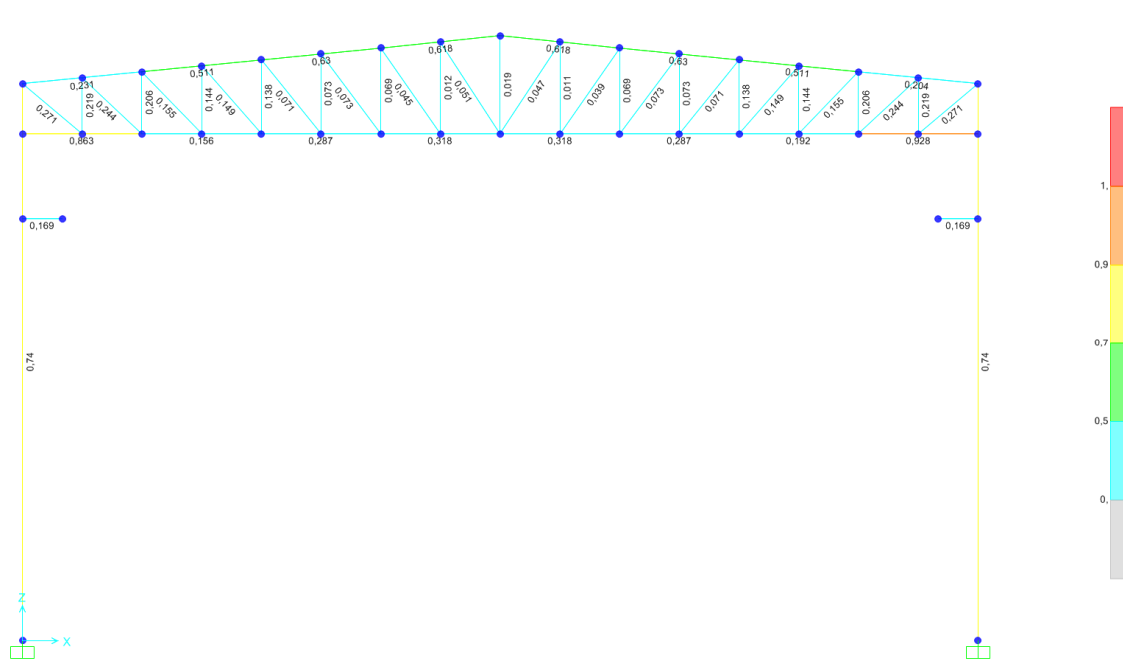


Figura 26 - Verificação com taxa de utilização das barras

Tabela 23 - Alteração do comprimento de flambagem dos pilares

Frame	Text	1	2
DesignSect	Text	Program Determined	Program Determined
FrameType	Text	Program Determined	Program Determined
XLMajor	Unitless	0,91	0,91
XLMinor	Unitless	0,73	0,73
CheckDefl	Yes/No	Program Determined	Program Determined
DeflType	Text	Program Determined	Program Determined

6.2.3 DESLOCAMENTOS

A Figura 27 serve para ilustrar a capacidade do programa em apresentar a estrutura em sua forma extrudada, representando as verdadeiras dimensões dos elementos de barra. Na figura, a estrutura mostra a deformação, exagerada, causada pela combinação 1 (apenas as cargas permanentes) com destaque para o nó central do banzo inferior, que sofreu uma deflexão de pouco mais de 3 mm.

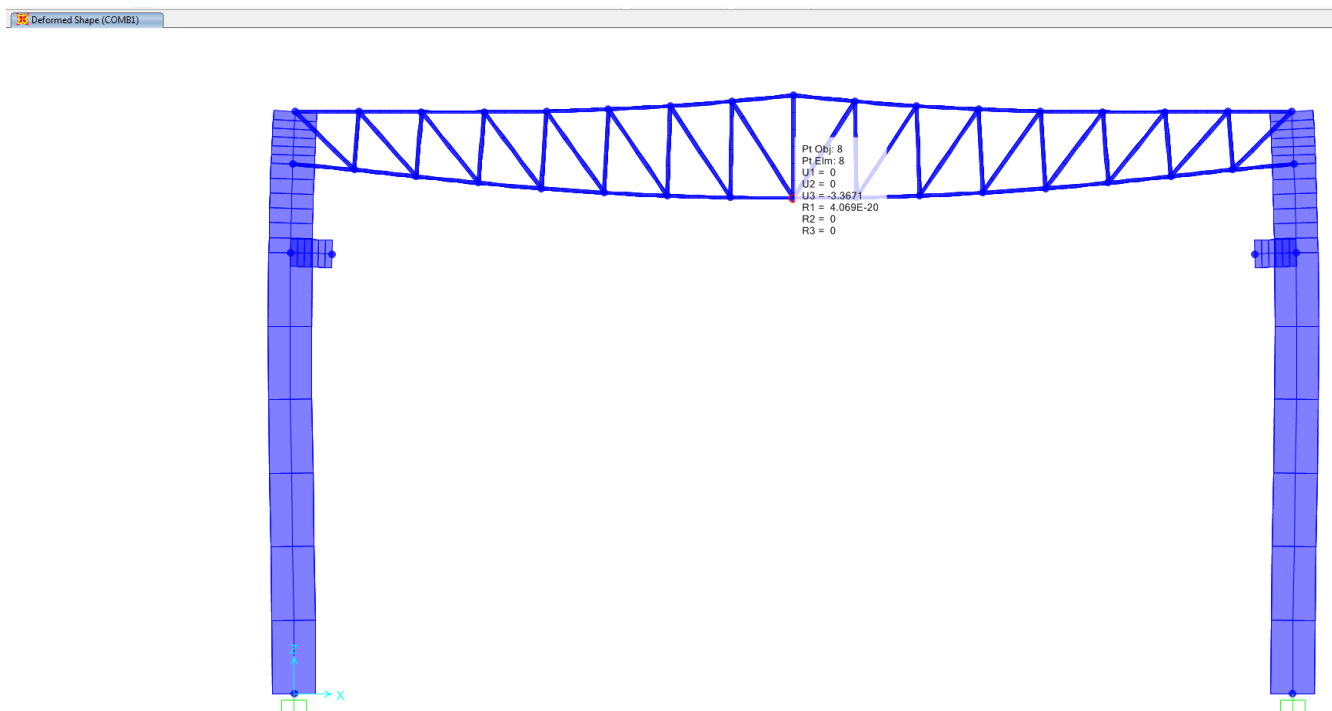


Figura 27 - Estrutura deformada

O software é capaz de gerar uma tabela com todos os deslocamentos de cada nó. Filtrada as informações nela contida, chega-se à conclusão de que o deslocamento máximo, de 9,64 mm ocorre no nó 2 (topo do pilar da direita) para a combinação 5.2 (carga permanente e vento a 90°). O valor se encontra dentro do

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 39 of 58	

limite de $L/300$. Essa deformação é ilustrada através da Figura 28. A tabela foi omitida por ser demasiadamente extensa e pode ser apresentada em modelo digital mediante solicitação.

Como resultado, portanto, temos pilares com seção W840x176, consoles com seção W530x82,37, banzos com seção C180x18,2 e diagonais e montantes com seção 2L64x64x12,7.

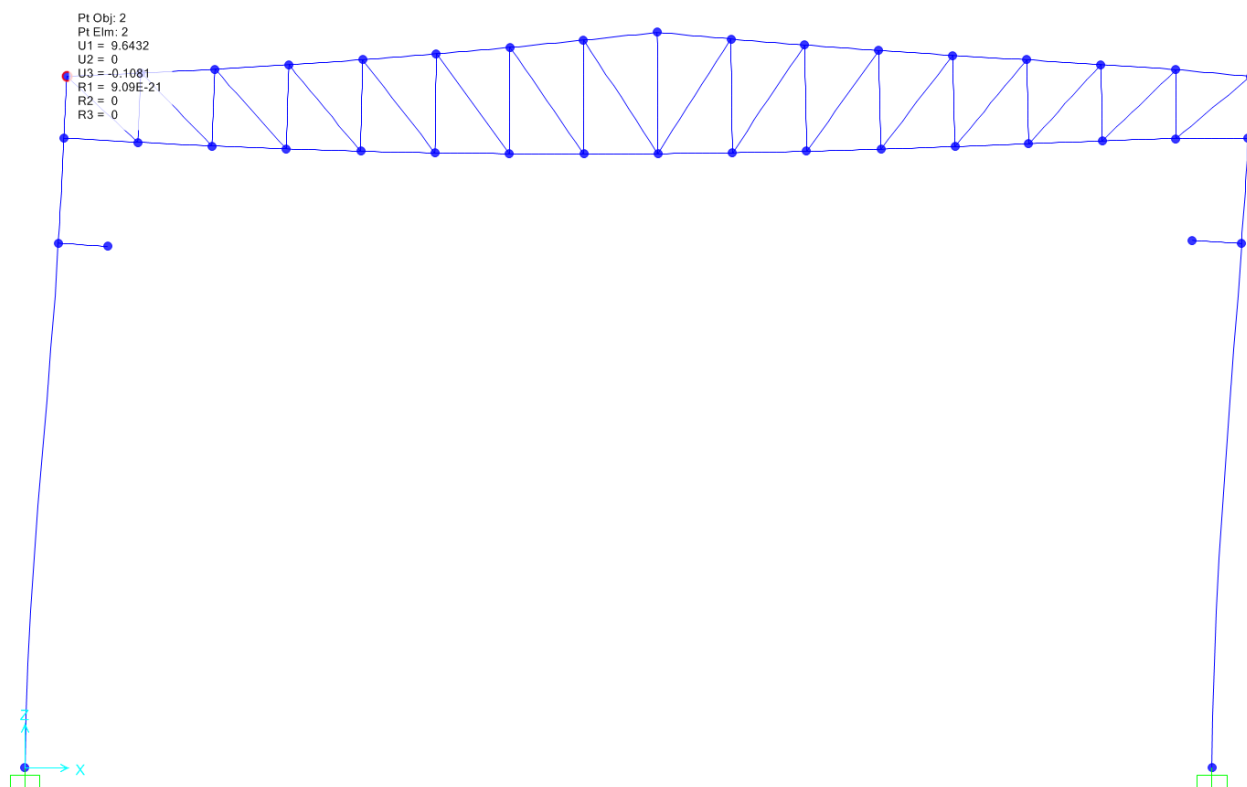


Figura 28 - Estrutura deformada com nó 2 destacado

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão do presente memorial de cálculo, pode-se dizer que esse documento é um condensado de diferentes disciplinas. O projeto aqui apresentado contempla diversas considerações que só podem ser feitas por um profissional da área. E, no sentido contrário, quanto mais conhecimento o profissional possuir, mais fluido e eficiente será o projeto, desde sua concepção até o resultado em campo.

Vale também ressaltar, na conclusão desse trabalho que o software de cálculo de estruturas, principalmente um tão completo quanto o SAP2000, não apenas facilita o cálculo. Ele possibilita muitas práticas. Há a necessidade de aprender a manejá-lo e

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 40 of 58		

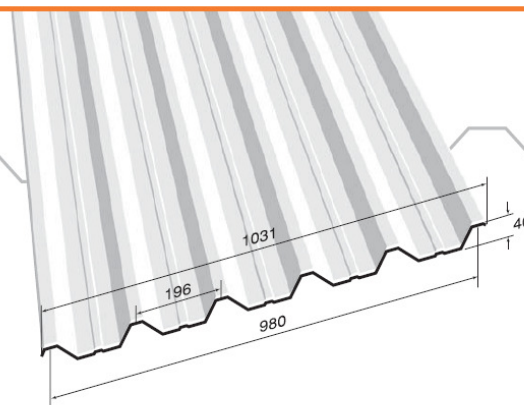
isso demanda mais esforço do que utilizar métodos com os quais o profissional já está acostumado, mas a facilidade para executar infinitas contas e realizar alterações vale o esforço do aprendizado.

Dito isso, também é importante o alerta de que, por ser obscuro o que ocorre no interior do programa, quaisquer deslizes na entrada de dados podem comprometer o desempenho da estrutura. Portanto, é de extrema importância que a entrada de dados seja feita com cuidado, pois erros não ficam tão claros nas etapas quanto os dos cálculos feitos a mão.

TABELAS DE SOBRECARGAS

LR 40 (5.196.40)

Características do Perfil	Espessura da Chapa (mm)			
	0,43	0,50	0,65	0,80
Momento de Inércia I (cm ⁴ /m)	11,13	13,12	17,40	21,68
Módulo Resistente W (cm ³ /m)	4,39	5,18	6,86	8,55
Peso (daN/m ²)	4,05	4,71	6,13	7,54



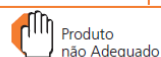
SOBRECARGAS ADMISSÍVEIS (daN/m²)

Sobrecargas em função da flecha, número de apoios, vão e espessura da chapa

	Vão (m)	2 apoios				3 apoios				4 apoios			
		0,43	0,50	0,65	0,80	0,43	0,50	0,65	0,80	0,43	0,50	0,65	0,80
COBERTURAS Flecha L/120	1,40	243	287	380	474	243	287	380	474	305	360	477	594
	1,60	185	219	290	361	185	219	290	361	233	275	364	453
	1,80	146	172	228	284	146	172	228	284	183	216	286	357
	2,00	117	138	183	228	117	138	183	228	147	174	231	287
	2,20	96	113	150	187	96	113	150	187	121	143	189	236
	2,40	80	95	125	156	80	95	125	156	101	119	158	197
	2,60	68	80	106	132	68	80	106	132	86	101	134	167
	2,80	58	68	90	113	58	68	90	113	73	86	115	143
	3,00	50	59	78	97	50	59	78	97	63	75	99	124
	3,20	41	48	64	80	43	51	68	85	55	65	86	108
	3,40	33	39	52	65	38	45	59	74	48	57	76	95
FECHAMENTOS LATERAIS Flecha L/180	1,40	243	287	380	474	243	287	380	474	305	360	477	594
	1,60	185	219	290	361	185	219	290	361	233	275	364	453
	1,80	146	172	228	284	146	172	228	284	183	216	286	357
	2,00	117	138	183	228	117	138	183	228	147	174	231	287
	2,20	88	104	137	171	96	113	150	187	121	143	189	236
	2,40	67	79	104	130	80	95	125	156	101	119	158	197
	2,60	52	61	81	101	68	80	106	132	86	101	134	167
	2,80	41	48	64	79	58	68	90	113	73	86	115	143
	3,00	32	38	51	63	50	59	78	97	63	75	99	124
	3,20	26	30	41	51	43	51	68	85	55	65	86	108
	3,40	21	25	33	41	38	45	59	74	47	56	74	92

Sobrecargas inferiores a 60daN/m² devem ser evitadas e estão grafadas em laranja.

Plana	COBERTURA Arqueada		FECHAMENTO LATERAL		FORRO
	Telha Plana	Telha Curva	Vertical	Horizontal	
Inclinação ≥ 5%	Raio ≥ 70 m	Multidobra	Posição Normal e ≥ 0,50 mm	Posição Invertida e ≥ 0,50 mm	Posição Normal e ≥ 0,65 mm
					Posição Invertida e ≥ 0,65 mm
Máxima extensão de captação de águas pluviais com 5% de inclinação ≤ 30 m					



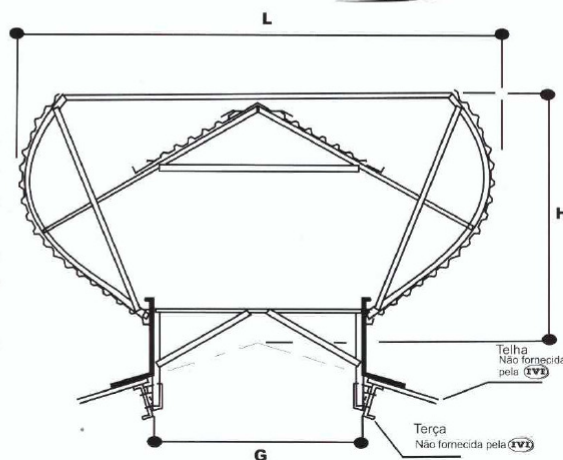
VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

Sistema ALA



Credibilidade

A **IVI** dispõe de profissionais capacitados para oferecer ao cliente toda a assistência para que haja plena satisfação. Desde o seu projeto, no estudo da melhor adequação e economia; na rápida execução, obedecendo sempre o padrão de qualidade exigido pelo cliente; na rapidez, eficiência na montagem e nos testes de finalização do serviço. Todas as etapas são rigorosamente executadas para garantir melhor qualidade do sistema.



ESPECIFICAÇÕES

Acabamento da estrutura de aço

- Estrutura galvanizada à fogo
- Estrutura Pintada

Materiais de revestimento

- Telhas e arremates galvanizados
- Telhas e arremates pré-pintados
- Telhas e arremates de alumínio
- Telhas e arremates de zincoalumínio
- Telhas em Fiberglass
- Telhas em Policarbonato

EFICIÊNCIA

Os Lanternis "ALA" são projetados para extrair grandes quantidades de gases ou ar quente em ambientes onde existam altas fontes geradoras de calor e gases.

MODELO

TIPO	G (mm)	L (mm)	H (mm)
ALA 500	500	1166	845
ALA 600	600	1400	1000
ALA 700	700	1633	1024
ALA 800	800	1760	720
ALA 810	810	1844	1087
ALA 920	920	2095	1235
ALA 1067	1067	2426	1359
ALA 1220	1220	2781	1456
ALA 1524	1524	3391	1753
ALA 1828	1828	4000	1962
ALA 2134	2134	4712	2408
ALA 2438	2438	5398	2578
ALA 2743	2743	6032	2913
ALA 3048	3048	6693	3185
ALA 3658	3658	7963	3886
ALA 3962	3962	8916	4176
ALA 4267	4267	9271	4458
ALA 4570	4570	10292	4732



Endereço Comercial, Administrativo:

Av. 18 nº 1114 - Santa Cruz

Cep 13500-490 - Rio Claro - SP

PABX: (19) 3525 6112 / 3524 7785 / 3534 5681 / 3525 7252

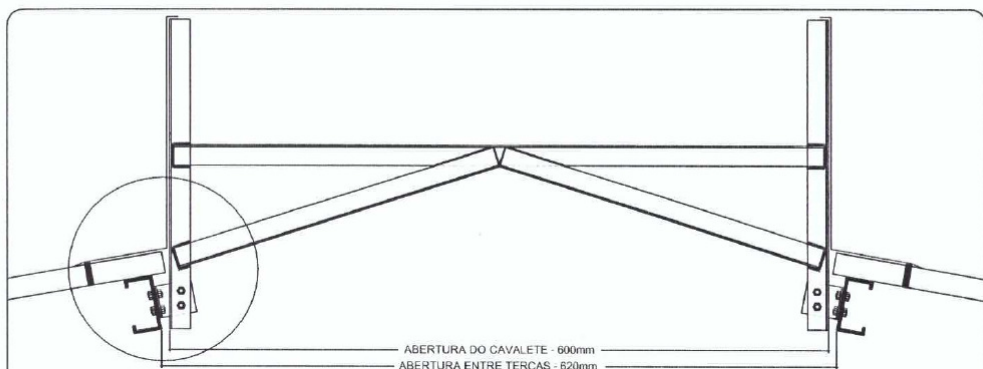
Fábrica:

Av. Refratta nº 2 - Distrito Industrial

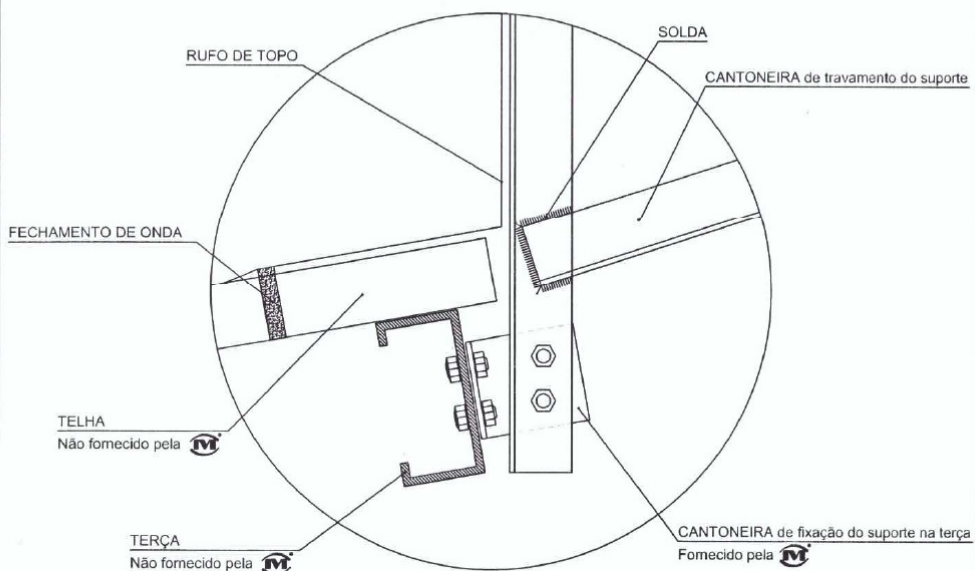
Cep: 13537-000 - Ipeúna - SP

Telefones: (19) 3576 1254 / 3576 1348

www.ivi-ventilacao.com.br



SEÇÃO TRANSVERSAL DO SUPORTE - "ALA 600"



DETALHE ESQUEMÁTICO

Solicitações:

- Detalhe das(s) cumeeira(s) do(s) galpão(ões).
- Inclinação da(s) cobertura(s).
- Seção transversal das terças, com medidas
- Tipo de telha que será colocada na(s) cobertura(s).
- Seção transversal da telha utilizada na cobertura.
- Planta da(s) cobertura(s) onde será(ão) instalado(s) o(s) lanternim(s).
- Mandar projeto(s) com extensão .dwg, se necessário zipa-los.

DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS LEI Nº 5.416, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. ESTE DOCUMENTO SOMENTE PODE SER UTILIZADO DENTRO DOS TERMOS DO CONTRATO. PROIBIDO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL, CESSÃO OU EMPRÉSTIMO SEM AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO DO AUTOR.



VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

Fone: (019) 3525-6112 / (19) 3534-5661 / (19) 3525-7252 / (19) 3524-7785
Site: www.vi.ventilacao.com.br

CLIENTE: BRAFER ESTRUTURAS METÁLICAS

OBRA: SAIPEM DO BRASIL - SÃO PAULO-SP

PROJETO: Suporte para LANTERNIM

RESPONSÁVEL OBRA: ENG.ª FERNANDA M. WUTRICH

UNIDADE: Milímetros

ESCALA: SEM ESC.

DATA: 22/08/2012

FOLHA: 01/01

Resp: Bianca Fajardo

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 45 of 58	

REF.: TRAINING CENTER & LABORATORY

01 (uma) PONTE ROLANTE APOIADA STAHL UNIVIGA CAPACIDADE 5,0 t CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA PONTE ROLANTE:

Capacidade principal: 5.000 kg
 Vão da ponte: 18.000 mm
 Distância entre rodas: 2.500 mm
 Quantidade e diâmetro das rodas: 4 x 125 mm
 Velocidade de translação (Inversor): 4,0 ... 40,0 m/min
 Potência de translação: 2 x 0,75 kW
 Motorreductor de translação: SF 15220184
 Peso da ponte (sem talha): 3.850 kg
 Reação máxima / roda: 3.500 kg
 Ambiente de trabalho: Interno
 Temperatura ambiente: 45 °C

Acessórios inclusos na ponte rolante:

- Chaves limites fim de curso para ambos os sentidos de translação;
- Inversores de frequência para os movimentos de elevação, translação do carro e ponte rolante;
- Sinalizador audiovisual em todos movimentos (translação e elevação);
- Setas coloridas fixadas abaixo da viga principal para indicação de movimentos da ponte;
- Roletes de guia e anti-descarrilhamento;
- Chave seccionadora próximo ao piso;
- Painéis elétricos com proteção IP-55.

CARACTERÍSTICAS DA TALHA ELETRICA DE CABO DE AÇO:

Modelo da talha	SHF 4012-20
4/1 L3 KE	
Capacidade de carga.....	5.000 kg
Percurso máx. do gancho.....	10.000 mm
Percurso do gancho requerido.....	9.055 mm
Velocidade de levantamento (Inversor).....	0,6 ... 6,0
m/min	
Potência do motor.....	5,4 kW
Altura funcional da talha.....	610 mm
Fator de duração do ciclo.....	60 %ED
Proteção.....	IP 55
Classificação – Norma FEM.....	2m
Peso da talha	357 kg

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 46 of 58	

Acessórios inclusos nas talhas elétricas STAHL de cabo de aço:

- Termistores para proteção contra queima dos motores de elevação;
- Chave de limite rotativa por engrenagens para posições superior e inferior do gancho solidária ao tambor de cabo.
- Chaves limites fim de curso para ambos os sentidos de translação;
- Sensor de sobrecarga com sinal analógico;
- Contador de horas para programação de manutenção preventiva;
- Pára-choques e respectivos batentes para atuar em ambos os sentidos da direção;
- Motor de rotor cilíndrico de baixo consumo de energia.
- Freios do tipo auto - ajustável isento de amianto.
- Guia do cabo de aço, robusto em ferro fundido nodular GGG-40, isento de material plástico.
- Redutor com engrenagens helicoidais de lubrificação permanente a óleo.

TIPO DE MONTAGEM DA TALHA:

Talha equipada com trole motorizado.

Velocidade de translação (Inversor)	2,5 ... 25,0
m/min	
Potência do motor	0,75 kW

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS:

Tensão de serviço.....	380 V / 3~
Tensão de comando.....	110 VCA
Frequência.....	60 Hz

OBS.: Painéis com proteção IP-55.

COMANDO POR RÁDIO CONTROLE:

Comando por Rádio Controle (tipo botoeira) marca Seyconel com 06 botões + emergência, contendo 2 (duas) unidades transmissoras e 1 (uma) receptora. Previsto o fornecimento de botoeira adicional de 06 botões + emergência pendente da talha.

Incluso painel elétrico de comando para todos os movimentos. Sendo o painel de comando da talha e carro fixo no corpo do carro e painel de comando da ponte fixo na viga da ponte.

CARACTERÍSTICAS DA PINTURA DO EQUIPAMENTO:

A preparação das superfícies para a pintura deverá ser por Jateamento superficial padrão SA 2 1/2.

As estruturas serão pintadas com tinta epóxi na cor amarelo segurança padrão MUNSELL 5Y8/12. A talha seguirá o padrão STAHL DE PINTURA tipo A20/80.

ABASTECIMENTO DE FORÇA PARA A TALHA E O TROLE:

Por cabo chato flexível suspenso por carro porta cabos que deslizam em um perfil "C" galvanizado. Neste caso os cabos de alimentação são fixos em uma das

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 47 of 58	

extremidades da ponte e a outra acompanha os movimentos da talha, sendo puxados suavemente pelo carro arrastador

ABASTECIMENTO DE FORÇA PARA A PONTE ROLANTE (LONGITUDINAL):

Através de um sistema de barramento blindado tipo calha, em PVC com todos os acessórios para o perfeito funcionamento inclusive os suportes de sustentação, a ser instalado em viga de rolamento existente. Comprimento do sistema = 34,8 m. Previsto o fornecimento de 01 (uma) chave seccionadora com conjunto de cabos elétricos até a caixa de ligação do abastecimento de força a ser instalada em uma coluna. O cabeamento elétrico até esta chave Será por conta de V.sa.

CAMINHO DE ROLAMENTO:

Através de 2 x 34,8 m de trilho padrão A65 novos a serem instalados em viga metálica existente. Estes trilhos serão assentados sobre manta Gantrex de elastômero sintético e fixado através de grampos com parafusos em viga metálica com furação a cada 500 mm. Fazem parte do fornecimento todos os acessórios necessários para a instalação.

As furações serão por conta de V.sa.

8.2 ANEXO B – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DA OBRA

Como escopo do projeto em questão, seguem especificações técnicas dos serviços de execução da obra.

8.2.1 FORNECIMENTO E FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS EM AÇO

Esta especificação trata do fornecimento e fabricação de chapas em aço ASTM A36 e perfis metálicos em aço ASTM A36, ASTM A709 Gr50, Aço ASTM A588 e ASTM A572 Gr50.

Os aços estruturais a serem empregados tanto para chapas como para perfis laminados serão um dos seguintes:

- **AÇO ASTM A 36:**

A ser empregado em chapas.

Limite de escoamento $f_y \geq 2.500 \text{ kgf/cm}^2$

- **AÇO ASTM A572 GR50:**

A ser empregado em cantoneiras laminadas e perfis I soldados.

Limite de escoamento $f_y \geq 3.450 \text{ kgf/cm}^2$

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 48 of 58	

- **DISPOSIÇÕES EXECUTIVAS:**

As peças metálicas poderão ser fabricadas “in loco” no canteiro de obra, ou em fábrica.

O PROPRIETÁRIO, no caso das peças serem fabricadas fora do canteiro de obras, reserva-se ao direito de aprovar as instalações e acompanhar e fiscalizar a fabricação dos elementos estruturais na fábrica.

- **O PREPARO DO AÇO COMPREENDE:**

Marcação, risco, corte, furação e eventual desempenho dos elementos metálicos;

As bordas dos cortes deverão estar isentas de rebarbas;

Os furos deverão ter um diâmetro 1/16” maior que o diâmetro nominal dos conectores;

No caso de furos realizados por puncionamento o furo puncionado deverá ter diâmetro igual ao diâmetro nominal do conector sendo posteriormente alargado de 1/16”.

8.2.2 APLICAÇÃO DE AÇO EM ESTRUTURAS METÁLICAS

O serviço de preparação da chapa, corte, acabamento, furação e execução de solda (caso necessário), fornecimento de andaimes (suspenso, fachadeiro, tipo ROHR etc) deverão estar incluídos na composição de preços deste item.

8.2.3 MONTAGEM DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Caberá à EMPRESA EXECUTORA montagem final das estruturas, contido ao local de lançamento das estruturas, inclusive toda a preparação da área, a partir das condições em que se apresentam, para permitir a perfeita montagem da superestrutura do galpão. Os apoios provisórios para a montagem deverão suportar sem deformações o peso total das estruturas, assim com os esforços gerados em sua montagem final. Todas as peças serão estocadas na obra sobre dormentes ou vigas de madeira adequadamente posicionadas, a fim de evitar amassamento. Deverão ser feitas provisões próprias a fim de controlar as tensões nas peças estruturais, durante o empilhamento, içamento e transporte.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 49 of 58	

O PROPRIETÁRIO deverá ser notificado, com maior brevidade possível, sobre quaisquer eventuais irregularidades constatadas na fundação ou nas peças metálicas recebidas.

Deverão ser observadas todas as normas de segurança de pessoal a fim de prevenir acidentes.

A estrutura metálica será montada nivelada e em prumo. Contraventamentos temporários serão introduzidos, sempre que necessários, para suportar carregamentos com os quais a estrutura poderá estar submetida, inclusive aqueles decorrentes da instalação e operação de equipamentos. Tais contraventamentos serão deixados no lugar durante todo o tempo requerido para a segurança.

Não serão permitidos furos, em peças metálicas, feitos com maçaricos. Nos casos que não houver perfeita coincidência de furos em uma conexão, tais furos serão alargados com brocas, para permitir instalação de parafusos de bitolas imediatamente maior, desde que autorizado pela FISCALIZAÇÃO.

As peças metálicas individuais serão consideradas em nível, a prumo e alinhadas se o erro não exceder 1:500.

As ligações parafusadas serão realizadas segundo a boa técnica construtiva, sendo o torque final dos parafusos verificados por torquímetro aferido no início dos serviços e no mínimo uma vez por semana durante a realização dos serviços.

Na instalação de vários parafusos em uma mesma junta, a chave deverá retornar para dar reaperto naqueles parafusos apertados previamente, a fim de eliminar possíveis afrouxamentos durante a operação de instalação.

As peças unidas com parafusos de alta resistência não poderão ter intercalado materiais de calafetagem ou qualquer outro material compressível.

As superfícies de peças ligadas com parafusos de alta resistência, inclusive aquelas adjacentes a arruelas, deverão estar isentas de rebarbas (com exceção das de laminação), de poeiras, escamas, graxas, ou quaisquer materiais que impeçam o firme assentamento daquelas peças.

As estruturas serão fornecidas à EMPRESA EXECUTORA na obra, com esquema de montagem, juntamente com os parafusos, porcas e arruelas para a montagem final.

A EMPRESA EXECUTORA deverá fornecer mão de obra qualificada para a realização dos serviços de montagem assim como todos os demais recursos para a efetivação dos serviços como ferramentas, equipamentos, estruturas de apoio (andaimes, escoramentos, etc).

Após a verificação final de torque nas ligações parafusadas, deverá ser realizada a trava química dos parafusos.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 50 of 58	

8.2.4 LANÇAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

A EMPRESA EXECUTORA será a responsável pelo lançamento da estrutura metálica.

A EMPRESA EXECUTORA fará também a instalação e fixação dos apoios para a estrutura, devendo prever todos os recursos para a sua realização como adequação da superfície a receber o novo apoio, locação topográfica, instalação (colagem) de chumbadores, realização de soldas, etc.

Caberá à EMPRESA EXECUTORA o fornecimento de todos os recursos suficientes e necessários para a realização da operação como guindastes e tudo mais necessário ao pleno e perfeito lançamento da estrutura conforme estratégia adotada.

8.2.5 SOLDA ELÉTRICA DE FILETE

Esta especificação trata dos meios de ligação, em estruturas metálicas, efetuadas por soldas.

• EXECUÇÃO

Deverá ser realizada em cordões contínuos e uniformes com espessura máxima de 10 mm em qualquer posição de aplicação.

A superfície de aplicação deverá estar devidamente prepara isenta de óleos e graxas.

As ligações com solda obedecerão às prescrições da norma A.W.S. (American Welding Society).

Os eletrodos a serem utilizados deverão ser compatíveis com o tipo de aço empregado, seguindo as orientações da A.W.S.

No caso do aço ASTM A36 e ASTM A572 será usado do tipo E 70 XX ou 60 XX, conforme a especificação de projeto. Entretanto, sempre que esse for omissão utilizar eletrodo E 70 XX.

Deverão ser previstos cuidados e controles especiais no que diz respeito às soldas executadas no campo, a fim de se evitar defeitos que possam comprometer sua capacidade de trabalho.

Os eletrodos dos pacotes ou latas abertas só poderão ser utilizados se forem mantidos conservados em local ou recipiente apropriado, de forma a preservar suas propriedades físicas e químicas.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 51 of 58	

As condições ambientais deverão ser verificadas quando da execução das ligações soldadas. Caso constatem-se possíveis interferências, as mesmas não deverão ser executadas.

Mesmo nas soldas realizadas em oficinas deverão ser feitas inspeções objetivando garantir sua qualidade.

Independente das especificações de projeto poderá realizar inspeção visual, com uso de líquido penetrante, com uso ultra-som ou radiograma (raios-X).

As soldas de topo deverão ser radiografadas num comprimento pelo menos igual a 20% (vinte por cento) de seu total.

8.2.6 LIMPEZA DE ESTRUTURA METÁLICA HIDROJATEAMENTO/LIXAMENTO

- **GENERALIDADES**

O padrão a ser utilizado é o St 3 “Superfície completamente raspada e tratada manual ou mecanicamente com escova de aço, esmerilhadeiras, etc., de forma mais minuciosa e rigorosa. Após a remoção do pó, a superfície deve apresentar brilho metálico claro”. Estas especificações aplicam-se aos serviços de limpeza mecânica ou manual de todo o vigamento e peças metálicas das estruturas industriais. Deverá ser realizada utilizando-se jato de alta pressão com água. Esta limpeza deverá ser executada antes de quaisquer outros métodos de limpeza de superfície e também antes da aplicação de qualquer tinta.

- **EXECUÇÃO**

Compreende a utilização de escovas rotativas de fios de aço, ferramentas de impacto, esmerilhadeiras, lixadeiras mecânicas ou a combinação das mesmas. É exigida a remoção de carepa, ferrugem, pintura antiga solta e outras matérias estranhas.

8.2.7 PINTURA DE ESTRUTURA METÁLICA

Esta especificação trata do sistema de proteção à base de tintas para edifícios industriais, preparação da superfície, especificação de tintas e sua aplicação.

Limpeza manual da superfície a ser pintada conforme norma sueca SIS 05 59 00 – 1967 St3 / Sa1 ou conforme orientação técnica do fabricante do fundo tipo Primer Convertedor de Ferrugem.

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 01	Data: 16/01/17
		Página 52 of 58	

Aquisição e aplicação de primer convertedor de ferrugem conforme orientação do fabricante e/ou normas pertinentes.

Fornecimento e aplicação de camada intermediária dimensionada para ambiente tipo Marítimo 1 não conflitante ao fundo convertedor de ferrugem adotado.

Fornecimento e aplicação de acabamento para ambiente tipo Marítimo 1 não conflitante com as demais camadas anteriores.

Andaimes, passarelas e quaisquer outras estruturas que se façam necessárias para realização dos serviços deverão ser diluídos no valor unitário proposto.

8.2.8 FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE PARAFUSOS A325 - INCLUSIVE TRAVA QUÍMICA

Esta especificação trata do fornecimento de parafusos de alta resistência do tipo ASTM A325 e respectivas porcas e arruelas nos diâmetros especificados em projeto.

Devem ser fornecidos parafusos do tipo ASTM A325 e suas respectivas porcas e arruelas nos diâmetros especificados em projeto.

Os parafusos utilizados deverão ser do tipo A-325 galvanizados de alta resistência tipo 3. Deverá ter boa procedência e apresentar certificado de qualidade do fabricante. O fornecimento do parafuso deverá ser completo, ou seja, com porca e arruela. Além de trava química aplicada em cada unidade. Nos serviços de aplicação de parafusos deverá estar computado a remoção do parafuso antigo, a furação das chapas de ligação e o alargamento de furos quando necessário.

Os parafusos, porcas e arruelas deverão ser acompanhados de Atestados de Qualidade.

Quando recebidos devem ser verificados dimensionalmente, classificados e armazenados evitando a contaminação e má conservação dos materiais.

A instalação dos parafusos de alta resistência deve obedecer às recomendações da NBR 8800.

Primeiramente realiza-se a ajustagem para o devido alinhamento dos furos da peça nova com a estrutura existente. A ajustagem é realizada com auxílio da furadeira de base magnética e/ou do alargador de furos.

Coloca-se o parafuso e realiza-se o pré-aperto em cada unidade. O pré-aperto possui finalidade de garantir o prévio contato entre os componentes sendo necessário para possibilitar a ajustagem nos demais parafusos da peça.

Após pré-apertados todos os parafusos da peça, realiza-se o aperto definitivo e a conferência do torqueamento.

8.3 ANEXO C – TABELA DE VERIFICAÇÃO DA BARRA CRÍTICA

TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
Text	mm	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-mm	Kgf-mm	Kgf-mm	Text	mm
46	0	COMB1	Combination	-1754,12	-5,438E-16	8,88	9,384E-15	1464,52	-7,66E-14	46-1	0
46	400	COMB1	Combination	-1754,12	-9,774E-17	1,6	2,917E-15	-630,76	5,169E-14	46-1	400
46	800	COMB1	Combination	-1754,12	3,483E-16	-5,69	-3,551E-15	187,54	1,588E-15	46-1	800
46	1200	COMB1	Combination	-1754,12	7,943E-16	-12,97	-1,002E-14	3919,39	-2,269E-13	46-1	1200
46	1200	COMB1	Combination	-4077,35	-8,69E-16	14,19	1,26E-14	3919,39	-2,4E-13	46-2	0
46	1600	COMB1	Combination	-4077,35	-4,23E-16	6,91	6,134E-15	-300,64	1,841E-14	46-2	400
46	2000	COMB1	Combination	-4077,35	2,301E-17	-0,38	-3,337E-16	-1607,1	9,841E-14	46-2	800
46	2400	COMB1	Combination	-4077,35	4,69E-16	-7,66	-6,801E-15	7,731E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB2	Combination	-1754,12	-5,438E-16	8,88	9,384E-15	1464,52	-7,66E-14	46-1	0
46	400	COMB2	Combination	-1754,12	-9,774E-17	1,6	2,917E-15	-630,76	5,169E-14	46-1	400
46	800	COMB2	Combination	-1754,12	3,483E-16	-5,69	-3,551E-15	187,54	1,588E-15	46-1	800
46	1200	COMB2	Combination	-1754,12	7,943E-16	-12,97	-1,002E-14	3919,39	-2,269E-13	46-1	1200
46	1200	COMB2	Combination	-4077,35	-8,69E-16	14,19	1,26E-14	3919,39	-2,4E-13	46-2	0
46	1600	COMB2	Combination	-4077,35	-4,23E-16	6,91	6,134E-15	-300,64	1,841E-14	46-2	400
46	2000	COMB2	Combination	-4077,35	2,301E-17	-0,38	-3,337E-16	-1607,1	9,841E-14	46-2	800
46	2400	COMB2	Combination	-4077,35	4,69E-16	-7,66	-6,801E-15	7,731E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB3	Combination	-9307,76	-1,161E-16	1,9	8,949E-15	-1395,15	1,64E-13	46-1	0
46	400	COMB3	Combination	-9307,76	3,299E-16	-5,39	2,482E-15	-696,84	1,213E-13	46-1	400
46	800	COMB3	Combination	-9307,76	7,759E-16	-12,67	-3,985E-15	2915,03	-9,99E-14	46-1	800
46	1200	COMB3	Combination	-9307,76	1,222E-15	-19,96	-1,045E-14	9440,46	-4,995E-13	46-1	1200
46	1200	COMB3	Combination	-21348,65	-1,151E-15	18,79	1,669E-14	9440,46	-5,781E-13	46-2	0
46	1600	COMB3	Combination	-21348,65	-7,047E-16	11,51	1,022E-14	3380,08	-2,07E-13	46-2	400
46	2000	COMB3	Combination	-21348,65	-2,587E-16	4,23	3,751E-15	233,25	-1,428E-14	46-2	800
46	2400	COMB3	Combination	-21348,65	1,873E-16	-3,06	-2,716E-15	2,569E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB4	Combination	-7419,35	-2,23E-16	3,64	9,058E-15	-680,23	1,039E-13	46-1	0
46	400	COMB4	Combination	-7419,35	2,23E-16	-3,64	2,591E-15	-680,32	1,039E-13	46-1	400
46	800	COMB4	Combination	-7419,35	6,69E-16	-10,93	-3,877E-15	2233,15	-7,453E-14	46-1	800
46	1200	COMB4	Combination	-7419,35	1,115E-15	-18,21	-1,034E-14	8060,2	-4,313E-13	46-1	1200
46	1200	COMB4	Combination	-17030,82	-1,08E-15	17,64	1,566E-14	8060,2	-4,935E-13	46-2	0
46	1600	COMB4	Combination	-17030,82	-6,343E-16	10,36	9,197E-15	2459,9	-1,506E-13	46-2	400
46	2000	COMB4	Combination	-17030,82	-1,883E-16	3,07	2,73E-15	-226,83	1,389E-14	46-2	800
46	2400	COMB4	Combination	-17030,82	2,577E-16	-4,21	-3,737E-15	2,12E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB5.1	Combination	8434,19	-9,492E-16	15,5	1,002E-14	3780,74	-2,645E-13	46-1	0
46	400	COMB5.1	Combination	8434,19	-5,032E-16	8,22	3,552E-15	-962,94	2,597E-14	46-1	400
46	800	COMB5.1	Combination	8434,19	-5,715E-17	0,93	-2,915E-15	-2793,07	1,38E-13	46-1	800
46	1200	COMB5.1	Combination	8434,19	3,889E-16	-6,35	-9,382E-15	-1709,62	7,169E-14	46-1	1200
46	1200	COMB5.1	Combination	15075,93	-5,818E-16	9,5	8,436E-15	-1709,62	1,047E-13	46-2	0
46	1600	COMB5.1	Combination	15075,93	-1,358E-16	2,22	1,969E-15	-4053,31	2,482E-13	46-2	400
46	2000	COMB5.1	Combination	15075,93	3,102E-16	-5,07	-4,498E-15	-3483,44	2,133E-13	46-2	800
46	2400	COMB5.1	Combination	15075,93	7,563E-16	-12,35	-1,097E-14	-1,342E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB5.2	Combination	-9309,67	-3,949E-16	6,44	7,147E-15	2052,18	-1,545E-13	46-1	0
46	400	COMB5.2	Combination	-9309,67	5,114E-17	-0,84	6,801E-16	932,46	-8,575E-14	46-1	400
46	800	COMB5.2	Combination	-9309,67	4,972E-16	-8,13	-5,787E-15	2726,31	-1,954E-13	46-1	800
46	1200	COMB5.2	Combination	-9309,67	9,432E-16	-15,41	-1,225E-14	7433,72	-4,835E-13	46-1	1200
46	1200	COMB5.2	Combination	-14283,52	-1,049E-15	17,12	1,278E-14	7433,72	-4,557E-13	46-2	0
46	1600	COMB5.2	Combination	-14283,52	-6,028E-16	9,84	6,312E-15	2042,25	-1,254E-13	46-2	400
46	2000	COMB5.2	Combination	-14283,52	-1,568E-16	2,55	-1,554E-16	-435,66	2,649E-14	46-2	800
46	2400	COMB5.2	Combination	-14283,52	2,892E-16	-4,73	-6,623E-15	2,274E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB5.3	Combination	-2003,53	-0,002037	8,87	-11,45	1492,98	3,23	46-1	0
46	400	COMB5.3	Combination	-2003,53	-0,002037	1,59	-11,45	-599,67	4,04	46-1	400
46	800	COMB5.3	Combination	-2003,53	-0,002037	-5,69	-11,45	221,25	4,86	46-1	800
46	1200	COMB5.3	Combination	-2003,53	-0,002037	-12,98	-11,45	3955,74	5,67	46-1	1200
46	1200	COMB5.3	Combination	-4316,18	-0,002037	14,22	-11,38	3955,74	-2,44	46-2	0
46	1600	COMB5.3	Combination	-4316,18	-0,002037	6,94	-11,38	-276,41	-1,63	46-2	400
46	2000	COMB5.3	Combination	-4316,18	-0,002037	-0,35	-11,38	-1594,99	-0,81	46-2	800
46	2400	COMB5.3	Combination	-4316,18	-0,002037	-7,63	-11,38	7,516E-12	7,816E-13	46-2	1200
46	0	COMB6.1	Combination	5887,11	-8,478E-16	13,85	9,861E-15	3201,69	-2,175E-13	46-1	0

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 54 of 58		

46	400	COMB6.1	Combination	5887,11	-4,018E-16	6,56	3,393E-15	-879,9	3,24E-14	46-1	400
46	800	COMB6.1	Combination	5887,11	4,42E-17	-0,72	-3,074E-15	-2047,92	1,039E-13	46-1	800
46	1200	COMB6.1	Combination	5887,11	4,902E-16	-8,01	-9,541E-15	-302,37	-2,961E-15	46-1	1200
46	1200	COMB6.1	Combination	10287,61	-6,536E-16	10,67	9,477E-15	-302,37	1,851E-14	46-2	0
46	1600	COMB6.1	Combination	10287,61	-2,076E-16	3,39	3,01E-15	-3115,14	1,907E-13	46-2	400
46	2000	COMB6.1	Combination	10287,61	2,384E-16	-3,89	-3,457E-15	-3014,36	1,846E-13	46-2	800
46	2400	COMB6.1	Combination	10287,61	6,844E-16	-11,18	-9,924E-15	-8,129E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB6.2	Combination	-7420,79	-4,321E-16	7,05	7,706E-15	1905,27	-1,35E-13	46-1	0
46	400	COMB6.2	Combination	-7420,79	1,392E-17	-0,23	1,239E-15	541,66	-5,139E-14	46-1	400
46	800	COMB6.2	Combination	-7420,79	4,599E-16	-7,52	-5,228E-15	2091,61	-1,462E-13	46-1	800
46	1200	COMB6.2	Combination	-7420,79	9,059E-16	-14,8	-1,17E-14	6555,14	-4,193E-13	46-1	1200
46	1200	COMB6.2	Combination	-11731,98	-1,004E-15	16,39	1,273E-14	6555,14	-4,018E-13	46-2	0
46	1600	COMB6.2	Combination	-11731,98	-5,578E-16	9,1	6,267E-15	1456,53	-8,946E-14	46-2	400
46	2000	COMB6.2	Combination	-11731,98	-1,118E-16	1,82	-2E-16	-728,52	4,447E-14	46-2	800
46	2400	COMB6.2	Combination	-11731,98	3,342E-16	-5,46	-6,667E-15	3,638E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB6.3	Combination	-1941,18	-0,001528	8,88	-8,59	1485,86	2,42	46-1	0
46	400	COMB6.3	Combination	-1941,18	-0,001528	1,59	-8,59	-607,44	3,03	46-1	400
46	800	COMB6.3	Combination	-1941,18	-0,001528	-5,69	-8,59	212,82	3,64	46-1	800
46	1200	COMB6.3	Combination	-1941,18	-0,001528	-12,98	-8,59	3946,65	4,26	46-1	1200
46	1200	COMB6.3	Combination	-4256,48	-0,001528	14,21	-8,53	3946,65	-1,83	46-2	0
46	1600	COMB6.3	Combination	-4256,48	-0,001528	6,93	-8,53	-282,47	-1,22	46-2	400
46	2000	COMB6.3	Combination	-4256,48	-0,001528	-0,35	-8,53	-1598,02	-0,61	46-2	800
46	2400	COMB6.3	Combination	-4256,48	-0,001528	-7,64	-8,53	7,57E-12	5,862E-13	46-2	1200
46	0	COMB7.1	Combination	9135,84	-7,317E-16	11,95	6,266E-15	3194,94	-2,339E-13	46-1	0
46	400	COMB7.1	Combination	9135,84	-4,641E-16	7,58	2,386E-15	-710,64	5,294E-15	46-1	400
46	800	COMB7.1	Combination	9135,84	-1,965E-16	3,21	-1,495E-15	-2868,08	1,374E-13	46-1	800
46	1200	COMB7.1	Combination	9135,84	7,115E-17	-1,16	-5,375E-15	-3277,38	1,625E-13	46-1	1200
46	1200	COMB7.1	Combination	16706,87	-2,342E-16	3,82	3,396E-15	-3277,38	2,007E-13	46-2	0
46	1600	COMB7.1	Combination	16706,87	3,343E-17	-0,55	-4,844E-16	-3933,06	2,408E-13	46-2	400
46	2000	COMB7.1	Combination	16706,87	3,01E-16	-4,92	-4,365E-15	-2840,6	1,739E-13	46-2	800
46	2400	COMB7.1	Combination	16706,87	5,686E-16	-9,29	-8,245E-15	-1,651E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB7.2	Combination	-8608,03	-1,774E-16	2,89	3,394E-15	1466,38	-1,239E-13	46-1	0
46	400	COMB7.2	Combination	-8608,03	9,024E-17	-1,48	-4,866E-16	1184,76	-1,064E-13	46-1	400
46	800	COMB7.2	Combination	-8608,03	3,578E-16	-5,85	-4,367E-15	2651,29	-1,96E-13	46-1	800
46	1200	COMB7.2	Combination	-8608,03	6,254E-16	-10,22	-8,247E-15	5865,96	-3,927E-13	46-1	1200
46	1200	COMB7.2	Combination	-12652,58	-7,012E-16	11,44	7,739E-15	5865,96	-3,597E-13	46-2	0
46	1600	COMB7.2	Combination	-12652,58	-4,336E-16	7,07	3,858E-15	2162,5	-1,328E-13	46-2	400
46	2000	COMB7.2	Combination	-12652,58	-1,66E-16	2,7	-2,194E-17	207,18	-1,287E-14	46-2	800
46	2400	COMB7.2	Combination	-12652,58	1,016E-16	-1,67	-3,902E-15	-8,185E-13	0	46-2	1200
46	0	COMB7.3	Combination	-1301,88	-0,002037	5,32	-11,45	907,17	3,23	46-1	0
46	400	COMB7.3	Combination	-1301,88	-0,002037	0,95	-11,45	-347,37	4,04	46-1	400
46	800	COMB7.3	Combination	-1301,88	-0,002037	-3,42	-11,45	146,24	4,86	46-1	800
46	1200	COMB7.3	Combination	-1301,88	-0,002037	-7,79	-11,45	2387,98	5,67	46-1	1200
46	1200	COMB7.3	Combination	-2685,24	-0,002037	8,55	-11,38	2387,98	-2,44	46-2	0
46	1600	COMB7.3	Combination	-2685,24	-0,002037	4,18	-11,38	-156,15	-1,63	46-2	400
46	2000	COMB7.3	Combination	-2685,24	-0,002037	-0,2	-11,38	-952,15	-0,81	46-2	800
46	2400	COMB7.3	Combination	-2685,24	-0,002037	-4,57	-11,38	4,423E-12	7,816E-13	46-2	1200
46	0	COMB8.1	Combination	-8002	-1,422E-16	2,32	9,748E-15	-1723,22	1,995E-13	46-1	0
46	400	COMB8.1	Combination	-8002	3,038E-16	-4,96	3,28E-15	-1195,44	1,672E-13	46-1	400
46	800	COMB8.1	Combination	-8002	7,498E-16	-12,25	-3,187E-15	2245,91	-4,354E-14	46-1	800
46	1200	COMB8.1	Combination	-8002	1,196E-15	-19,53	-9,654E-15	8600,83	-4,327E-13	46-1	1200
46	1200	COMB8.1	Combination	-19626,21	-1,108E-15	18,09	1,708E-14	8600,83	-5,267E-13	46-2	0
46	1600	COMB8.1	Combination	-19626,21	-6,619E-16	10,81	1,061E-14	2820,32	-1,727E-13	46-2	400
46	2000	COMB8.1	Combination	-19626,21	-2,159E-16	3,53	4,146E-15	-46,62	2,851E-15	46-2	800
46	2400	COMB8.1	Combination	-19626,21	2,301E-16	-3,76	-2,322E-15	2,8E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB8.2	Combination	-10520,43	-9,886E-17	1,61	8,24E-15	-1197,85	1,424E-13	46-1	0
46	400	COMB8.2	Combination	-10520,43	3,472E-16	-5,67	1,773E-15	-386,91	9,278E-14	46-1	400
46	800	COMB8.2	Combination	-10520,43	7,932E-16	-12,95	-4,694E-15	3337,6	-1,353E-13	46-1	800
46	1200	COMB8.2	Combination	-10520,43	1,239E-15	-20,24	-1,116E-14	9975,67	-5,418E-13	46-1	1200
46	1200	COMB8.2	Combination	-22852,8	-1,178E-15	19,24	1,607E-14	9975,67	-6,108E-13	46-2	0

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 55 of 58		

46	1600	COMB8.2	Combination	-22852,8	-7,32E-16	11,96	9,599E-15	3736,88	-2,288E-13	46-2	400
46	2000	COMB8.2	Combination	-22852,8	-2,86E-16	4,67	3,132E-15	411,66	-2,52E-14	46-2	800
46	2400	COMB8.2	Combination	-22852,8	1,6E-16	-2,61	-3,335E-15	2,444E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB9.1	Combination	64,2	-3,836E-16	6,26	6,845E-15	773,42	-2,699E-14	46-1	0
46	400	COMB9.1	Combination	64,2	-4,909E-17	0,8	1,994E-15	-639,9	5,955E-14	46-1	400
46	800	COMB9.1	Combination	64,2	2,854E-16	-4,66	-2,856E-15	131,94	1,229E-14	46-1	800
46	1200	COMB9.1	Combination	64,2	6,199E-16	-10,12	-7,707E-15	3088,96	-1,688E-13	46-1	1200
46	1200	COMB9.1	Combination	-2373,26	-6,594E-16	10,77	9,052E-15	3088,96	-1,891E-13	46-2	0
46	1600	COMB9.1	Combination	-2373,26	-3,249E-16	5,31	4,202E-15	-125,87	7,711E-15	46-2	400
46	2000	COMB9.1	Combination	-2373,26	9,639E-18	-0,16	-6,484E-16	-1155,52	7,076E-14	46-2	800
46	2400	COMB9.1	Combination	-2373,26	3,441E-16	-5,62	-5,499E-15	3,264E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB9.2	Combination	1326,45	-4,053E-16	6,62	7,6E-15	510,11	1,606E-15	46-1	0
46	400	COMB9.2	Combination	1326,45	-7,083E-17	1,16	2,75E-15	-1045,14	9,684E-14	46-1	400
46	800	COMB9.2	Combination	1326,45	2,637E-16	-4,31	-2,101E-15	-415,21	5,827E-14	46-1	800
46	1200	COMB9.2	Combination	1326,45	5,982E-16	-9,77	-6,951E-15	2399,89	-1,141E-13	46-1	1200
46	1200	COMB9.2	Combination	-756,09	-6,242E-16	10,19	9,56E-15	2399,89	-1,47E-13	46-2	0
46	1600	COMB9.2	Combination	-756,09	-2,897E-16	4,73	4,71E-15	-585,25	3,583E-14	46-2	400
46	2000	COMB9.2	Combination	-756,09	4,479E-17	-0,73	-1,403E-16	-1385,21	8,482E-14	46-2	800
46	2400	COMB9.2	Combination	-756,09	3,793E-16	-6,19	-4,991E-15	4,343E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB9.3	Combination	-13243,7	3,212E-17	-0,53	4,69E-15	-523	5,551E-14	46-1	0
46	400	COMB9.3	Combination	-13243,7	3,666E-16	-5,99	-1,601E-16	781,65	-2,424E-14	46-1	400
46	800	COMB9.3	Combination	-13243,7	7,011E-16	-11,46	-5,01E-15	4271,47	-2,378E-13	46-1	800
46	1200	COMB9.3	Combination	-13243,7	1,036E-15	-16,92	-9,861E-15	9946,47	-5,852E-13	46-1	1200
46	1200	COMB9.3	Combination	-24392,84	-1,01E-15	16,48	1,231E-14	9946,47	-6,095E-13	46-2	0
46	1600	COMB9.3	Combination	-24392,84	-6,751E-16	11,02	7,459E-15	4445,8	-2,725E-13	46-2	400
46	2000	COMB9.3	Combination	-24392,84	-3,406E-16	5,56	2,609E-15	1130,31	-6,935E-14	46-2	800
46	2400	COMB9.3	Combination	-24392,84	-6,114E-18	0,09432	-2,242E-15	1,503E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB9.4	Combination	-11981,45	1,039E-17	-0,18	5,446E-15	-786,31	8,411E-14	46-1	0
46	400	COMB9.4	Combination	-11981,45	3,449E-16	-5,64	5,954E-16	376,42	1,305E-14	46-1	400
46	800	COMB9.4	Combination	-11981,45	6,794E-16	-11,1	-4,255E-15	3724,32	-1,918E-13	46-1	800
46	1200	COMB9.4	Combination	-11981,45	1,014E-15	-16,56	-9,105E-15	9257,4	-5,305E-13	46-1	1200
46	1200	COMB9.4	Combination	-22775,67	-9,745E-16	15,91	1,282E-14	9257,4	-5,673E-13	46-2	0
46	1600	COMB9.4	Combination	-22775,67	-6,4E-16	10,45	7,967E-15	3986,42	-2,444E-13	46-2	400
46	2000	COMB9.4	Combination	-22775,67	-3,055E-16	4,98	3,117E-15	900,62	-5,529E-14	46-2	800
46	2400	COMB9.4	Combination	-22775,67	2,904E-17	-0,48	-1,734E-15	1,611E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB9.5	Combination	-7764,08	-0,001528	1,29	-8,59	-942,4	2,42	46-1	0
46	400	COMB9.5	Combination	-7764,08	-0,001528	-4,17	-8,59	-367,45	3,03	46-1	400
46	800	COMB9.5	Combination	-7764,08	-0,001528	-9,63	-8,59	2392,68	3,64	46-1	800
46	1200	COMB9.5	Combination	-7764,08	-0,001528	-15,09	-8,59	7337,98	4,26	46-1	1200
46	1200	COMB9.5	Combination	-16917,34	-0,001528	14,31	-8,53	7337,98	-1,83	46-2	0
46	1600	COMB9.5	Combination	-16917,34	-0,001528	8,85	-8,53	2706,81	-1,22	46-2	400
46	2000	COMB9.5	Combination	-16917,34	-0,001528	3,38	-8,53	260,82	-0,61	46-2	800
46	2400	COMB9.5	Combination	-16917,34	-0,001528	-2,08	-8,53	1,896E-11	5,862E-13	46-2	1200
46	0	COMB9.6	Combination	-6501,84	-0,001528	1,65	-8,59	-1205,72	2,42	46-1	0
46	400	COMB9.6	Combination	-6501,84	-0,001528	-3,81	-8,59	-772,68	3,03	46-1	400
46	800	COMB9.6	Combination	-6501,84	-0,001528	-9,28	-8,59	1845,53	3,64	46-1	800
46	1200	COMB9.6	Combination	-6501,84	-0,001528	-14,74	-8,59	6648,91	4,26	46-1	1200
46	1200	COMB9.6	Combination	-15300,17	-0,001528	13,74	-8,53	6648,91	-1,83	46-2	0
46	1600	COMB9.6	Combination	-15300,17	-0,001528	8,27	-8,53	2247,43	-1,22	46-2	400
46	2000	COMB9.6	Combination	-15300,17	-0,001528	2,81	-8,53	31,13	-0,61	46-2	800
46	2400	COMB9.6	Combination	-15300,17	-0,001528	-2,65	-8,53	2,004E-11	5,862E-13	46-2	1200
46	0	COMB10.1	Combination	-2180,88	-2,587E-16	4,22	7,549E-15	-423,83	7,916E-14	46-1	0
46	400	COMB10.1	Combination	-2180,88	7,581E-17	-1,24	2,699E-15	-1021,15	1,157E-13	46-1	400
46	800	COMB10.1	Combination	-2180,88	4,103E-16	-6,7	-2,152E-15	566,71	1,852E-14	46-1	800
46	1200	COMB10.1	Combination	-2180,88	7,448E-16	-12,16	-7,002E-15	4339,74	-2,125E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.1	Combination	-7537,18	-7,232E-16	11,81	1,125E-14	4339,74	-2,657E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.1	Combination	-7537,18	-3,887E-16	6,35	6,398E-15	707,99	-4,336E-14	46-2	400
46	2000	COMB10.1	Combination	-7537,18	-5,42E-17	0,88	1,547E-15	-738,59	4,522E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.1	Combination	-7537,18	2,803E-16	-4,58	-3,303E-15	1,307E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.2	Combination	-4069,7	-2,262E-16	3,69	6,419E-15	-29,8	3,637E-14	46-1	0

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 56 of 58		

46	400	COMB10.2	Combination	-4069,7	1,083E-16	-1,77	1,568E-15	-414,75	5,994E-14	46-1	400
46	800	COMB10.2	Combination	-4069,7	4,428E-16	-7,23	-3,282E-15	1385,47	-5,029E-14	46-1	800
46	1200	COMB10.2	Combination	-4069,7	7,774E-16	-12,69	-8,132E-15	5370,87	-2,943E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.2	Combination	-9957,12	-7,758E-16	12,67	1,049E-14	5370,87	-3,289E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.2	Combination	-9957,12	-4,413E-16	7,21	5,638E-15	1395,41	-8,544E-14	46-2	400
46	2000	COMB10.2	Combination	-9957,12	-1,068E-16	1,74	7,872E-16	-394,88	2,418E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.2	Combination	-9957,12	2,277E-16	-3,72	-4,063E-15	1,04E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.3	Combination	-8834,83	-5,084E-17	0,83	6,472E-15	-1072,04	1,204E-13	46-1	0
46	400	COMB10.3	Combination	-8834,83	2,837E-16	-4,64	1,622E-15	-310,37	7,384E-14	46-1	400
46	800	COMB10.3	Combination	-8834,83	6,182E-16	-10,1	-3,229E-15	2636,48	-1,065E-13	46-1	800
46	1200	COMB10.3	Combination	-8834,83	9,527E-16	-15,56	-8,079E-15	7768,5	-4,207E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.3	Combination	-18546,97	-8,983E-16	14,67	1,288E-14	7768,5	-4,759E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.3	Combination	-18546,97	-5,638E-16	9,21	8,026E-15	2993,82	-1,835E-13	46-2	400
46	2000	COMB10.3	Combination	-18546,97	-2,293E-16	3,74	3,176E-15	404,32	-2,483E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.3	Combination	-18546,97	1,052E-16	-1,72	-1,674E-15	1,895E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.4	Combination	-10723,65	-1,831E-17	0,3	5,342E-15	-678,02	7,762E-14	46-1	0
46	400	COMB10.4	Combination	-10723,65	3,162E-16	-5,17	4,912E-16	296,02	1,805E-14	46-1	400
46	800	COMB10.4	Combination	-10723,65	6,507E-16	-10,63	-4,359E-15	3455,24	-1,753E-13	46-1	800
46	1200	COMB10.4	Combination	-10723,65	9,852E-16	-16,09	-9,21E-15	8799,62	-5,025E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.4	Combination	-20966,91	-9,509E-16	15,53	1,212E-14	8799,62	-5,39E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.4	Combination	-20966,91	-6,164E-16	10,06	7,266E-15	3681,24	-2,255E-13	46-2	400
46	2000	COMB10.4	Combination	-20966,91	-2,819E-16	4,6	2,416E-15	748,03	-4,587E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.4	Combination	-20966,91	5,258E-17	-0,86	-2,435E-15	1,628E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.5	Combination	-6095,02	-0,0007639	1,74	-4,3	-1281,75	1,21	46-1	0
46	400	COMB10.5	Combination	-6095,02	-0,0007639	-3,72	-4,3	-884,92	1,52	46-1	400
46	800	COMB10.5	Combination	-6095,02	-0,0007639	-9,19	-4,3	1697,08	1,82	46-1	800
46	1200	COMB10.5	Combination	-6095,02	-0,0007639	-14,65	-4,3	6464,25	2,13	46-1	1200
46	1200	COMB10.5	Combination	-14809,22	-0,0007639	13,58	-4,27	6464,25	-0,92	46-2	0
46	1600	COMB10.5	Combination	-14809,22	-0,0007639	8,12	-4,27	2124,33	-0,61	46-2	400
46	2000	COMB10.5	Combination	-14809,22	-0,0007639	2,66	-4,27	-30,42	-0,31	46-2	800
46	2400	COMB10.5	Combination	-14809,22	-0,0007639	-2,81	-4,27	2,092E-11	2,931E-13	46-2	1200
46	0	COMB10.6	Combination	-7983,85	-0,0007639	1,21	-4,3	-887,72	1,21	46-1	0
46	400	COMB10.6	Combination	-7983,85	-0,0007639	-4,25	-4,3	-278,53	1,52	46-1	400
46	800	COMB10.6	Combination	-7983,85	-0,0007639	-9,72	-4,3	2515,84	1,82	46-1	800
46	1200	COMB10.6	Combination	-7983,85	-0,0007639	-15,18	-4,3	7495,38	2,13	46-1	1200
46	1200	COMB10.6	Combination	-17229,16	-0,0007639	14,44	-4,27	7495,38	-0,92	46-2	0
46	1600	COMB10.6	Combination	-17229,16	-0,0007639	8,98	-4,27	2811,75	-0,61	46-2	400
46	2000	COMB10.6	Combination	-17229,16	-0,0007639	3,51	-4,27	313,29	-0,31	46-2	800
46	2400	COMB10.6	Combination	-17229,16	-0,0007639	-1,95	-4,27	1,825E-11	2,931E-13	46-2	1200
46	0	COMB11.1	Combination	-7577,03	-7,954E-17	1,3	6,368E-15	-963,74	1,139E-13	46-1	0
46	400	COMB11.1	Combination	-7577,03	2,55E-16	-4,16	1,517E-15	-390,76	7,884E-14	46-1	400
46	800	COMB11.1	Combination	-7577,03	5,895E-16	-9,63	-3,333E-15	2367,39	-9,005E-14	46-1	800
46	1200	COMB11.1	Combination	-7577,03	9,24E-16	-15,09	-8,183E-15	7310,72	-3,927E-13	46-1	1200
46	1200	COMB11.1	Combination	-16738,22	-8,748E-16	14,29	1,218E-14	7310,72	-4,476E-13	46-2	0
46	1600	COMB11.1	Combination	-16738,22	-5,403E-16	8,82	7,325E-15	2688,64	-1,646E-13	46-2	400
46	2000	COMB11.1	Combination	-16738,22	-2,058E-16	3,36	2,475E-15	251,73	-1,541E-14	46-2	800
46	2400	COMB11.1	Combination	-16738,22	1,287E-16	-2,1	-2,375E-15	1,912E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB11.2	Combination	-6314,79	-1,013E-16	1,65	7,123E-15	-1227,06	1,425E-13	46-1	0
46	400	COMB11.2	Combination	-6314,79	2,332E-16	-3,81	2,273E-15	-796	1,161E-13	46-1	400
46	800	COMB11.2	Combination	-6314,79	5,677E-16	-9,27	-2,578E-15	1820,24	-4,407E-14	46-1	800
46	1200	COMB11.2	Combination	-6314,79	9,023E-16	-14,74	-7,428E-15	6621,65	-3,381E-13	46-1	1200
46	1200	COMB11.2	Combination	-15121,05	-8,397E-16	13,71	1,268E-14	6621,65	-4,055E-13	46-2	0
46	1600	COMB11.2	Combination	-15121,05	-5,051E-16	8,25	7,833E-15	2229,26	-1,365E-13	46-2	400
46	2000	COMB11.2	Combination	-15121,05	-1,706E-16	2,79	2,983E-15	22,04	-1,352E-15	46-2	800
46	2400	COMB11.2	Combination	-15121,05	1,639E-16	-2,68	-1,867E-15	2,02E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB12.1	Combination	-1498,72	-5,518E-16	9,01	9,554E-15	1355,56	-6,493E-14	46-1	0
46	400	COMB12.1	Combination	-1498,72	-1,058E-16	1,73	3,086E-15	-792,14	6,658E-14	46-1	400
46	800	COMB12.1	Combination	-1498,72	3,402E-16	-5,56	-3,381E-15	-26,27	1,969E-14	46-1	800
46	1200	COMB12.1	Combination	-1498,72	7,863E-16	-12,84	-9,848E-15	3653,16	-2,056E-13	46-1	1200
46	1200	COMB12.1	Combination	-3700,62	-8,554E-16	13,97	1,257E-14	3653,16	-2,237E-13	46-2	0

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 57 of 58		

46	1600	COMB12.1	Combination	-3700,62	-4,094E-16	6,69	6,105E-15	-478,12	2,928E-14	46-2	400
46	2000	COMB12.1	Combination	-3700,62	3,659E-17	-0,6	-3,622E-16	-1695,85	1,038E-13	46-2	800
46	2400	COMB12.1	Combination	-3700,62	4,826E-16	-7,88	-6,829E-15	8,786E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB12.2	Combination	-1916,44	-5,446E-16	8,89	9,304E-15	1442,7	-7,439E-14	46-1	0
46	400	COMB12.2	Combination	-1916,44	-9,857E-17	1,61	2,836E-15	-658,03	5,424E-14	46-1	400
46	800	COMB12.2	Combination	-1916,44	3,474E-16	-5,67	-3,631E-15	154,8	4,47E-15	46-1	800
46	1200	COMB12.2	Combination	-1916,44	7,934E-16	-12,96	-1,01E-14	3881,2	-2,237E-13	46-1	1200
46	1200	COMB12.2	Combination	-4235,8	-8,671E-16	14,16	1,24E-14	3881,2	-2,377E-13	46-2	0
46	1600	COMB12.2	Combination	-4235,8	-4,21E-16	6,88	5,937E-15	-326,1	1,997E-14	46-2	400
46	2000	COMB12.2	Combination	-4235,8	2,496E-17	-0,41	-5,303E-16	-1619,83	9,919E-14	46-2	800
46	2400	COMB12.2	Combination	-4235,8	4,71E-16	-7,69	-6,998E-15	7,724E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB10.7	Combination	-5331,95	-2,044E-16	3,34	5,663E-15	233,51	7,778E-15	46-1	0
46	400	COMB10.7	Combination	-5331,95	1,301E-16	-2,12	8,128E-16	-9,52	2,265E-14	46-1	400
46	800	COMB10.7	Combination	-5331,95	4,646E-16	-7,59	-4,038E-15	1932,62	-9,628E-14	46-1	800
46	1200	COMB10.7	Combination	-5331,95	7,991E-16	-13,05	-8,888E-15	6059,94	-3,49E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.7	Combination	-11574,29	-8,11E-16	13,24	9,98E-15	6059,94	-3,71E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.7	Combination	-11574,29	-4,765E-16	7,78	5,129E-15	1854,79	-1,136E-13	46-2	400
46	2000	COMB10.7	Combination	-11574,29	-1,419E-16	2,32	2,791E-16	-165,19	1,012E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.7	Combination	-11574,29	1,926E-16	-3,14	-4,571E-15	9,318E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB10.8	Combination	-918,64	-2,804E-16	4,58	8,305E-15	-687,15	1,078E-13	46-1	0
46	400	COMB10.8	Combination	-918,64	5,407E-17	-0,88	3,454E-15	-1426,38	1,53E-13	46-1	400
46	800	COMB10.8	Combination	-918,64	3,886E-16	-6,35	-1,396E-15	19,56	6,45E-14	46-1	800
46	1200	COMB10.8	Combination	-918,64	7,231E-16	-11,81	-6,247E-15	3650,67	-1,578E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.8	Combination	-5920,01	-6,881E-16	11,24	1,176E-14	3650,67	-2,236E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.8	Combination	-5920,01	-3,536E-16	5,77	6,906E-15	248,61	-1,524E-14	46-2	400
46	2000	COMB10.8	Combination	-5920,01	-1,905E-17	0,31	2,056E-15	-968,28	5,928E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.8	Combination	-5920,01	3,155E-16	-5,15	-2,795E-15	1,415E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.9	Combination	-11985,9	3,424E-18	-0,05842	4,586E-15	-414,7	4,903E-14	46-1	0
46	400	COMB10.9	Combination	-11985,9	3,379E-16	-5,52	-2,643E-16	701,26	-1,924E-14	46-1	400
46	800	COMB10.9	Combination	-11985,9	6,724E-16	-10,98	-5,115E-15	4002,39	-2,213E-13	46-1	800
46	1200	COMB10.9	Combination	-11985,9	1,007E-15	-16,45	-9,965E-15	9488,69	-5,572E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.9	Combination	-22584,08	-9,861E-16	16,1	1,161E-14	9488,69	-5,812E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.9	Combination	-22584,08	-6,516E-16	10,64	6,758E-15	4140,62	-2,537E-13	46-2	400
46	2000	COMB10.9	Combination	-22584,08	-3,171E-16	5,18	1,908E-15	977,72	-5,993E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.9	Combination	-22584,08	1,743E-17	-0,29	-2,943E-15	1,52E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.10	Combination	-7572,59	-7,257E-17	1,18	7,227E-15	-1335,36	1,49E-13	46-1	0
46	400	COMB10.10	Combination	-7572,59	2,619E-16	-4,28	2,377E-15	-715,61	1,111E-13	46-1	400
46	800	COMB10.10	Combination	-7572,59	5,964E-16	-9,74	-2,473E-15	2089,32	-6,054E-14	46-1	800
46	1200	COMB10.10	Combination	-7572,59	9,31E-16	-15,21	-7,324E-15	7079,43	-3,66E-13	46-1	1200
46	1200	COMB10.10	Combination	-16929,8	-8,632E-16	14,09	1,338E-14	7079,43	-4,337E-13	46-2	0
46	1600	COMB10.10	Combination	-16929,8	-5,287E-16	8,63	8,534E-15	2534,48	-1,553E-13	46-2	400
46	2000	COMB10.10	Combination	-16929,8	-1,942E-16	3,17	3,684E-15	174,63	-1,077E-14	46-2	800
46	2400	COMB10.10	Combination	-16929,8	1,403E-16	-2,29	-1,166E-15	2,003E-11	0	46-2	1200
46	0	COMB10.11	Combination	-9246,09	-0,0007639	0,85	-4,3	-624,4	1,21	46-1	0
46	400	COMB10.11	Combination	-9246,09	-0,0007639	-4,61	-4,3	126,71	1,52	46-1	400
46	800	COMB10.11	Combination	-9246,09	-0,0007639	-10,07	-4,3	3062,99	1,82	46-1	800
46	1200	COMB10.11	Combination	-9246,09	-0,0007639	-15,54	-4,3	8184,45	2,13	46-1	1200
46	1200	COMB10.11	Combination	-18846,33	-0,0007639	15,01	-4,27	8184,45	-0,92	46-2	0
46	1600	COMB10.11	Combination	-18846,33	-0,0007639	9,55	-4,27	3271,13	-0,61	46-2	400
46	2000	COMB10.11	Combination	-18846,33	-0,0007639	4,09	-4,27	542,98	-0,31	46-2	800
46	2400	COMB10.11	Combination	-18846,33	-0,0007639	-1,37	-4,27	1,717E-11	2,931E-13	46-2	1200
46	0	COMB10.12	Combination	-4832,78	-0,0007639	2,09	-4,3	-1545,06	1,21	46-1	0
46	400	COMB10.12	Combination	-4832,78	-0,0007639	-3,37	-4,3	-1290,16	1,52	46-1	400
46	800	COMB10.12	Combination	-4832,78	-0,0007639	-8,83	-4,3	1149,93	1,82	46-1	800
46	1200	COMB10.12	Combination	-4832,78	-0,0007639	-14,29	-4,3	5775,18	2,13	46-1	1200
46	1200	COMB10.12	Combination	-13192,05	-0,0007639	13,01	-4,27	5775,18	-0,92	46-2	0
46	1600	COMB10.12	Combination	-13192,05	-0,0007639	7,54	-4,27	1664,95	-0,61	46-2	400
46	2000	COMB10.12	Combination	-13192,05	-0,0007639	2,08	-4,27	-260,11	-0,31	46-2	800
46	2400	COMB10.12	Combination	-13192,05	-0,0007639	-3,38	-4,27	2,2E-11	2,931E-13	46-2	1200
46	0	COMB12.3	Combination	-3599,43	-5,156E-16	8,42	8,296E-15	1793,79	-1,125E-13	46-1	0

 CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016-2018 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO		
		Rev.: 01	Data: 16/01/17	
		Página 58 of 58		

46	400	COMB12.3	Combination	-3599,43	-6,959E-17	1,14	1,829E-15	-117,72	4,524E-15	46-1	400
46	800	COMB12.3	Combination	-3599,43	3,764E-16	-6,15	-4,638E-15	884,34	-5,684E-14	46-1	800
46	1200	COMB12.3	Combination	-3599,43	8,224E-16	-13,43	-1,111E-14	4799,96	-2,966E-13	46-1	1200
46	1200	COMB12.3	Combination	-6392,03	-9,139E-16	14,93	1,173E-14	4799,96	-2,939E-13	46-2	0
46	1600	COMB12.3	Combination	-6392,03	-4,679E-16	7,64	5,259E-15	286,41	-1,752E-14	46-2	400
46	2000	COMB12.3	Combination	-6392,03	-2,191E-17	0,36	-1,208E-15	-1313,58	8,044E-14	46-2	800
46	2400	COMB12.3	Combination	-6392,03	4,241E-16	-6,93	-7,675E-15	6,285E-12	0	46-2	1200
46	0	COMB12.4	Combination	184,27	-5,808E-16	9,48	1,056E-14	1004,47	-2,68E-14	46-1	0
46	400	COMB12.4	Combination	184,27	-1,347E-16	2,2	4,094E-15	-1332,45	1,163E-13	46-1	400
46	800	COMB12.4	Combination	184,27	3,113E-16	-5,08	-2,374E-15	-755,81	8,1E-14	46-1	800
46	1200	COMB12.4	Combination	184,27	7,573E-16	-12,37	-8,841E-15	2734,4	-1,327E-13	46-1	1200
46	1200	COMB12.4	Combination	-1544,39	-8,086E-16	13,2	1,325E-14	2734,4	-1,675E-13	46-2	0
46	1600	COMB12.4	Combination	-1544,39	-3,625E-16	5,92	6,782E-15	-1090,63	6,677E-14	46-2	400
46	2000	COMB12.4	Combination	-1544,39	8,346E-17	-1,36	3,152E-16	-2002,1	1,226E-13	46-2	800
46	2400	COMB12.4	Combination	-1544,39	5,295E-16	-8,65	-6,152E-15	1,022E-11	0	46-2	1200