

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 1 of 87	

INSTITUTO IDD

MEMORIAL DE CÁLCULO EDIFÍCIO INDUSTRIAL EM AÇO

**ALUNOS: Caio Augusto Capriglione
César Dugatto**

17/01/19	04	Trabalho final			
Data	Revisão	Descrição	Elaboração	Verificação	Aprovação

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 2 of 87	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta baixa da edificação do eixo 1 ao 12.....	10
Figura 2 – Planta baixa da edificação do eixo 12 ao 23.....	11
Figura 3 – Seção A.....	12
Figura 4 – Telha LR 40 da marca Perflor.....	17
Figura 5 – Lanternim IVI.....	17
Figura 6 – Tamanhos de lanternim.....	18
Figura 7 – Venezianas industriais IVI.....	19
Figura 8 – Estrutura em pórtico para pontes rolantes pesadas.....	20
Figura 9 – Distância em metros para juntas de dilatação.....	21
Figura 10 – Contraventamentos no plano das terças.....	21
Figura 11 – Contraventamentos nas cordas inferiores das tesouras.....	22
Figura 12 – Contraventamentos verticais entre pilares.....	22
Figura 13 – Localização dos contraventamentos horizontais.....	23
Figura 14 – Localização dos contraventamentos verticais.....	24
Figura 15 – Layout 3D do modelo de cálculo.....	24
Figura 16 – Engastamento das chapas base.....	25
Figura 17 – Ligação pilar-viga de cobertura.....	25
Figura 18 – Emenda de tala dos perfis.....	26
Figura 19 – Mãos francesas.....	26
Figura 20 – Cobertura (Vento 0°).....	28
Figura 21 – Cobertura (Vento 90°/270°).....	28
Figura 22 – Cobertura (Vento 80°).....	29
Figura 23 – Paredes (qualquer vento).....	29
Figura 24 – Ventos 0° e 180°.....	38
Figura 25 – Ventos 90° e 270°.....	38
Figura 26 – Cobertura isolada – Galpão 01.....	41

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 3 of 87	

Figura 27 – Cobertura isolada – Galpão 02.....	42
Figura 28 – Cobertura isolada – Marquises 3x10.....	42
Figura 29 – Posição 1.....	43
Figura 30 – Posição 2.....	44
Figura 31 – Posição 3.....	45
Figura 32 – Posição 4.....	45
Figura 33 – Modelagem do pórtico.....	51
Figura 34 – Definição dos apoios.....	52
Figura 35 – Definição dos nós.....	52
Figura 36 – Definição dos perfis.....	53
Figura 37 – Atributos para cálculo de flambagem.....	54
Figura 38 – Atributos para cálculo de flambagem lateral.....	55
Figura 39 – Definição do deslocamento máximo.....	57
Figura 40 – Definição da norma utilizada.....	58
Figura 41 – Definição da disposição dos perfis.....	59
Figura 42 – Carga permanente.....	60
Figura 43 – CSS-.....	61
Figura 44 – CSS+.....	62
Figura 45 – CVM D.....	63
Figura 46 – CVM E.....	64
Figura 47 – CVS D.....	65
Figura 48 – CVS E.....	66
Figura 49 – Sobrecarga.....	67
Figura 50 – Peso próprio.....	68
Figura 51 – V1.....	68
Figura 52 – V2.....	69
Figura 53 – V3.....	70
Figura 54 – V4.....	71
Figura 55 – V5.....	72

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 4 of 87	

Figura 56 – V6.....	73
Figura 57 – V7.....	74
Figura 58 – V7'.....	75
Figura 59 – V8.....	76
Figura 60 – V8'.....	77
Figura 61 – Configuração manual.....	79
Figura 62 – Verificação de elementos do pórtico.....	80
Figura 63 – Lista de verificação dos perfis adotados no pórtico.....	80
Figura 64 – Elementos calculados e verificados para o pórtico.....	81
Figura 65 – Elementos calculados e verificados para o pórtico'.....	82
Figura 66 – Reações de apoio.....	83
Figura 67 – Deslocamentos.....	83
Figura 68 – Forças cortantes máximas.....	84
Figura 69 – Deslocamentos máximos.....	84
Figura 70 – Forças axiais máximas.....	85

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 5 of 87	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistência do aço.....	15
Tabela 2 – Cargas atuantes na estrutura.....	27
Tabela 3 – Vento Transversal Galpão 01 (0°).....	30
Tabela 4 – Vento Transversal Galpão 02 (180°).....	30
Tabela 5 – Vento Longitudinal Galpão 01 (90°).....	30
Tabela 6 – Vento Longitudinal Galpão 02 (270°).....	30
Tabela 7 – Teste 1: Abertura dominante portão 9x9m.....	31
Tabela 8 – Teste 2: Abertura dominante veneziana lado de 154m.....	31
Tabela 9 – Dados do galpão 01.....	32
Tabela 10 – Dados do galpão 02.....	33
Tabela 11 – Galpão 01: Vento 0° - Portas abertas.....	33
Tabela 12 – Galpão 01: Vento 0° - Totalmente fechado.....	34
Tabela 13 – Galpão 01: Vento 90° - Portas abertas.....	34
Tabela 14 – Galpão 01: Vento 90° - Totalmente fechado.....	35
Tabela 15 – Galpão 02: Vento 180° - Portas abertas.....	35
Tabela 16 – Galpão 02: Vento 180° - Totalmente fechado.....	36
Tabela 17 – Galpão 02: Vento 270° - Portas abertas.....	36
Tabela 18 – Galpão 02: Vento 270° - Totalmente fechado.....	37
Tabela 19 – Cargas de vento galpão 01.....	38
Tabela 20 – Cargas de vento galpão 02.....	40
Tabela 21 – Posição 1.....	44
Tabela 22 – Posição 2.....	44
Tabela 23 – Posição 3.....	45
Tabela 24 – Posição 4.....	46
Tabela 25 – Combinações.....	46
Tabela 26 – Combinações de cargas.....	47

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 6 of 87	

Tabela 27 – Combinações de ações.....	48
Tabela 28 – Deslocamentos máximos.....	56
Tabela 29 – Combinações de ações.....	77
Tabela 30 – Área de superfície para proteção anticorrosiva de um pórtico.....	85
Tabela 31 – Tabela de perfis.....	86

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 7 of 87	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	9
2	NORMAS UTILIZADAS	12
2.1	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)	12
2.2	AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS)	13
2.3	AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)	13
2.4	USIMINAS/ COSIPA	14
2.5	CATÁLOGOS	14
2.6	LIVRO	14
3	MATERIAIS UTILIZADOS	15
3.1	AÇO	15
3.2	PARAFUSOS	15
3.3	ELETRODOS	15
3.4	TELHADOS	15
3.5	FECHAMENTOS LATERAIS	16
3.6	LANTERNIM	17
3.7	VENEZIANAS	18
4	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	19
4.1	CONTRAVENTAMENTOS	21
4.1.1	Contraventamentos horizontais	22
4.1.2	Contraventamentos verticais	24
4.2	CHAPA BASE	25
4.3	NÓS DO PÓRTICO	25
4.4	MÃOS FRANCESAS	26
5	CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES DE AÇÕES	27
5.1	CONSIDERAÇÕES DE VENTO	27

 GRUPO Idd CONSTRUINDO CONHECIMENTO	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 8 of 87	

5.2	CONSIDERAÇÕES DAS PONTES ROLANTES.....	43
5.3	COMBINAÇÕES.....	47
6	ANÁLISE ESTRUTURAL.....	51
6.1	CARREGAMENTOS DA ESTRUTURA.....	59
6.2	COMBINAÇÕES DE AÇÕES.....	77
6.3	RESULTADOS.....	79
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 9 of 87	

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar o memorial de cálculo da estrutura metálica de um edifício industrial, demonstrando as considerações e os conceitos normativos utilizados nos cálculos.

Para isso, foram utilizadas as normas específicas para cada situação de cálculo, bem como os conhecimentos e materiais apresentados em sala, como auxílio para realizar o estudo.

Por fim, foram apresentados os materiais e a memória de cálculo que devem ser utilizados para a construção de uma obra com tais especificações, obtendo como resultado, um projeto estrutural seguro e de acordo com as normas vigentes.

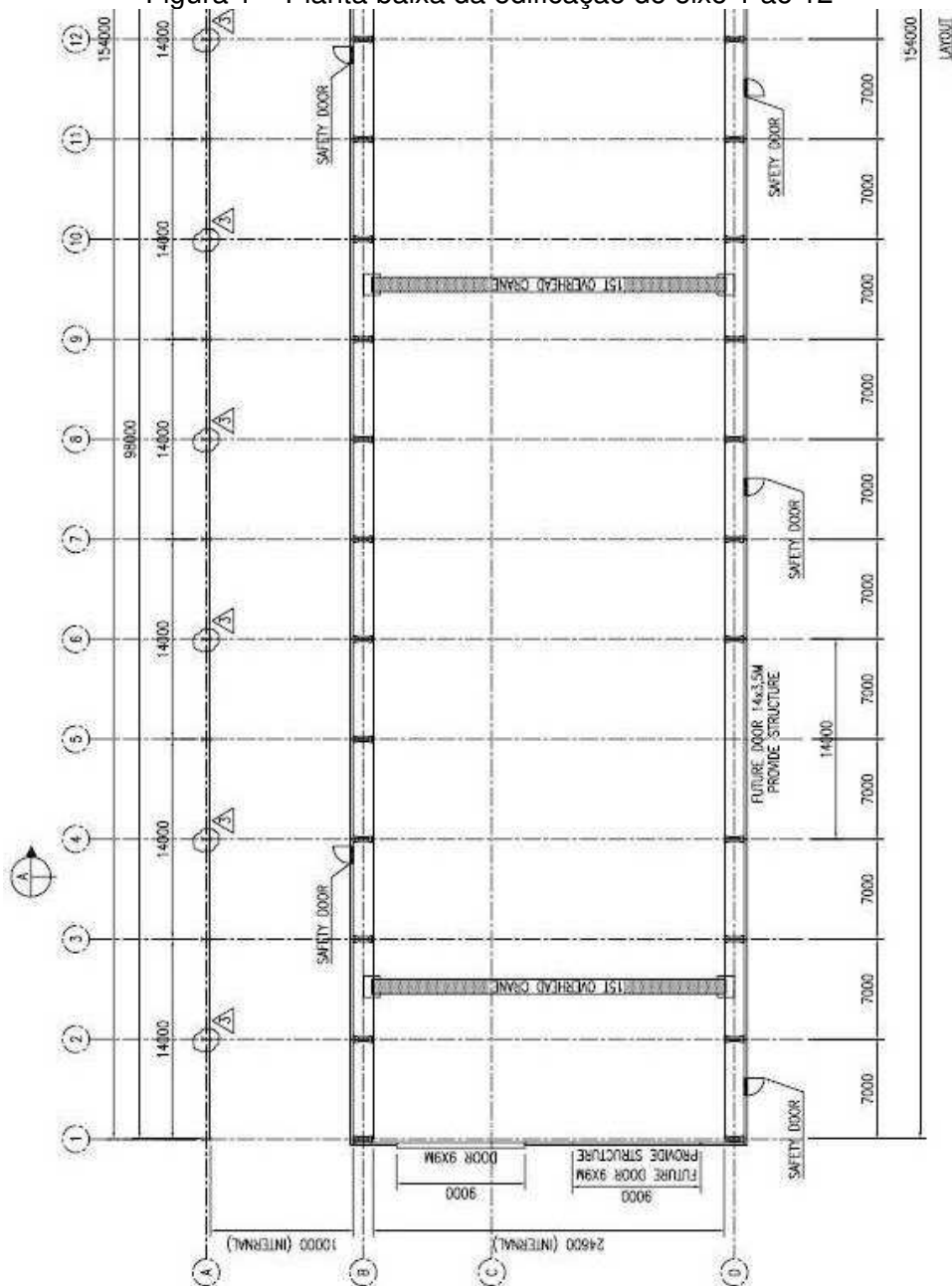
Para tal, foram utilizados os dados abaixo de acordo com a NBR 6123:1988:

- Local da obra: Curitiba/PR;
- Velocidade característica do vento: $V_0 = 42\text{m/s}$;
- Fator topográfico: terreno plano ou fracamente acidentado: $S_1 = 1,00$;
- Fator estatístico: Grupo 2: Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação: $S_3 = 0,95$;
- Fator de rugosidade do terreno: Categoria IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada;
- Dimensões da edificação e altura sobre o terreno:
- Classe B: Toda a edificação ou parte da edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20m e 50m;
 - Máxima altura da edificação: 14,40m: $S_2 = 0,88$;
- Classe C: Toda a edificação ou parte da edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície exceda 50m;
 - Máxima altura da edificação: 14,40m: $S_2 = 0,84$.

Para auxiliar na aplicação das normas no cálculo, foram utilizados o *Software* de cálculo estrutural “Metálicas 3D” e planilhas auxiliares do Excel.

A figura a seguir mostra a planta baixa e um dos cortes da obra em questão:

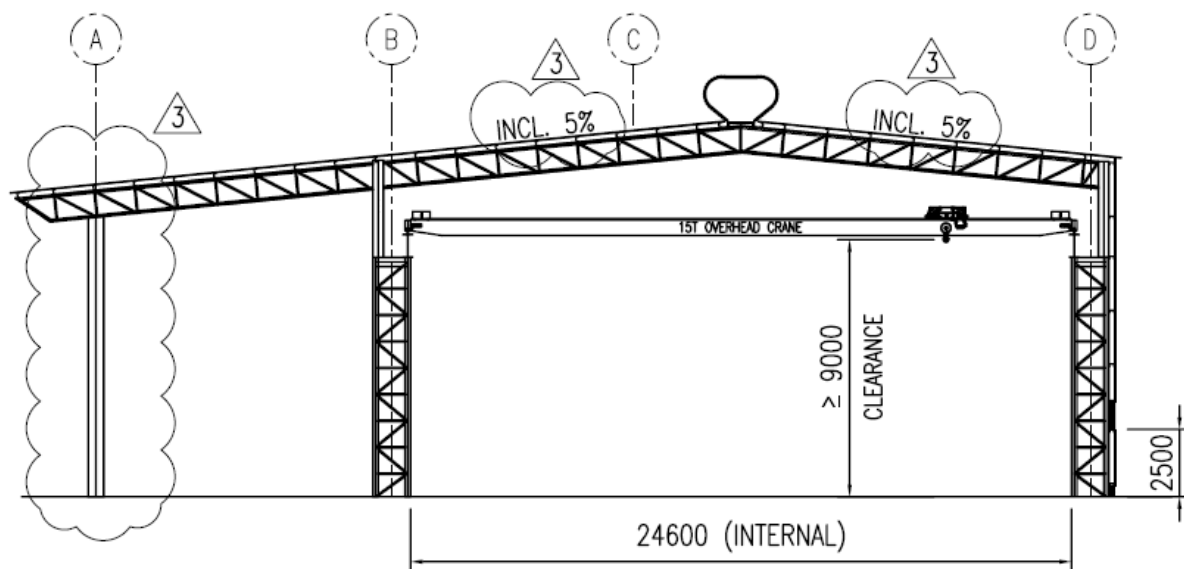
Figura 1 – Planta baixa da edificação do eixo 1 ao 12



Fonte: Os autores (2018).

Fonte: Os autores (2018).

Figura 3 – Seção A



Fonte: Os autores (2018).

Projetos de referência:

- 176037-A01-ENG-C-XL-0006_1_rev3;
- 176037-A01-ENG-C-XL-0006_2_rev3;
- 176037-A01-ENG-C-XL-0006_3_rev3;
- 176037-A01-ENG-C-XL-0006_4_rev3.

2 NORMAS UTILIZADAS

O dimensionamento das estruturas foi realizado com base nas seguintes normas, publicações e catálogos:

2.1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)

- ABNT NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 13 of 87	

- ABNT NBR 15980:2011 – Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias;
- ABNT NBR 6355:2012 – Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização;
- ABNT NBR 5884:2013 – Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico – Requisitos gerais;
- ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações;
- ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações;
- ABNT NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.

2.2 AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS)

- AWS D 1.1 – Código de soldagem estrutural;
- AWS A 5.1 – Especificação para eletrodos de aço carbono revestidos, para soldagem por arco elétrico;
- AWS A 5.18 – Especificação para eletrodos de aço carbono, para soldagem por arco elétrico com proteção gasosa.

2.3 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM)

- ASTM A 36 – Norma de especificação para aço estrutural (aço com $f_y = 250$ MPa);
- ASTM A 307 – Parafusos e conectores de aço de baixo teor de carbono com resistência à tração de 60.000 PSI (415 MPa);
- ASTM A 325 – Parafusos de alta resistência para juntas em estruturas de aço;

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 14 of 87	

- ASTM A 570 – Norma de especificação para chapas laminadas a quente de aço carbono com qualidade estrutural (aço com $f_y = 280$ MPa);
- ASTM A 572 – Norma para especificação de aço de baixa liga e alta resistência mecânica de qualidade estrutural (aço com $f_y = 345$ MPa).

2.4 USIMINAS/ COSIPA

- COS-CIVIL 300 – Aços de alta resistência, similar à especificação ASTM A 709 GR-36 (aços com $f_y = 300$ MPa);
- COS-CIVIL 350 – Aços de alta resistência, similar à especificação ASTM A 588 (aços com $f_y = 350$ MPa).

2.5 CATÁLOGOS

- AISE Technical Report N° 13;
- Lanternim e Veneziana IVI;
- Perfilor Guia de Especificações.

2.6 LIVRO

- BELLEI, I. H. Edifícios industriais em aço. 6 edição. Editora Pini. 2010.

3 MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 AÇOS

Tabela 1 – Resistência do aço

Material	Tensão de escoamento f_y (MPa)	Tensão de ruptura f_u (MPa)
Perfis laminados de abas paralelas (W e HP) ASTM A572	345	450
Perfis em chapa dobrada ASTM A36	250	400
Chapas ASTM A36	250	400
Barras redondas e cantoneiras aba <2.5" ASTM A36	250	400
Chumbadores ASTM A36	250	400

Fonte: NBR 8800 (2008).

3.2 PARAFUSOS

Parafusos ASTM A325N, porcas ASTM A194 2H e arruelas ASTM F436.

3.3 ELETRODOS

Eletrodos AWS E 70xx.

3.4 TELHADOS

Telhado metálico zipado com isolamento térmico:

- Telhas de chapa de aço galvanizada a quente e pré-pintada, no sistema "coil coating" com pintura tipo 35-15 (35 micrômetros na face externa e 15 micrômetros na interna);
- Telha superior de 0,8mm de espessura, zipada;

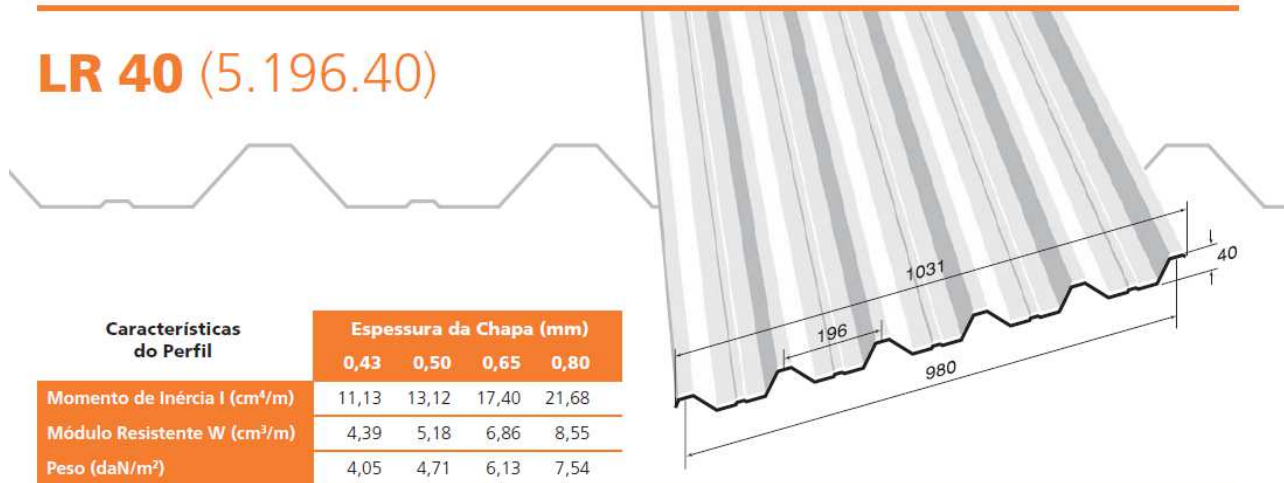
	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 04	Data: 17/01/19
			Página 16 of 87	

- Telha inferior de 0,65mm de espessura, perfil trapezoidal tipo LR-40 da Perfilar;
- Isolamento com lã de rocha, densidade: 32 kg/m³; espessura suficiente para se obter os valores k de condutividade térmica a serem estipulados caso a caso;
- Espaçadores: perfis tipo cartola, de aço galvanizado, com altura 5cm;
- Cumeeiras, rufos e pingadeiras do mesmo material e fabricante das telhas;
- Suportes: aço inox 304L, com furos ovais, para permitir dilatação das telhas;
- Parafusos autoperfurantes e autoatarraxantes de aço aluminizado;
- Calhas: aço galvanizado pré-pintado, de 0,8mm de espessura, com suportação adequada;
- Passarelas e sistemas de proteção contra descargas elétricas deverão ser fixados ao telhado por meio de clips, nunca parafusados;
- Inclinação mínima: 3 %;
- Garantia mínima: 15 anos.

3.5 FECHAMENTOS LATERAIS

- Telhas de chapa de aço galvanizada a quente e pré-pintada, no sistema “coil coating” com pintura tipo 35-15 (35 micrômetros na face externa e 15 micrômetros na interna);
- Telhas de 0,65mm de espessura, perfil trapezoidal tipo LR-40 da Perfilar ou equivalente;
- Cumeeiras, rufos e pingadeiras do mesmo material e fabricante das telhas, parafusos autoperfurantes e autoatarraxantes de aço aluminizado;
- O aperto do parafuso deverá ser feito com ferramenta apropriada e calibrada, para evitar-se o esmagamento da arruela de borracha.

Figura 4 – Telha LR 40 da marca Perfilor

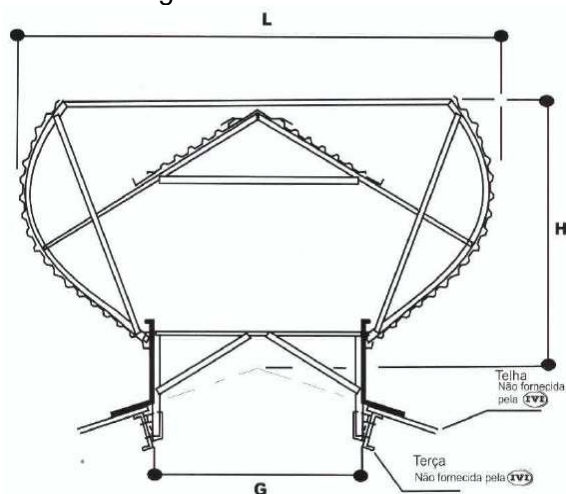


Fonte: PERFILOR (2018).

3.6 LANTERNIM

Foi utilizado lanternim do eixo 02 ao eixo 22, para exaustão e renovação de ar e auxílio na redução dos coeficientes de pressão interna do vento.

Figura 5 – Lanternim IVI



Fonte: IVI Ventilação industrial (2018).

Figura 6 – Tamanhos de lanternim

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

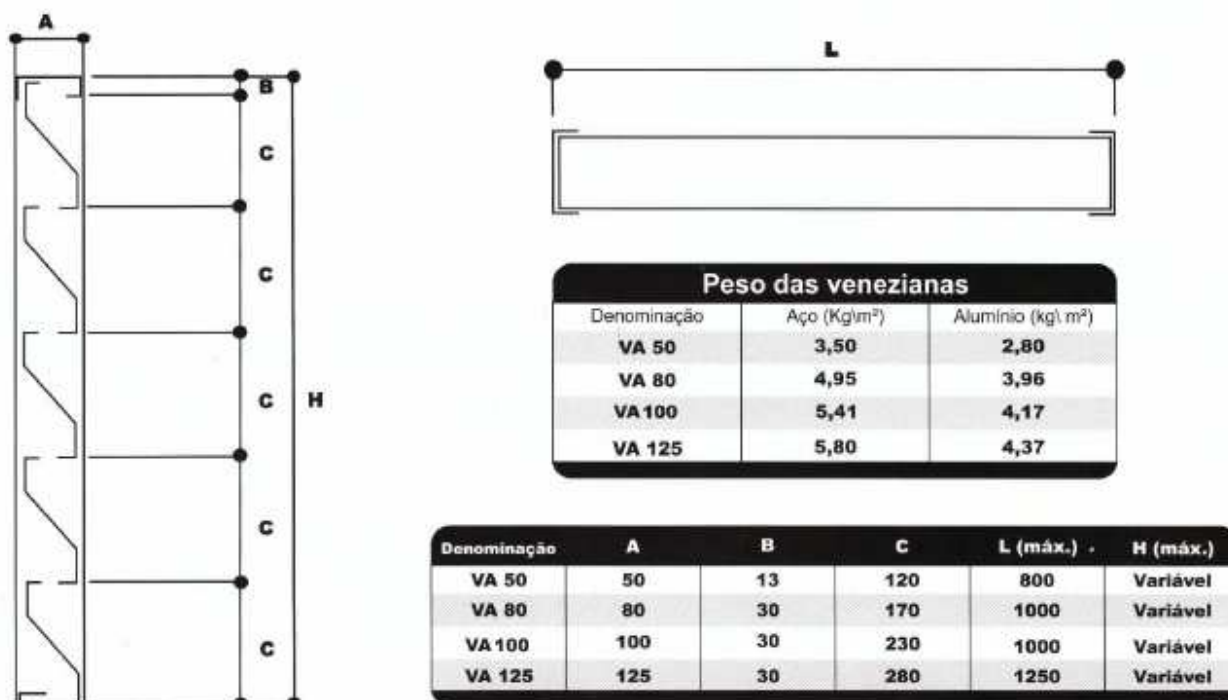
Fonte: IVI VENTILAÇÃO INDUSTRIAL (2018).

O modelo adotado foi o ALA 600 com abertura nominal de 600mm e permeabilidade de 100%.

3.7 VENEZIANAS

Segundo o projeto arquitetônico, foi adotada uma linha de veneziana nos fechamentos laterais em todo perímetro do edifício, com a função de renovação de ar e auxílio na redução dos coeficientes de pressão interna do vento.

Figura 7 – Venezianas industriais IVI



Fonte: IVI VENTILAÇÃO INDUSTRIAL (2018).

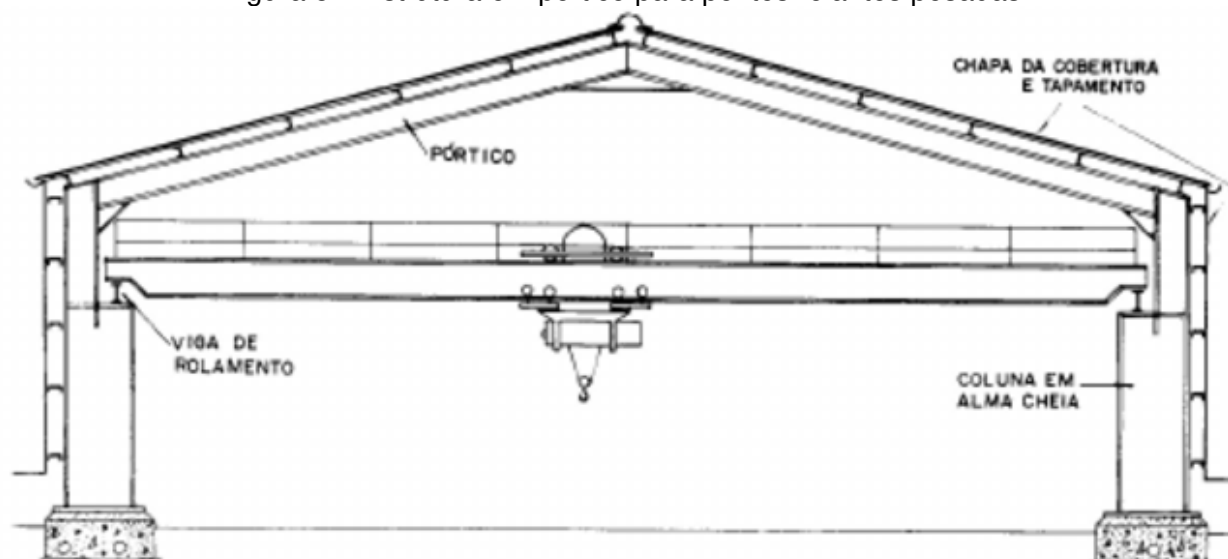
Foi utilizado o modelo VA 100 com permeabilidade de 50%.

4 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Foram obtidos como solução estrutural para o edifício industrial todos os perfis utilizados da obra do tipo alma cheia e utilizou-se os perfis W pré-dimensionados para os pilares e as tesouras (BELLEI, I. H., 1998).

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 04	Data: 17/01/19
	Página 20 of 87			

Figura 8 – Estrutura em pórtico para pontes rolantes pesadas

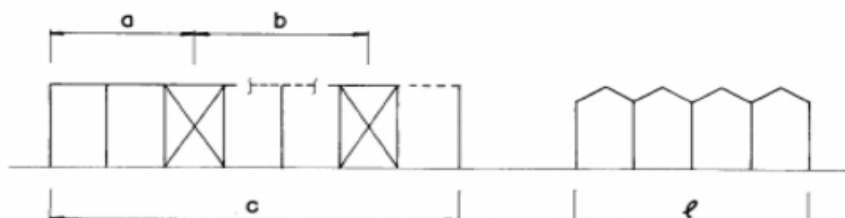


Fonte: ILDONY (1998).

Como na figura acima, devido às cargas da ponte rolante, foram utilizados perfis de maior dimensão abaixo da viga de rolamento, e baionetas de perfis mais leves para transmissão das cargas de cobertura para os pilares.

Segundo a tabela a seguir, deve-se considerar a junta de dilatação, dado que o edifício possui mais de 150 metros de comprimento. Com isso, foi adotada uma divisão estrutural no eixo 15 aproveitando a mudança arquitetônica dos pórticos deste local.

Figura 9 – Distância em metros para juntas de dilatação



Tipo de construção	Mukanov				AISE nº 13	
	a	b	c	l	c	l
Prédios com temperaturas elevadas	75	50	200	120	120	150*
Prédios sem mudanças internas de temperatura	90	50	230	150	150	150*
Prédios sem cobertura	50	30	130	-	-	-

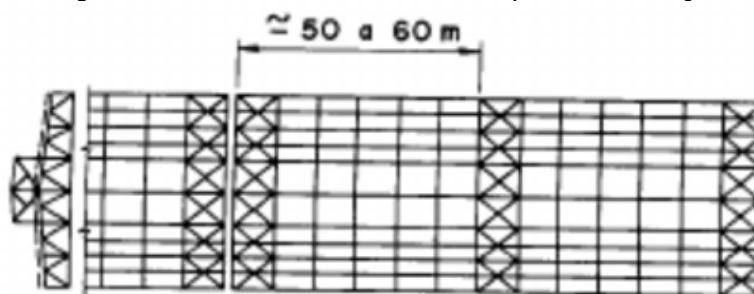
* ou cinco alas

Fonte: ILDONY (1998).

4.1 CONTRAVENTAMENTOS

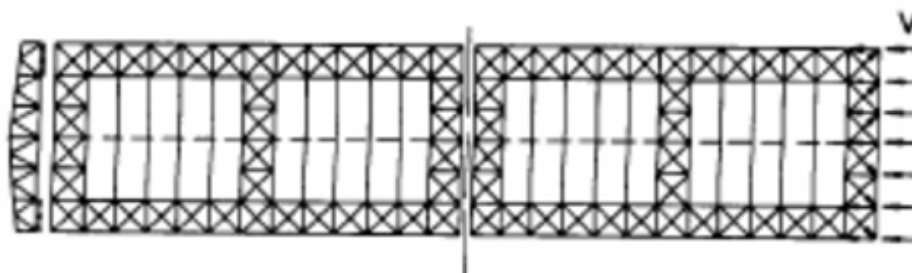
Para disposição dos contraventamentos foram utilizadas as referências do livro “Edifícios industriais em aço” (BELLEI, I. H., 1998).

Figura 10 – Contraventamentos no plano das terças



Fonte: ILDONY (1998).

Figura 11 – Contraventamentos nas cordas inferiores das tesouras



Fonte: ILDONY (1998).

Figura 12 – Contraventamentos verticais entre pilares

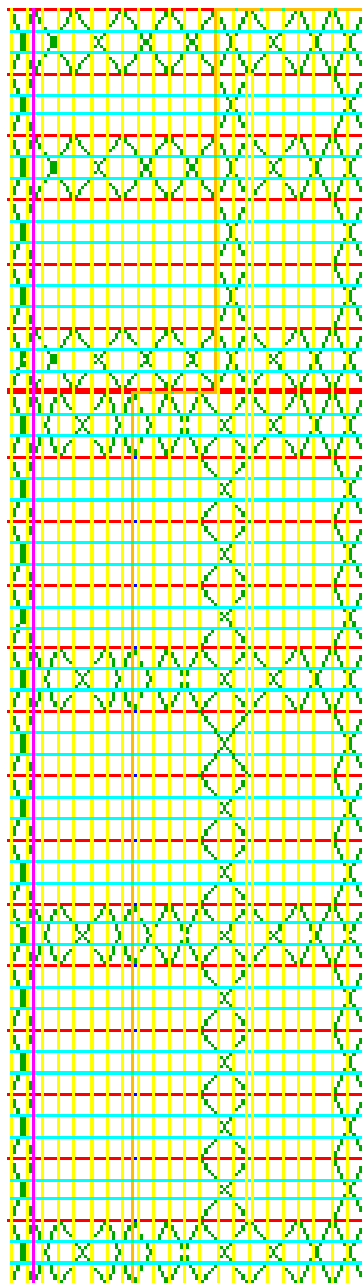


Fonte: ILDONY (1998).

4.1.1 Contraventamentos horizontais

Nos contraventamentos horizontais, utilizou-se 07 linhas transversais e 03 longitudinais. São utilizados contraventamentos nas extremidades devido às maiores cargas de vento atuarem nestes pontos.

Figura 13 – Localização dos contraventamentos horizontais

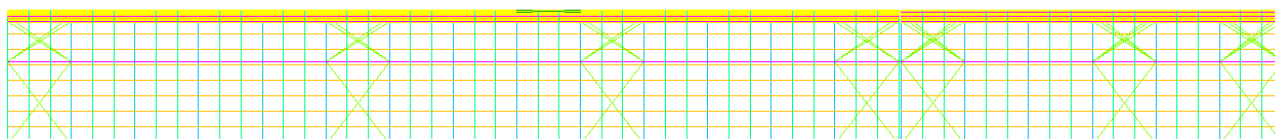


Fonte: Os autores (2018).

4.1.2 Contraventamentos verticais

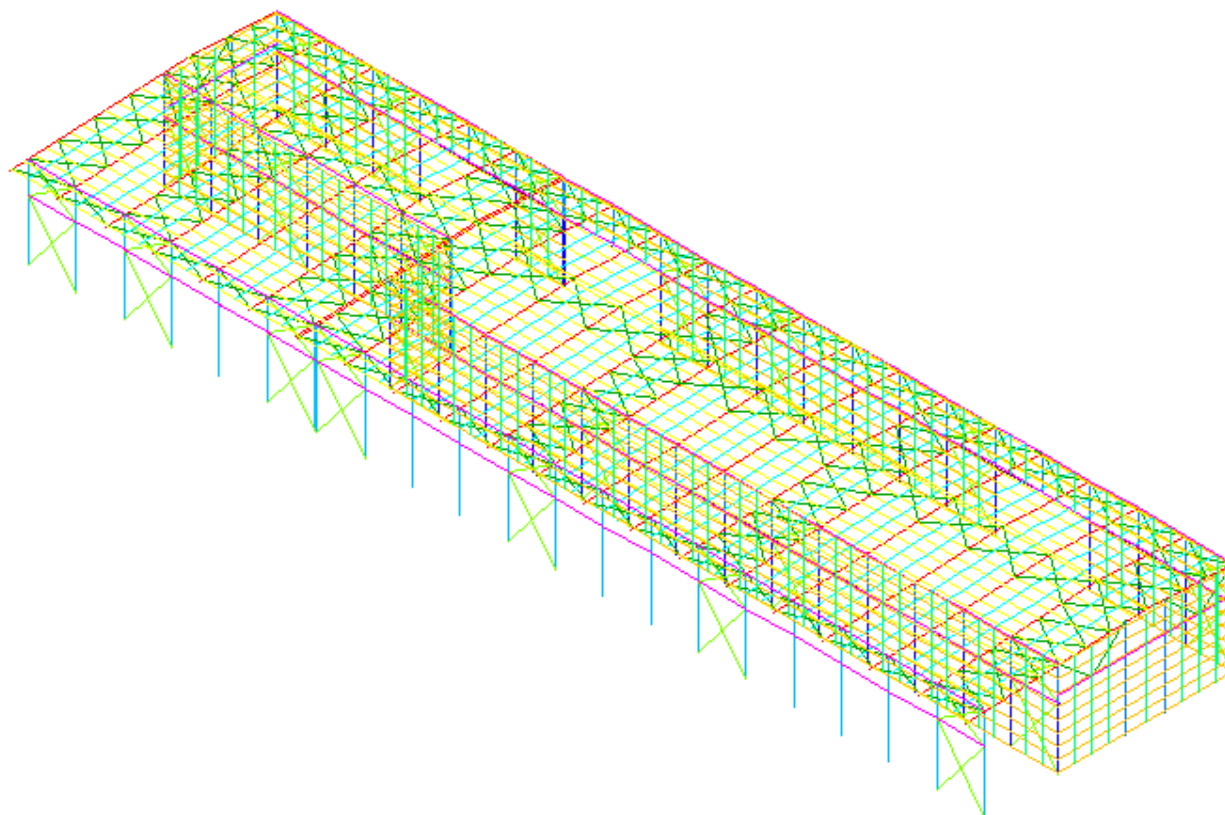
Seguindo a disposição dos contraventamentos horizontais, foram utilizados os mesmos vãos para os contraventamentos verticais, com o objetivo de uniformizar a distribuição das cargas entre ambos.

Figura 14 – Localização dos contraventamentos verticais



Fonte: Os autores (2018).

Figura 15 – Layout 3D do modelo de cálculo

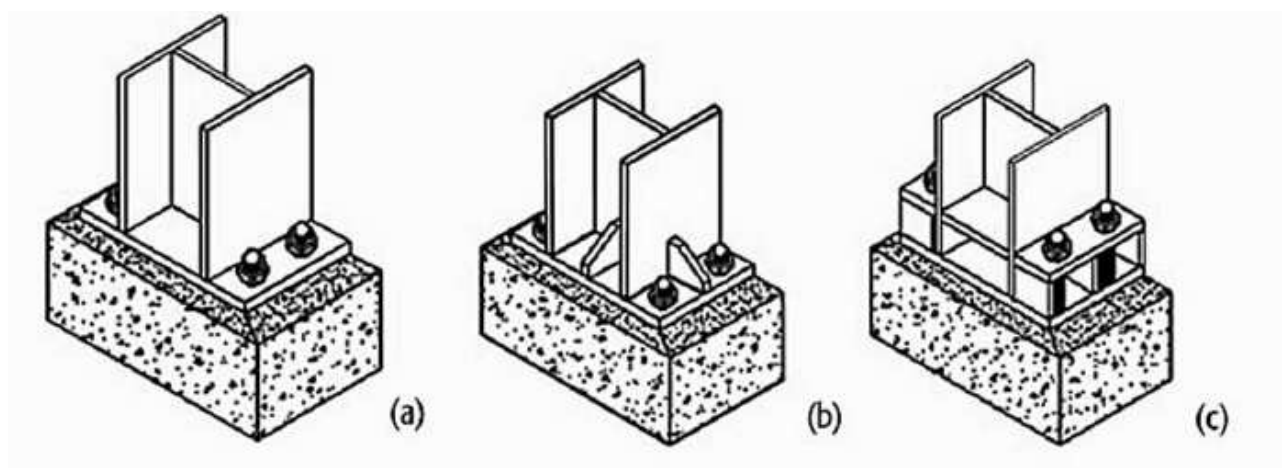


Fonte: Os autores (2018).

4.2 CHAPAS BASE

Considerou-se o tipo “B” da figura abaixo para o engastamento das chapas base dos pilares.

Figura 16 – Engastamento das chapas base

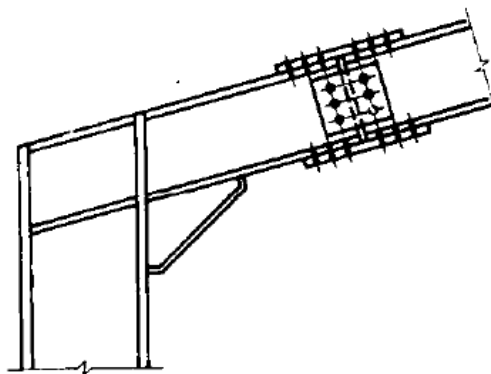


Fonte: ILDONY (1998).

4.3 NÓS DO PÓRTICO

Os nós dos pórticos foram considerados engastados do tipo parafusado.

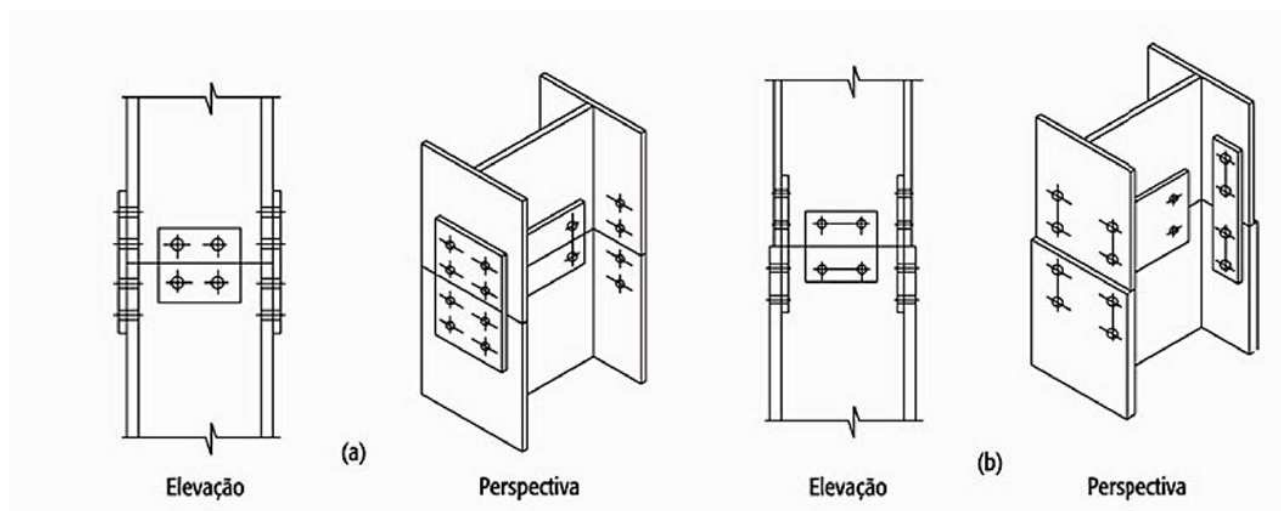
Figura 17 – Ligação pilar-viga de cobertura



Fonte: ILDONY (1998).

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 04	Data: 17/01/19
	Página 26 of 87			

Figura 18 – Emenda de tala dos perfis



Fonte: ILDONY (1998).

4.4 MÃOS FRANCESAS

As mãos francesas têm como objetivo o travamento da aba inferior do perfil e a diminuição da distância entre apoios das terças.

Figura 19 – Mãos francesas



Fonte: FEBRUCE (2018).

5 CARREGAMENTOS E COMBINAÇÕES DE AÇÕES

As cargas que atuaram no edifício são demonstradas na tabela abaixo:

Tabela 2 – Cargas atuantes na estrutura

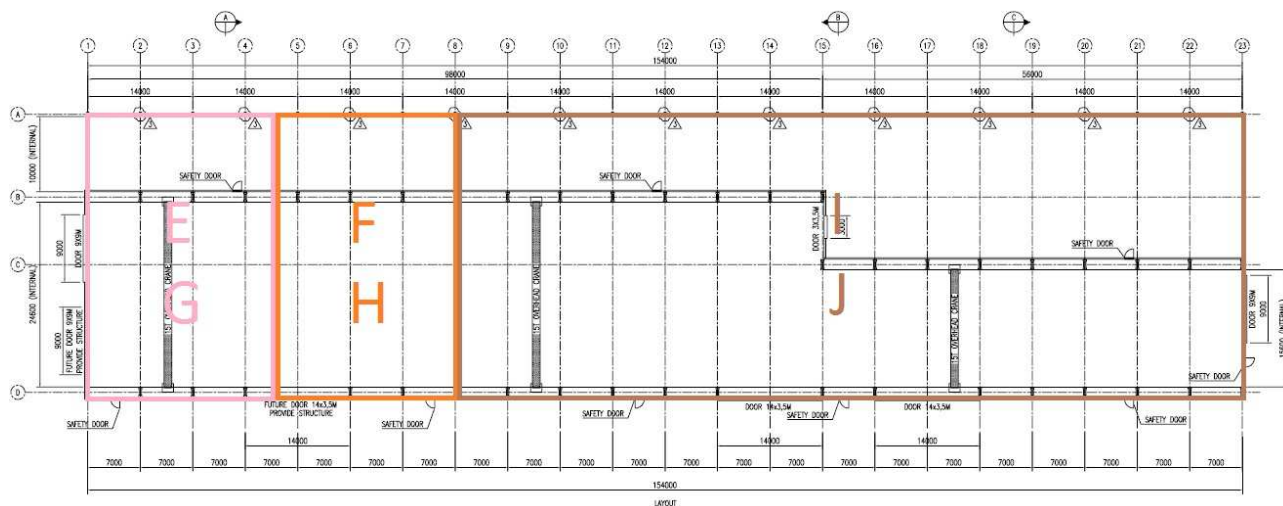
Carga	Valor	Unidade	Tipo
Peso próprio dos perfis	Dado <i>software</i>		Permanentes
Ligações	10% peso próprio		Permanentes
Lanternim	0,35	kN/ml	Permanentes
Telhas + sistema de fechamento lateral	0,15	kN/m ²	Permanentes
Telhas + sistema de cobertura	0,15	kN/m ²	Permanentes
Calhas	0,05	kN/ml	Permanentes
Venezianas	0,06	kN/m ²	Permanentes
Viga de rolamento	1,5	kN/ml	Permanentes
Trilho da ponte rolante	0,45	kN/ml	Permanentes
Viga de transição sobre portões, adotado W610x92	0,92	kN/ml	Permanentes
Sobrecarga de cobertura	0,25	kN/m ²	Variável
Sobrecargas de ventos	Item 5.1		Variável
Sobrecargas das pontes rolantes	Item 5.2		Variável

Fonte: Os autores (2018).

5.1 CONSIDERAÇÕES DE VENTO

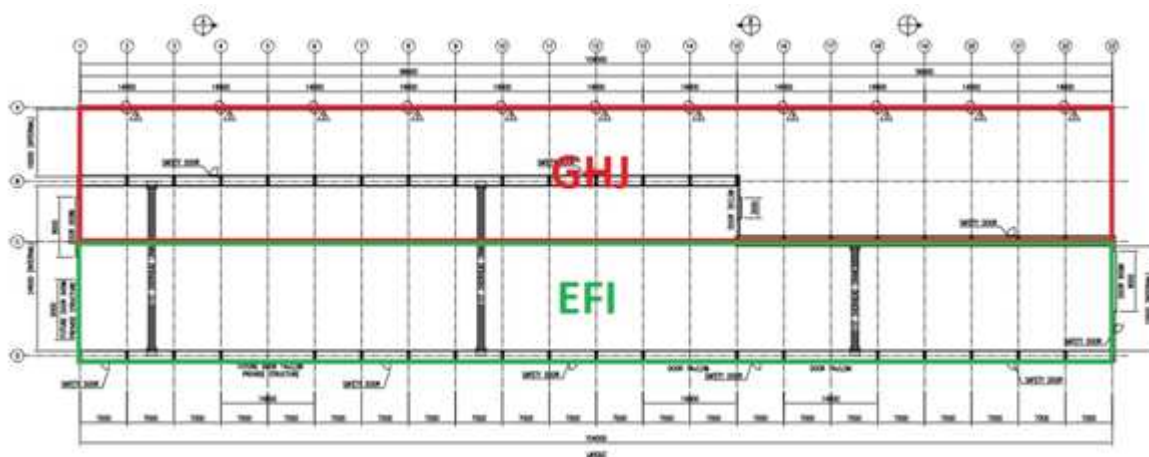
Inicialmente, foram utilizadas as seguintes definições de nomenclatura para as paredes e coberturas:

Figura 20 – Cobertura (Vento 0°)



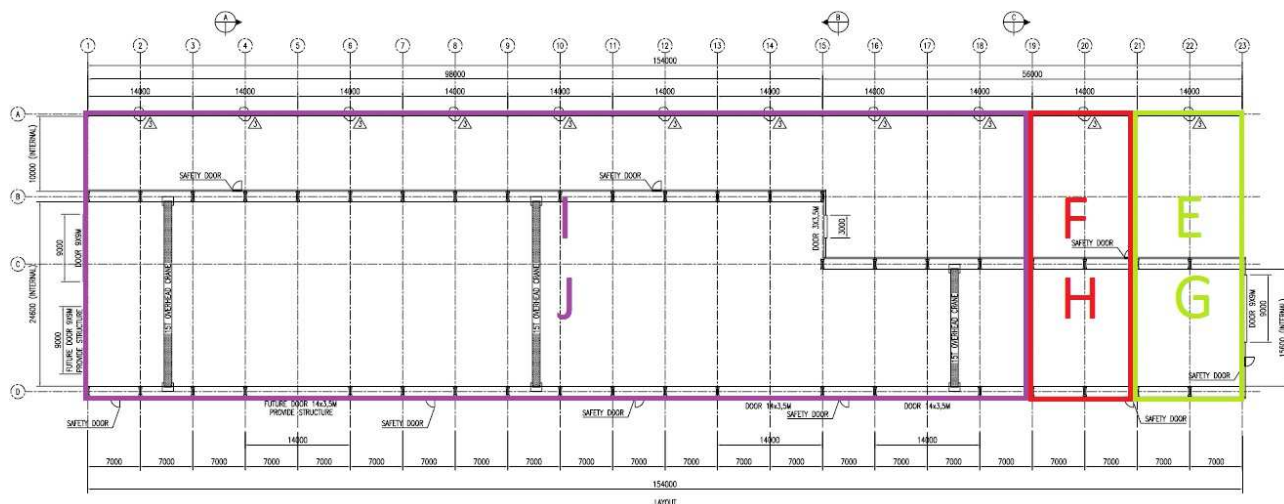
Fonte: Os autores (2018).

Figura 21 – Cobertura (Vento 90°/270°)



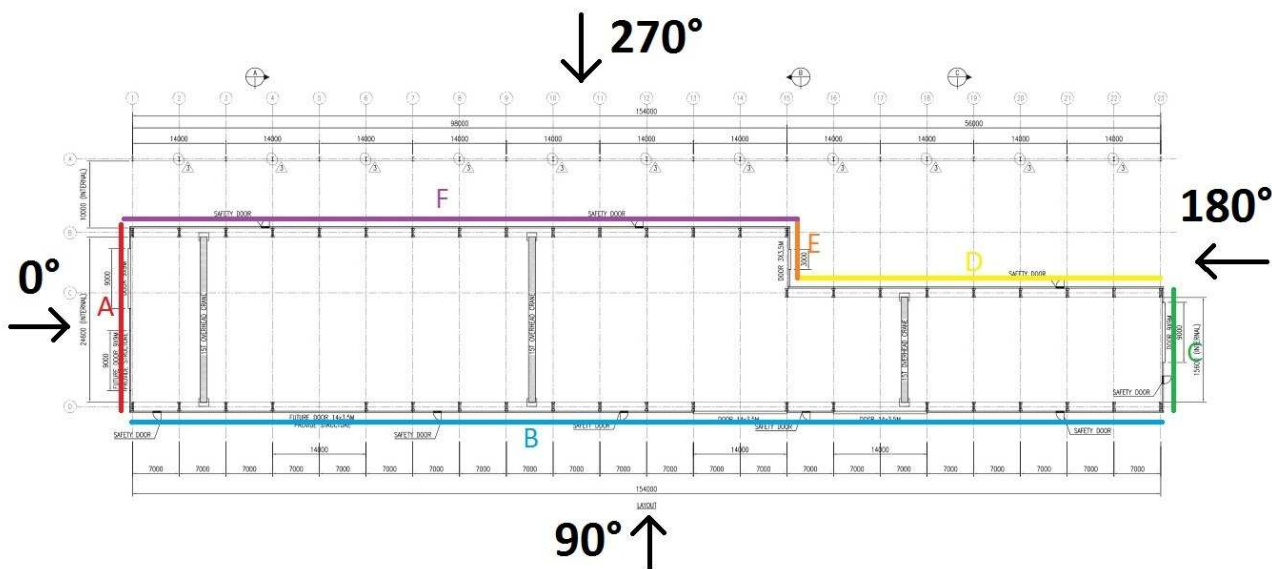
Fonte: Os autores (2018).

Figura 22 – Cobertura (Vento 80°)



Fonte: Os autores (2018).

Figura 23 – Paredes (qualquer vento)



Fonte: Os autores (2018).

Para determinar as pressões de vento, foi calculada a pressão dinâmica para cada galpão.

Tabela 3 – Vento Transversal Galpão 01 (0°)

Item	Valor	Un.
Comprimento do galpão	98	m
Velocidade básica (Vo)	42,0	m/s
Fator topográfico (Tipo)	Plano	
Fator topográfico (S1)	1,00	-
Fator de rugosidade (Categoria)	IV	
Fator de rugosidade (Classe)	C	
Altura (z)	14,4	m
Fator de rugosidade (S2)	0,84	-
Fator estatístico (Grupo)	3	-
Fator estatístico (S3)	0,95	-
Velocidade característica (Vk)	33,5	m/s
Pressão dinâmica (q)	70,2	kg/m²

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 4 – Vento Transversal Galpão 02 (180°)

Item	Valor	Un.
Comprimento do galpão	56	m
Velocidade básica (Vo)	42,0	m/s
Fator topográfico (Tipo)	Plano	
Fator topográfico (S1)	1,00	-
Fator de rugosidade (Categoria)	IV	
Fator de rugosidade (Classe)	C	
Altura (z)	14,4	m
Fator de rugosidade (S2)	0,84	-
Fator estatístico (Grupo)	3	-
Fator estatístico (S3)	0,95	-
Velocidade característica (Vk)	33,5	m/s
Pressão dinâmica (q)	70,2	kg/m²

Tabela 5 – Vento Longitudinal Galpão 01 (90°)

Item	Valor	Un.
Comprimento do galpão	98	m
Velocidade básica (Vo)	42,0	m/s
Fator topográfico (Tipo)	Plano	
Fator topográfico (S1)	1,00	-
Fator de rugosidade (Categoria)	IV	
Fator de rugosidade (Classe)	B	
Altura (z)	14,4	m
Fator de rugosidade (S2)	0,88	-
Fator estatístico (Grupo)	3	-
Fator estatístico (S3)	0,95	-
Velocidade característica (Vk)	35,1	m/s
Pressão dinâmica (q)	77,1	kg/m²

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 6 – Vento Longitudinal Galpão 02 (270°)

Item	Valor	Un.
Comprimento do galpão	56	m
Velocidade básica (Vo)	42,0	m/s
Fator topográfico (Tipo)	Plano	
Fator topográfico (S1)	1,00	-
Fator de rugosidade (Categoria)	IV	
Fator de rugosidade (Classe)	B	
Altura (z)	14,4	m
Fator de rugosidade (S2)	0,88	-
Fator estatístico (Grupo)	3	-
Fator estatístico (S3)	0,95	-
Velocidade característica (Vk)	35,1	m/s
Pressão dinâmica (q)	77,1	kg/m²

Para o cálculo da abertura dominante foram utilizadas as seguintes tabelas.

Tabela 7 – Teste 1: Abertura dominante portão 9x9 m

Áreas das aberturas	Largura (m)	Altura/ comp. (m)	Área (m²)
Future door 1	9,00	9,00	81,00
Safety door x9	0,90	2,35	19,04
Door 3x3,5m	3,00	3,50	10,50
Door 9x9m	9,00	9,00	81,00
Door 14x3,5m	14,00	3,50	49,00
Future door 14x3,5m	14,00	3,50	49,00
Veneziana IVI – 50% de permeabilidade	1,10	321,00	176,55
Lanternim IVI	0,60	140,00	84,00
Área total:	550,09 m²		
Área do portão:	81,00 m²		

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 8 – Teste 2: Abertura dominante veneziana lado de 154m

Áreas das aberturas	Largura (m)	Altura / comp. (m)	Área (m²)
Future door 1	9,00	9,00	81,00
Door 9x9m	9,00	9,00	81,00
Safety door x9	0,90	2,35	19,04
Door 3x3,5m	3,00	3,50	10,50
Door 9x9m	9,00	9,00	81,00
Door 14x3,5m	14,00	3,50	49,00
Future door 14x3,5m	14,00	3,50	49,00
Veneziana IVI – Demais Faces – 50% de permeabilidade	1,10	167,00	91,85
Lanternim IVI	0,60	140,00	84,00
Área total:	546,39 m²		
Área Veneziana 154 x 1,10m	84,7 m²		

Fonte: Os autores (2018).

Como não existe nenhuma abertura que, individualmente, seja maior que todas as outras aberturas, as venezianas e o lanternim contribuíram para isso, porém não é considerada abertura dominante para o cálculo.

Com isso, foram realizados os cálculos de coeficientes de pressão externa para cada um dos galpões considerados:

Tabela 9 – Dados do galpão 01

a =	98,0	m	: lado maior
b =	34,6	m	: lado menor
h =	14,4	m	: altura edificação
Paredes			
h/b =	0,42	<	0,50
a/b =	2,83	<	4,00
Ce - Vento 0º		Ce - Vento 90º	
□ =	0,0º	° □ =	90,0º
B1=F1=	-0,800	B =	0,700
A =	0,700	F=D =	-0,500
C=E =	-0,300	A1=C1=	-0,900
B2=F2=	-0,400	A2=C2=E=	-0,500
B3=D=F3=	-0,200		
Telhado			
h/b =	0,42	<	0,50
□ =	2,9º	°	
□ =	90,0º	° □ =	0,0º
EFI =	-0,857	EG =	-0,800
GHJ =	-0,400	FH =	-0,400
		IJ =	-0,200

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 10 – Dados do galpão 02

a =	56,0	m	: lado maior
b =	34,6	m	: lado menor
h =	14,4	m	: altura edificação
Paredes			
h/b =	0,42	<	0,50
a/b =	1,62	<	4,00
Ce - Vento 0°		Ce - Vento 90°	
□ =	0,0°	□ =	90,0°
B1=F1=	-0,800	B =	0,700
A =	0,700	D=F =	-0,424
C=E =	-0,376	A1=C1=	-0,824
B2=F2=	-0,476	A2=C2=E=	-0,424
B3=D=F3=	-0,371		
Telhado			
h/b =	0,42	<	0,50
□ =	2,9°	°	
□ =	90,0°	°	□ = 0,0°
EFI =	-0,857	EG =	-0,8
GHJ =	-0,4	FH =	-0,4
		IJ =	-0,2

Fonte: Os autores (2018).

Foram adotados os coeficientes de pressão externos para cada tipo de vento e, em seguida, descobriram-se os coeficientes de pressão internas de acordo com cada vento:

Tabela 11 – Galpão 01: Vento 0° - Portas abertas

Coeficiente de pressão interna			Ci estimado: 0,00		Ci estimado: -0,10		Ci adotado: -0,14	
Face	Área total das aberturas	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5
A	162,00	0,70	0,70	135,54	0,80	144,90	0,84	148,21
B1	51,12	-0,80	-0,80	-45,72	-0,70	-42,77	-0,66	-41,62
B2	4,23	-0,40	-0,40	-2,68	-0,30	-2,32	-0,26	-2,17
B3	102,23	-0,20	-0,20	-45,72	-0,10	-32,33	-0,06	-25,66
C	83,12	-0,30	-0,30	-45,52	-0,20	-37,17	-0,16	-33,56
D	2,12	-0,20	-0,20	-0,95	-0,10	-0,67	-0,06	-0,53
E	10,50	-0,30	-0,30	-5,75	-0,20	-4,70	-0,16	-4,24
F1	2,12	-0,80	-0,80	-1,89	-0,70	-1,77	-0,66	-1,72
F2	2,12	-0,40	-0,40	-1,34	-0,30	-1,16	-0,26	-1,08

F3	-	-0,20	-		-0,10		-0,06	
Cob. EG	18,90	-0,80	-0,80	-16,90	-0,70	-15,81	-0,66	-15,39
Cob. FH	23,10	-0,40	-0,40	-14,61	-0,30	-12,65	-0,26	-11,85
Cob. IJ	42,00	-0,20	-0,20	-18,78	-0,10	-13,28	-0,06	-10,54
			Soma	-64,32	Soma	-19,72	Soma	-0,15

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 12 – Galpão 01: Vento 0° - Totalmente fechado

Coeficiente de pressão interna				Ci estimado: 0,00		Ci estimado: -0,30		Ci adotado: -0,35	
Face	Área total das paredes	Área permeável das paredes	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5
A	327,18	0,16	0,70	0,70	0,14	1,00	0,16	1,05	0,17
B1	469,70	0,23	-0,80	-0,80	-0,21	-0,50	-0,17	-0,45	-0,16
B2	469,70	0,23	-0,40	-0,40	-0,15	-0,10	-0,07	-0,05	-0,05
B3	939,40	0,47	-0,20	-0,20	-0,21	0,10	0,15	0,15	0,18
C	190,32	0,10	-0,30	-0,30	-0,05	0,00	0,00	0,05	0,02
D	683,20	0,34	-0,20	-0,20	-0,15	0,10	0,11	0,15	0,13
E	109,80	0,05	-0,30	-0,30	-0,03	0,00	0,00	0,05	0,01
F1	469,70	0,23	-0,80	-0,80	-0,21	-0,50	-0,17	-0,45	-0,16
F2	469,70	0,23	-0,40	-0,40	-0,15	-0,10	-0,07	-0,05	-0,05
F3	256,20	0,13	-0,20	-0,20	-0,06	0,10	0,04	0,15	0,05
Cob. EG	947,10	0,47	-0,80	-0,80	-0,42	-0,50	-0,33	-0,45	-0,32
Cob. FH	947,10	0,47	-0,40	-0,40	-0,30	-0,10	-0,15	-0,05	-0,11
Cob. IJ	1.390,20	0,70	-0,20	-0,20	-0,31	0,10	0,22	0,15	0,27
				Soma	-2,12	Soma	-0,28	Soma	-0,01

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 13 – Galpão 01: Vento 90° - Portas abertas

Coeficiente de pressão interna			Ci estimado: 0,00		Ci estimado: -0,20		Ci adotado: -0,32	
Face	Área total das aberturas	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci)^0,5
A1	81,00	-0,90	-0,90	-76,84	-0,70	-67,77	-0,58	-61,47
A2	81,00	-0,50	-0,50	-57,28	-0,30	-44,37	-0,18	-33,98
B	157,58	0,70	0,70	131,84	0,90	149,49	1,02	159,45
C1	83,12	-0,90	-0,90		-0,70		-0,58	
C2	83,12	-0,50	-0,50	-58,77	-0,30	-45,52	-0,18	-34,87

D	2,12	-0,50	-0,50	-1,50	-0,30	-1,16	-0,18	-0,89
E	10,50	-0,90	-0,90	-9,96	-0,70	-8,78	-0,58	-7,97
F	4,23	-0,50	-0,50	-2,99	-0,30	-2,32	-0,18	-1,77
Cob. EFI	84,00	-0,86	-0,86	-77,77	-0,66	-68,10	-0,53	-61,34
Cob. GHJ	-	-0,40	-0,40		-0,20		-0,08	
			Soma	-62,55	Soma	-9,33	Soma	28,24

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 14 – Galpão 01: Vento 90° - Totalmente fechado

Coeficiente de pressão interna				Ci estimado: 0,00		Ci estimado: 0,30		Ci adotado: 0,33	
Face	Área total das paredes	Área permeável das paredes	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}
A1	163,59	0,08	-0,90	-0,90	-0,08	-1,20	-0,09	-1,23	-0,09
A2	163,59	0,08	-0,50	-0,50	-0,06	-0,80	-0,07	-0,83	-0,07
B	1.878,80	0,94	0,70	0,70	0,79	0,40	0,59	0,37	0,57
C1	163,59	0,08	-0,90	-0,90	-0,08	-1,20	-0,09	-1,23	-0,09
C2	26,73	0,01	-0,50	-0,50	-0,01	-0,80	-0,01	-0,83	-0,01
D	683,20	0,34	-0,50	-0,50	-0,24	-0,80	-0,31	-0,83	-0,31
E	109,80	0,05	-0,50	-0,50	-0,04	-0,80	-0,05	-0,83	-0,05
F	1.195,60	0,60	-0,50	-0,50	-0,42	-0,80	-0,53	-0,83	-0,54
Cob. EFI	2.402,40	1,20	-0,86	-0,86	-1,11	-1,16	-1,29	-1,19	-1,31
Cob. GHJ	882,00	0,44	-0,40	-0,40	-0,28	-0,70	-0,37	-0,73	-0,38
				Soma	0,32	Soma	0,02	Soma	-0,01

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 15 – Galpão 02: Vento 180° - Portas abertas

Coeficiente de pressão interna			Ci estimado: 0,00		Ci estimado: -0,10		Ci adotado: -0,20	
Face	Área total das aberturas	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}
A	162,00	0,70	0,70	135,54	0,80	144,90	0,90	153,60
B1	51,12	-0,80	-0,80	-45,72	-0,70	-42,77	-0,60	-39,63
B2	4,23	-0,48	-0,48	-2,92	-0,38	-2,59	-0,28	-2,23
B3	102,23	-0,37	-0,37	-62,27	-0,27	-53,22	-0,17	-42,40
C	83,12	-0,38	-0,38	-50,97	-0,28	-43,67	-0,18	-34,97
D	2,12	-0,37	-0,37	-1,29	-0,27	-1,10	-0,17	-0,88
E	10,50	-0,38	-0,38	-6,44	-0,28	-5,52	-0,18	-4,42

F1	2,12	-0,80	-0,80	-1,89	-0,70	-1,77	-0,60	-1,64
F2	2,12	-0,48	-0,48	-1,46	-0,38	-1,30	-0,28	-1,11
F3	-	-0,37	-0,37		-0,27		-0,17	
Cob. EG	18,90	-0,80	-0,80	-16,90	-0,70	-15,81	-0,60	-14,65
Cob. FH	23,10	-0,40	-0,40	-14,61	-0,30	-12,65	-0,20	-10,36
Cob. IJ	42,00	-0,20	-0,20	-18,78	-0,10	-13,28	0,00	-1,33
			Soma	-87,71	Soma	-48,78	Soma	0,00

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 16 – Galpão 02: Vento 180° - Totalmente fechado

Coeficiente de pressão interna				Ci estimado 0,00		Ci estimado -0,30		Ci adotado -0,41	
Face	Área total das paredes	Área permeável das paredes	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce- Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce- Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce- Ci)^0,5
A	327,18	0,16	0,70	0,70	0,14	1,00	0,16	1,11	0,17
B1	469,70	0,23	-0,80	-0,80	-0,21	-0,50	-0,17	-0,40	-0,15
B2	469,70	0,23	-0,48	-0,48	-0,16	-0,18	-0,10	-0,07	-0,06
B3	939,40	0,47	-0,37	-0,37	-0,29	-0,07	-0,13	0,03	0,09
C	190,32	0,10	-0,38	-0,38	-0,06	-0,08	-0,03	0,03	0,02
D	683,20	0,34	-0,37	-0,37	-0,21	-0,07	-0,09	0,03	0,06
E	109,80	0,05	-0,38	-0,38	-0,03	-0,08	-0,02	0,03	0,01
F1	469,70	0,23	-0,80	-0,80	-0,21	-0,50	-0,17	-0,40	-0,15
F2	469,70	0,23	-0,48	-0,48	-0,16	-0,18	-0,10	-0,07	-0,06
F3	256,20	0,13	-0,37	-0,37	-0,08	-0,07	-0,03	0,03	0,02
Cob. EG	947,10	0,47	-0,80	-0,80	-0,42	-0,50	-0,33	-0,40	-0,30
Cob. FH	947,10	0,47	-0,40	-0,40	-0,30	-0,10	-0,15	0,01	0,03
Cob. IJ	1.390,20	0,70	-0,20	-0,20	-0,31	0,10	0,22	0,21	0,31
				Soma	-2,31	Soma	-0,92	Soma	0,00

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 17 – Galpão 02: Vento 270° - Portas abertas

Coeficiente de pressão interna			Ci estimado: 0,00		Ci estimado: -0,20		Ci adotado: -0,57	
Face	Área total das aberturas	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce- Ci)^=0,5	Ce - Ci	Ax(Ce- Ci)^0,5	Ce - Ci	Ax(Ce- Ci)^0,5
A1	81,00	-0,82	-0,82	-73,53	-0,62	-63,98	-0,25	-40,50

A2	81,00	-0,42	-0,42	-52,74	-0,22	-38,34	0,15	31,37
B	157,58	-0,42	-0,42	-102,61	-0,22	-74,58	0,15	61,03
C1	83,12	-0,82	-0,82	-75,45	-0,62	-65,66	-0,25	-41,56
C2	83,12	-0,42	-0,42	-54,12	-0,22	-39,34	0,15	32,19
D	2,12	0,70	0,70	1,77	0,90	2,01	1,27	2,39
E	10,50	-0,82	-0,82	-9,53	-0,62	-8,29	-0,25	-5,25
F	4,23	0,70	0,70	3,54	0,90	4,01	1,27	4,77
Cob. EFI	84,00	-0,86	-0,86	-77,77	-0,66	-68,10	-0,28	-44,70
Cob. GHJ	-	-0,40	-0,40		-0,20		0,17	
			Soma	-440,44	Soma	-352,27	Soma	-0,26

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 18 – Galpão 02: Vento 270° - Totalmente fechado

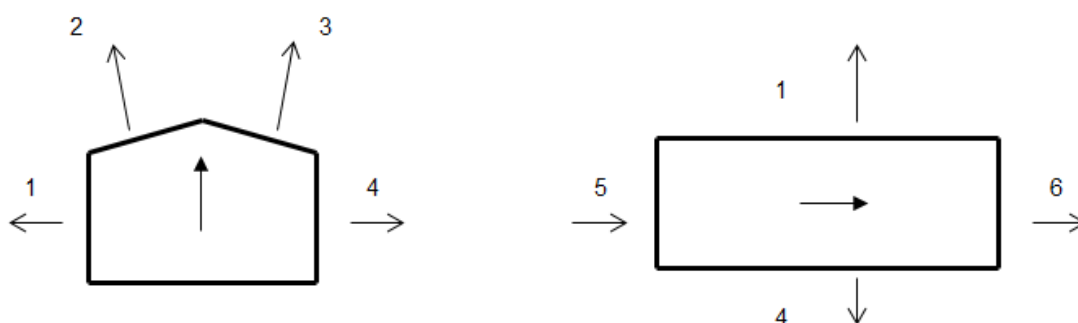
Coeficiente de pressão interna				Ci estimado: 0,00		Ci estimado: -0,30		Ci adotado: -0,36	
Face	Área total das paredes	Área permeável das paredes	Ce - Galpão 1	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}	Ce - Ci	Ax(Ce-Ci) ^{0,5}
A1	163,59	0,08	-0,82	-0,82	-0,07	-0,52	-0,06	-0,46	-0,06
A2	163,59	0,08	-0,42	-0,42	-0,05	-0,12	-0,03	-0,06	-0,02
B	1.878,80	0,94	-0,42	-0,42	-0,61	-0,12	-0,33	-0,06	-0,24
C1	26,73	0,01	-0,82	-0,82	-0,01	-0,52	-0,01	-0,46	-0,01
C2	163,59	0,08	-0,42	-0,42	-0,05	-0,12	-0,03	-0,06	-0,02
D	683,20	0,34	0,70	0,70	0,29	1,00	0,34	1,06	0,35
E	109,80	0,05	-0,82	-0,82	-0,05	-0,52	-0,04	-0,46	-0,04
F	1.195,60	0,60	0,70	0,70	0,50	1,00	0,60	1,06	0,62
Cob. EFI	2.402,40	1,20	-0,86	-0,86	-1,11	-0,56	-0,90	-0,50	-0,85
Cob. GHJ	882,00	0,44	-0,40	-0,40	-0,28	-0,10	-0,14	-0,04	-0,09
				Soma	-0,52	Soma	-0,12	Soma	0,01

Fonte: Os autores (2018).

Após encontrar os coeficientes, foi encontrado o valor da carga de vento utilizando a soma vetorial dos coeficientes internos e externos para cada caso e, após isso, foi multiplicado pela área de influência e pela pressão dinâmica.

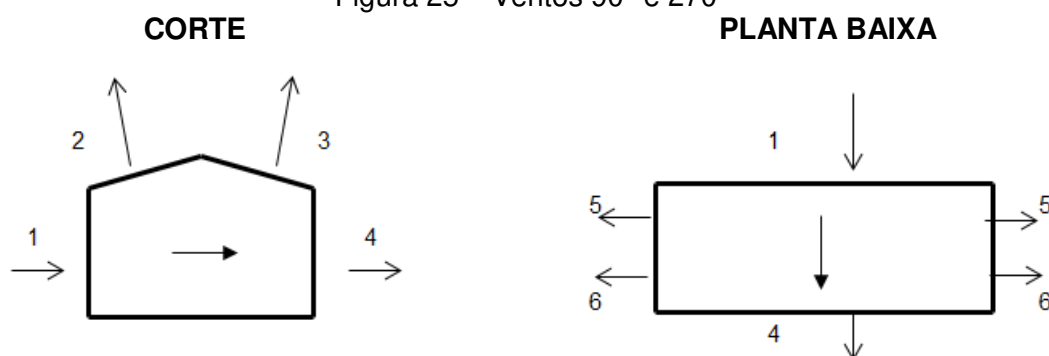
As imagens abaixo explicam o número das posições encontradas na tabela de cálculo para melhor compreensão.

Figura 24 – Ventos 0° e 180°



Fonte: Os autores (2018).

Figura 25 – Ventos 90° e 270°



Fonte: Os autores (2018).

Tabela 19 – Cargas de vento galpão 01

						P1 7,00
Vento			q kg/m ²	C	C q kg/m ²	w kg/m
VENTO 270° PORTAS ABERTAS (V7)	W1	W11	70,21	1,05	73,7	516,0
		W12	70,21	-0,51	-35,6	-249,3
		W13	70,21	-0,05	-3,5	-24,6
		W14	70,21	-0,15	-10,5	-73,7
		W15	70,21	-0,15	-10,5	-73,7
		W16	70,21	-0,55	-38,6	-270,3
VENTO 270° PORTAS FECHADAS (V8)	W2	W21	70,21	0,37	26,0	181,8
		W22	70,21	-1,19	-83,4	-583,5
		W23	70,21	-0,73	-51,3	-358,8
		W24	70,21	-0,83	-58,3	-407,9
		W25	70,21	-0,83	-58,3	-407,9
		W26	70,21	-1,23	-86,4	-604,5

VENTO 90º PORTAS ABERTAS (V3)	W3	W31	70,21	-0,15	-10,5	-73,7
		W32	70,21	-0,05	-3,5	-24,6
		W33	70,21	-0,51	-35,6	-249,3
		W34	70,21	1,05	73,7	516,0
		W35	70,21	-0,15	-10,5	-73,7
		W36	70,21	-0,55	-38,6	-270,3
VENTO 90º PORTAS FECHADAS (V4)	W4	W41	70,21	-0,83	-58,27	-407,91
		W42	70,21	-0,73	-51,25	-358,76
		W43	70,21	-1,19	-83,35	-583,45
		W44	70,21	0,37	25,98	181,84
		W45	70,21	-0,34	-23,87	-167,09
		W46	70,21	-0,74	-51,95	-363,68
VENTO 0º PORTAS ABERTAS PARTE EG (V1)	W5	W51	77,05	-0,45	-34,67	-242,72
		W52	77,05	-0,45	-34,67	-242,72
		W53	77,05	-0,45	-34,67	-242,72
		W54	77,05	-0,45	-34,67	-242,72
		W55	77,05	1,05	80,91	566,34
		W56	77,05	0,05	3,85	26,97
VENTO 0º PORTAS FECHADAS PARTE EG (V2)	W6	W61	77,05	-1,13	-87,07	-609,49
		W62	77,05	-1,13	-87,07	-609,49
		W63	77,05	-1,13	-87,07	-609,49
		W64	77,05	-1,13	-87,07	-609,49
		W65	77,05	0,37	28,51	199,57
		W66	77,05	-0,63	-48,54	-339,80
VENTO 0º PORTAS ABERTAS PARTE FH	W7	W71	77,05	-0,05	-3,9	-27,0
		W72	77,05	-0,05	-3,9	-27,0
		W73	77,05	-0,05	-3,9	-27,0
		W74	77,05	-0,05	-3,9	-27,0
VENTO 0º PORTAS FECHADAS PARTE FH	W8	W81	77,05	-0,73	-56,2	-393,7
		W82	77,05	-0,73	-56,2	-393,7
		W83	77,05	-0,73	-56,2	-393,7
		W84	77,05	-0,73	-56,2	-393,7
VENTO 0º PORTAS ABERTAS PARTE IJ	W9	W91	77,05	0,15	11,6	80,9
		W92	77,05	0,15	11,6	80,9
		W93	77,05	0,15	11,6	80,9
		W94	77,05	0,15	11,6	80,9
VENTO 0º PORTAS FECHADAS PARTE IJ	W10	W101	77,05	-0,53	-40,8	-285,9
		W102	77,05	-0,53	-40,8	-285,9
		W103	77,05	-0,53	-40,8	-285,9
		W104	77,05	-0,53	-40,8	-285,9

Fonte: Os autores (2018).

Tabela 20 – Cargas de vento galpão 02

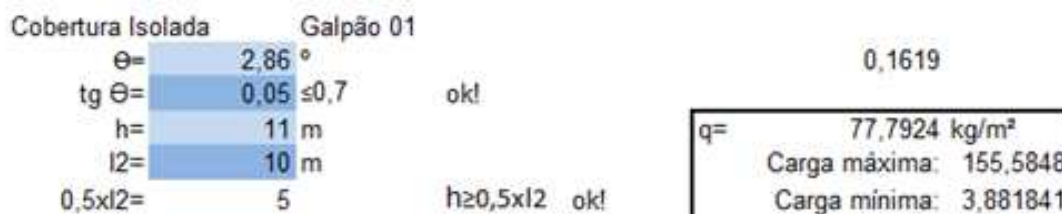
						P1 7,00
Vento			q kg/m ²	C	C q kg/m ²	w kg/m
VENTO 270º PORTAS ABERTAS	W1	W11	70,2	0,90	63,1	441,8
		W12	70,2	-0,66	-46,2	-323,5
		W13	70,2	-0,20	-14,1	-98,8
		W14	70,2	-0,23	-15,8	-110,6
		W15	70,2	-0,23	-15,8	-110,6
		W16	70,2	-0,63	-43,9	-307,2
VENTO 270º PORTAS FECHADAS	W2	W21	70,2	1,27	89,4	626,1
		W22	70,2	-0,28	-19,9	-139,2
		W23	70,2	0,17	12,2	85,5
		W24	70,2	0,15	10,5	73,7
		W25	70,2	0,15	10,5	73,7
		W26	70,2	-0,25	-17,6	-122,9
VENTO 90º PORTAS ABERTAS	W3	W31	70,2	-0,23	-15,8	-110,6
		W32	70,2	-0,20	-14,1	-98,8
		W33	70,2	-0,66	-46,2	-323,5
		W34	70,2	0,90	63,1	441,8
		W35	70,2	-0,23	-15,8	-110,6
		W36	70,2	-0,63	-43,9	-307,2
VENTO 90º PORTAS FECHADAS	W4	W41	70,2	0,15	10,5	73,7
		W42	70,2	0,17	12,2	85,5
		W43	70,2	-0,28	-19,9	-139,2
		W44	70,2	1,27	89,4	626,1
		W45	70,2	-0,34	-23,9	-167,1
		W46	70,2	-0,74	-52,0	-363,7
VENTO 180º PORTAS ABERTAS PARTE EG	W5	W51	77,1	-0,60	-46,3	-324,2
		W52	77,1	-0,60	-46,3	-324,2
		W53	77,1	-0,60	-46,3	-324,2
		W54	77,1	-0,60	-46,3	-324,2
		W55	77,1	0,90	69,3	484,9
		W56	77,1	-0,18	-13,6	-95,5
VENTO 180º PORTAS FECHADAS PARTE EG	W6	W61	77,1	-0,23	-17,4	-121,9
		W62	77,1	-0,23	-17,4	-121,9
		W63	77,1	-0,23	-17,4	-121,9
		W64	77,1	-0,23	-17,4	-121,9
		W65	77,1	1,27	98,2	687,2
		W66	77,1	0,20	15,3	106,8
VENTO 180º PORTAS ABERTAS PARTE FH	W7	W71	77,1	-0,28	-21,3	-149,4
		W72	77,1	-0,20	-15,5	-108,4
		W73	77,1	-0,20	-15,5	-108,4
		W74	77,1	-0,28	-21,3	-149,4

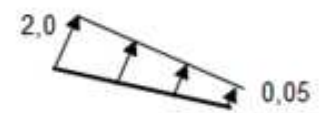
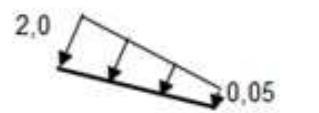
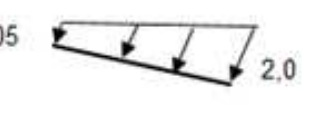
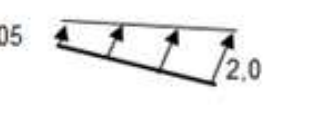
VENTO 180º PORTAS FECHADAS PARTE FH	W8	W81	77,1	0,10	7,6	52,9
		W82	77,1	0,17	13,4	93,9
		W83	77,1	0,17	13,4	93,9
		W84	77,1	0,10	7,6	52,9
VENTO 180º PORTAS ABERTAS PARTE IJ (V5)	W9	W91	77,1	-0,17	-13,3	-92,8
		W92	77,1	0,00	-0,1	-0,5
		W93	77,1	0,00	-0,1	-0,5
		W94	77,1	-0,17	-13,3	-92,8
VENTO 180º PORTAS FECHADAS PARTE IJ (V6)	W10	W101	77,1	0,20	15,6	109,5
		W102	77,1	0,37	28,8	201,7
		W103	77,1	0,37	28,8	201,7
		W104	77,1	0,20	15,6	109,5

Fonte: Os autores (2018).

Além das paredes e coberturas acima indicadas, foram calculadas separadamente as coberturas isoladas.

Figura 26 – Cobertura isolada – Galpão 01



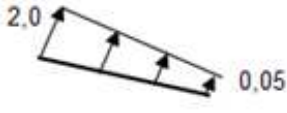
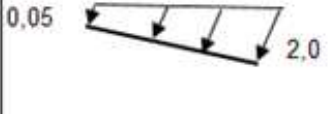
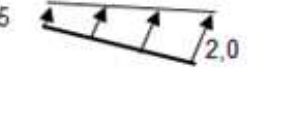
Vento	Primeiro Carregamento	Segundo Carregamento
		
		

Fonte: Os autores (2018).

Figura 27 – Cobertura isolada – Galpão 02

Cobertura Isolada	Galpão 02	
$\theta =$	2,86 °	
$\text{tg } \theta =$	0,05	$\leq 0,7$ ok!
$h =$	11 m	
$l_2 =$	19 m	
$0,5 \times l_2 =$	9,5	$h \geq 0,5 \times l_2$ ok!

$q = 77,7924 \text{ kg/m}^2$
 Carga máxima: 155,5848
 Carga mínima: 3,881841

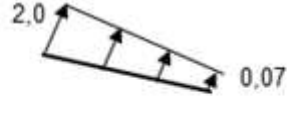
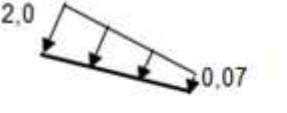
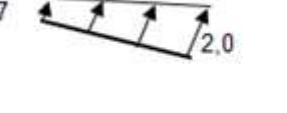
Vento	Primeiro Carregamento	Segundo Carregamento
→		
←		

Fonte: Os autores (2018).

Figura 28 – Cobertura isolada – Marquises 3x10

Cobertura Isolada	Marquises 3x10	
$\theta =$	4,00 °	
$\text{tg } \theta =$	0,07	$\leq 0,7$ ok!
$h =$	9,5 m	
$l_2 =$	3 m	
$0,5 \times l_2 =$	1,5	$h \geq 0,5 \times l_2$ ok!

$q = 77,7924 \text{ kg/m}^2$
 Carga máxima: 155,5848
 Carga mínima: 5,445468

Vento	Primeiro Carregamento	Segundo Carregamento
→		
←		

Fonte: Os autores (2018).

5.2 CONSIDERAÇÕES DAS PONTES ROLANTES

A ponte rolante considerada possui um trem-tipo com as seguintes características:

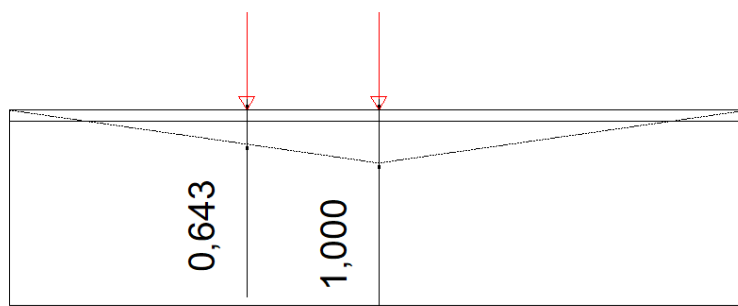
- Distância entre rodas: 2,5m;
- Aproximação máxima entre pontes: 0,532m;
- Carga máxima na roda: 11,064tf;
- Carga mínima na roda: 2,904tf.

De acordo com a norma AISE TR13, as cargas solicitantes das pontes rolantes são separadas nos 06 seguintes tipos:

- Cvs: carga vertical de uma ponte rolante;
- Css: esforço lateral de uma ponte rolante;
- Ci: impacto vertical de uma ponte rolante;
- Cls: tração longitudinal de uma ponte rolante;
- Cbs: impacto no batente 100% da velocidade;
- Cvm: carga vertical de várias pontes rolantes.

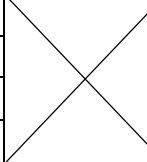
Foram definidas as cargas solicitantes e, após isso, foi necessário descobrir a porcentagem das mesmas as quais foram descarregadas nos pilares através das linhas de influência a seguir:

Figura 29 – Posição 1



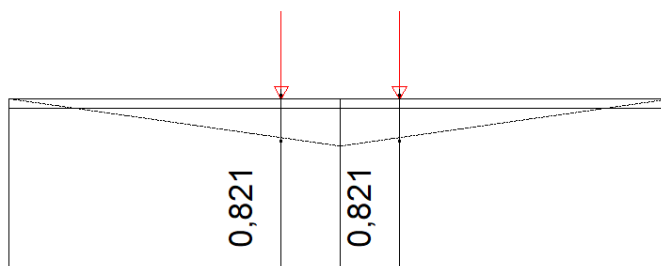
Fonte: Os autores (2018).

Tabela 21 – Posição 1

Tabela 21 - Rodas 1					
Rodas	1	2	3	4	Somas
Porcentagem	64,30%	100,00%	-	-	
Carga vertical maior (tf)	11,064				
Carga vertical menor (tf)	2,904				
Carga horizontal	1,6				
Cvs = maior resultante vertical (tf)	7,11	11,06	0	0	18,18
Cvs = menor resultante vertical (tf)	1,87	2,90	0	0	4,77
Ci = maior impacto (tf)	1,78	2,77	0	0	4,54
Ci = menor impacto (tf)	0,47	0,73	0	0	1,19
Css = Resultante horizontal	1,03	1,60	0	0	2,63

Fonte: Os autores (2018).

Figura 30 – Posição 2



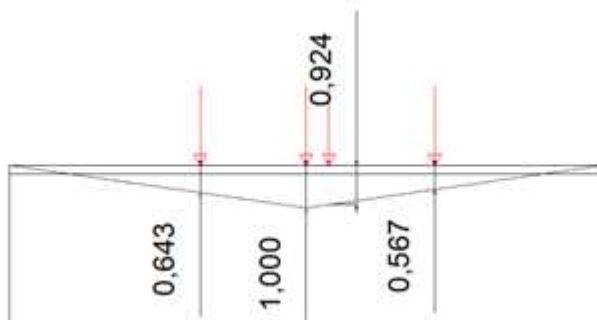
Fonte: Os autores (2018).

Tabela 22 – Posição 2

Rodas	1	2	3	4	Somas
Porcentagem	82,10%	82,10%	-	-	
Carga vertical maior (tf)	11,064				
Carga vertical menor (tf)	2,904				
Carga horizontal	1,6				
Cvs = maior resultante vertical (tf)	9,08	9,08	0	0	18,17
Cvs = menor resultante vertical (tf)	2,38	2,38	0	0	4,77
Ci = maior impacto (tf)	2,27	2,27	0	0	4,54
Ci = menor impacto (tf)	0,60	0,60	0	0	1,19
Css = Resultante horizontal	1,31	1,31	0	0	2,63

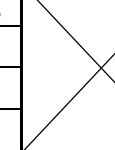
Fonte: Os autores (2018).

Figura 31 – Posição 3



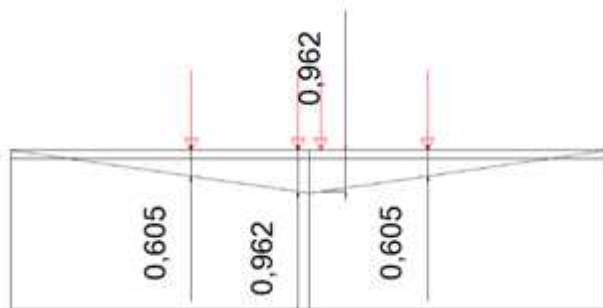
Fonte: Os autores (2018).

Tabela 23 – Posição 3

Tabela 28 - Posição 6					
Rodas	1	2	3	4	Somas
Porcentagem	64,30%	100,00%	92,40%	56,70%	
Carga vertical maior (tf)	11,064				
Carga vertical menor (tf)	2,904				
Carga horizontal	1,6				
Cvm = maior resultante vertical (tf)	7,11	11,06	10,22	6,27	34,67
Cvm = menor resultante vertical (tf)	1,87	2,90	2,68	1,65	9,10
Css = Resultante horizontal	1,03	1,60	1,48	0,91	5,01

Fonte: Os autores (2018).

Figura 32 – Posição 4



Fonte: Os autores (2018).

Tabela 24 – Posição 4

Rodas	1	2	3	4	Somas
Porcentagem	60,50%	96,20%	96,20%	60,50%	
Carga vertical maior (tf)	11,064				
Carga vertical menor (tf)	2,904				
Carga horizontal	1,6				
Cvm = maior resultante vertical (tf)	6,69	10,64	10,64	6,69	34,67
Cvm = menor resultante vertical (tf)	1,76	2,79	2,79	1,76	9,10
Css = Resultante horizontal	0,97	1,54	1,54	0,97	5,014

Fonte: Os autores (2018).

Estes resultados identificam as cargas que devem ser colocadas pontualmente em cima do console do pilar para a viga de rolamento.

Dado que as cargas das pontes rolantes são distribuídas em ambas as vigas de rolamento, cada uma com sua parcela respectiva, os dois valores diferentes de carga resultante vertical representam os dois carregamentos separados por cada viga. Devido a isto, em algum momento, a maior carga estará na viga à direita do pórtico e, em outro, ela estará à esquerda.

Portanto, foi necessário realizar diferentes combinações com o intuito de identificar qual a mais prejudicial para a estrutura, conforme tabela a seguir:

Tabela 25 – Combinações

Item no software	Lado de descarga da maior carga	Quantidade de pontes
SCU2	Direita	1
SCU3	Esquerda	1
SCU4	Horizontal +	1
SCU5	Horizontal -	1
SCU6	Direita	2
SCU7	Esquerda	2

Fonte: Os autores (2018).

5.3 COMBINAÇÕES

Foram definidas as cargas da ponte rolante e do vento e, a partir disto, foram realizadas as combinações, conforme tabela abaixo:

Tabela 26 – Combinações de cargas

Norma	Software	Item	Descrição
D1	PP	Peso próprio	Carga devida ao peso dos perfis
D2	CP 1	Cargas permanentes	Carga de lanternim, telhas, calhas, viga de rolamento e trilho da ponte
Lr	SCU 1	Sobrecarga cobertura	Sobrecarga devida de norma devido a segurança e equipamentos
Cvs 1 + Ci	SCU 2	Sobrecarga ponte rolante 1	Sobrecarga vertical, uma ponte, com maior valor na viga a direita + impacto vertical
Cvs 2 + Ci	SCU 3	Sobrecarga ponte rolante 2	Sobrecarga vertical, uma ponte, com maior valor na viga a esquerda + impacto vertical
Css 1	SCU 4	Sobrecarga ponte rolante 3	Sobrecarga horizontal aplicada em ambas as vigas com sentido a direita (+)
Css 2	SCU 5	Sobrecarga ponte rolante 4	Sobrecarga horizontal aplicada em ambas as vigas com sentido a esquerda (-)
Cvm 1	SCU 6	Sobrecarga ponte rolante 5	Sobrecarga vertical, duas pontes, com maior valor na viga a direita
Cvm 2	SCU 7	Sobrecarga ponte rolante 6	Sobrecarga vertical, duas pontes, com maior valor na viga a esquerda
W 1	V 1	Sobrecarga de vento 1	Sobrecargas produzidas pelo vento a 0º com todas as portas abertas
W 2	V 2	Sobrecarga de vento 2	Sobrecargas produzidas pelo vento a 0º com todas as portas fechadas
W 3	V 3	Sobrecarga de vento 3	Sobrecargas produzidas pelo vento a 90º com todas as portas abertas
W 4	V 4	Sobrecarga de vento 4	Sobrecargas produzidas pelo vento a 90º com todas as portas fechadas
W 5	V 5	Sobrecarga de vento 5	Sobrecargas produzidas pelo vento a 180º com todas as portas abertas
W 6	V 6	Sobrecarga de vento 6	Sobrecargas produzidas pelo vento a 180º com todas as portas fechadas
W 7	V 7	Sobrecarga de vento 7	Sobrecargas produzidas pelo vento a 270º com todas as portas abertas e primeiro carregamento no telhado isolado

Fonte: Os autores (2018).

A tabela a seguir mostra as combinações de ações.

Tabela 27 – Combinações de ações

[illegible]

Comb.	PP	CP 1	CVM D	CVM E	SCU 1	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 7'	V 8'	CSS +	CSS -	CVS D	CVS E
27	0.600	0.600							1.000										
28	0.600	0.600								1.000									
29	0.600	0.600									1.000								
30	0.600	0.600										1.000							
31	0.600	0.600											1.000						
32	0.600	0.600												1.000					
33	0.600	0.600													1.000				
34	1.000	1.000			1.000													1.000	
35	1.000	1.000			1.000														1.000
36	1.000	1.000			1.000											1.000		1.000	
37	1.000	1.000			1.000											1.000			1.000
38	1.000	1.000			1.000												1.000	1.000	
39	1.000	1.000			1.000												1.000		1.000
40	1.000	1.000														1.000			
41	1.000	1.000															1.000		
42	1.000	1.000	1.000																
43	1.000	1.000	1.000													1.000			
44	1.000	1.000	1.000														1.000		
45	1.000	1.000		1.000															
46	1.000	1.000		1.000												1.000			
47	1.000	1.000		1.000													1.000		
48	0.750	0.750			0.750													0.750	
49	0.750	0.750			0.750														0.750
50	0.750	0.750			0.750	0.750												0.750	
51	0.750	0.750			0.750	0.750													0.750
52	0.750	0.750			0.750		0.750											0.750	
53	0.750	0.750			0.750		0.750												0.750
54	0.750	0.750			0.750			0.750										0.750	
55	0.750	0.750			0.750			0.750											0.750
56	0.750	0.750			0.750				0.750									0.750	
57	0.750	0.750			0.750				0.750										0.750
58	0.750	0.750			0.750					0.750								0.750	
59	0.750	0.750			0.750					0.750									0.750
60	0.750	0.750			0.750						0.750							0.750	
61	0.750	0.750			0.750						0.750								0.750
62	0.750	0.750			0.750							0.750						0.750	
63	0.750	0.750			0.750							0.750							0.750
64	0.750	0.750			0.750								0.750					0.750	
65	0.750	0.750			0.750								0.750						0.750
66	0.750	0.750			0.750									0.750				0.750	
67	0.750	0.750			0.750									0.750					0.750
68	0.750	0.750			0.750										0.750			0.750	
69	0.750	0.750			0.750										0.750				0.750
70	0.750	0.750			0.750											0.750		0.750	

Comb.	PP	CP 1	CVM D	CVM E	SCU 1	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 7'	V 8'	CSS +	CSS -	CVS D	CVS E
71	0.750	0.750			0.750											0.750			0.750
72	0.750	0.750			0.750	0.375										0.750		0.750	
73	0.750	0.750			0.750	0.375										0.750			0.750
74	0.750	0.750			0.750		0.375									0.750		0.750	
75	0.750	0.750			0.750		0.375									0.750			0.750
76	0.750	0.750			0.750			0.375								0.750		0.750	
77	0.750	0.750			0.750			0.375								0.750			0.750
78	0.750	0.750			0.750				0.375							0.750		0.750	
79	0.750	0.750			0.750				0.375							0.750			0.750
80	0.750	0.750			0.750					0.375						0.750		0.750	
81	0.750	0.750			0.750					0.375						0.750			0.750
82	0.750	0.750			0.750						0.375					0.750		0.750	
83	0.750	0.750			0.750						0.375					0.750			0.750
84	0.750	0.750			0.750							0.375				0.750		0.750	
85	0.750	0.750			0.750							0.375				0.750			0.750
86	0.750	0.750			0.750								0.375			0.750		0.750	
87	0.750	0.750			0.750								0.375			0.750			0.750
88	0.750	0.750			0.750									0.375		0.750		0.750	
89	0.750	0.750			0.750									0.375		0.750			0.750
90	0.750	0.750			0.750										0.375	0.750		0.750	
91	0.750	0.750			0.750										0.375	0.750			0.750
92	0.750	0.750			0.750												0.750	0.750	
93	0.750	0.750			0.750												0.750		0.750
94	0.750	0.750			0.750	0.375											0.750	0.750	
95	0.750	0.750			0.750	0.375											0.750		0.750
96	0.750	0.750			0.750		0.375										0.750	0.750	
97	0.750	0.750			0.750		0.375										0.750		0.750
98	0.750	0.750			0.750			0.375									0.750	0.750	
99	0.750	0.750			0.750			0.375									0.750		0.750
100	0.750	0.750			0.750				0.375								0.750	0.750	
101	0.750	0.750			0.750				0.375								0.750		0.750
102	0.750	0.750			0.750					0.375							0.750	0.750	
103	0.750	0.750			0.750					0.375							0.750		0.750
104	0.750	0.750			0.750						0.375						0.750	0.750	
105	0.750	0.750			0.750						0.375						0.750		0.750
106	0.750	0.750			0.750							0.375					0.750	0.750	
107	0.750	0.750			0.750							0.375					0.750		0.750
108	0.750	0.750			0.750								0.375				0.750	0.750	
109	0.750	0.750			0.750								0.375				0.750		0.750
110	0.750	0.750			0.750									0.375			0.750	0.750	
111	0.750	0.750			0.750									0.375			0.750		0.750
112	0.750	0.750			0.750										0.375		0.750	0.750	
113	0.750	0.750			0.750										0.375		0.750		0.750

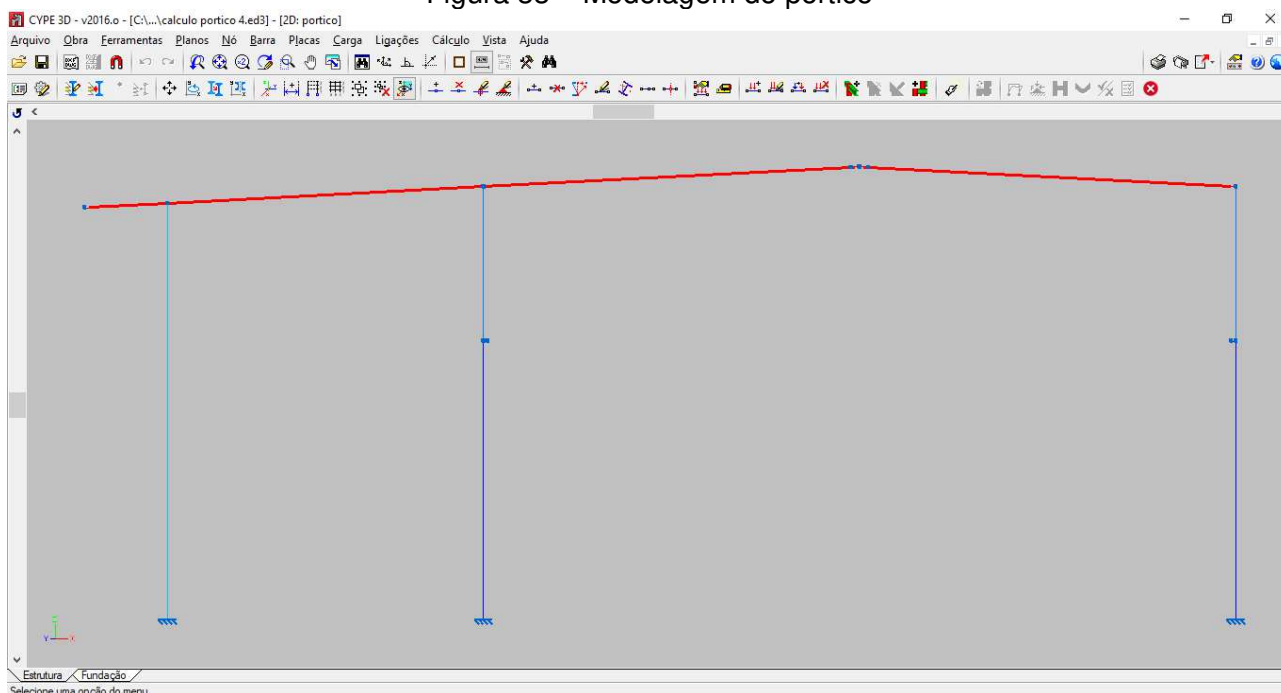
Fonte: Os autores (2018).

6 ANÁLISE ESTRUTURAL

De acordo com os carregamentos, foi considerado o pórtico do eixo 04 para análise estrutural devido às cargas oriundas do eixo 05, o qual não possui pilar no eixo D. Portanto, as cargas que seriam descarregadas nesse pilar, foram transportadas através de uma viga de transição aos eixos 04 e 06.

A escolha do eixo 04 se justifica pelas maiores solicitações de cargas de vento próximas aos oitões. Com isso, foi realizado o cálculo da estrutura utilizando a modelagem do pórtico no *software* “Metálica 3D” de acordo com o projeto arquitetônico.

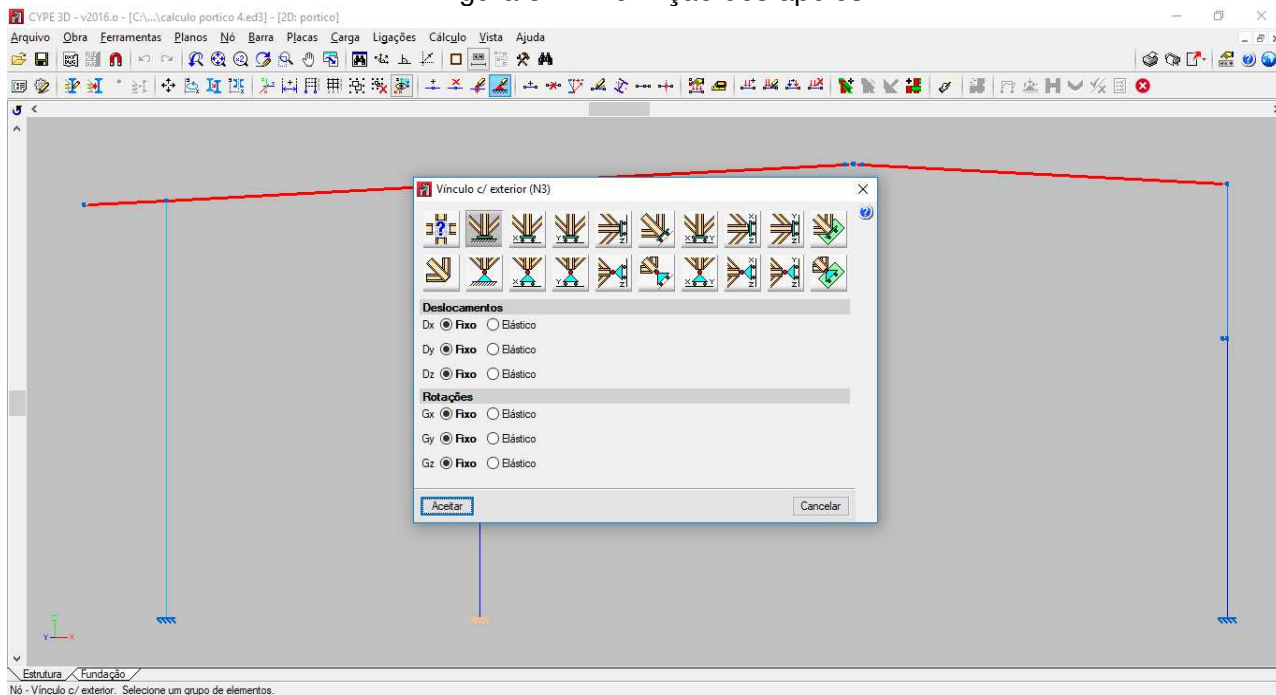
Figura 33 – Modelagem do pórtico



Fonte: Os autores (2018).

Todas as dimensões adotadas estavam de acordo com os projetos. O esquema estrutural do pórtico é de perfis laminados de alma cheia tabelados de usina, obtendo o *layout* acima. As chapas base foram consideradas engastadas a fundação, conforme figura abaixo.

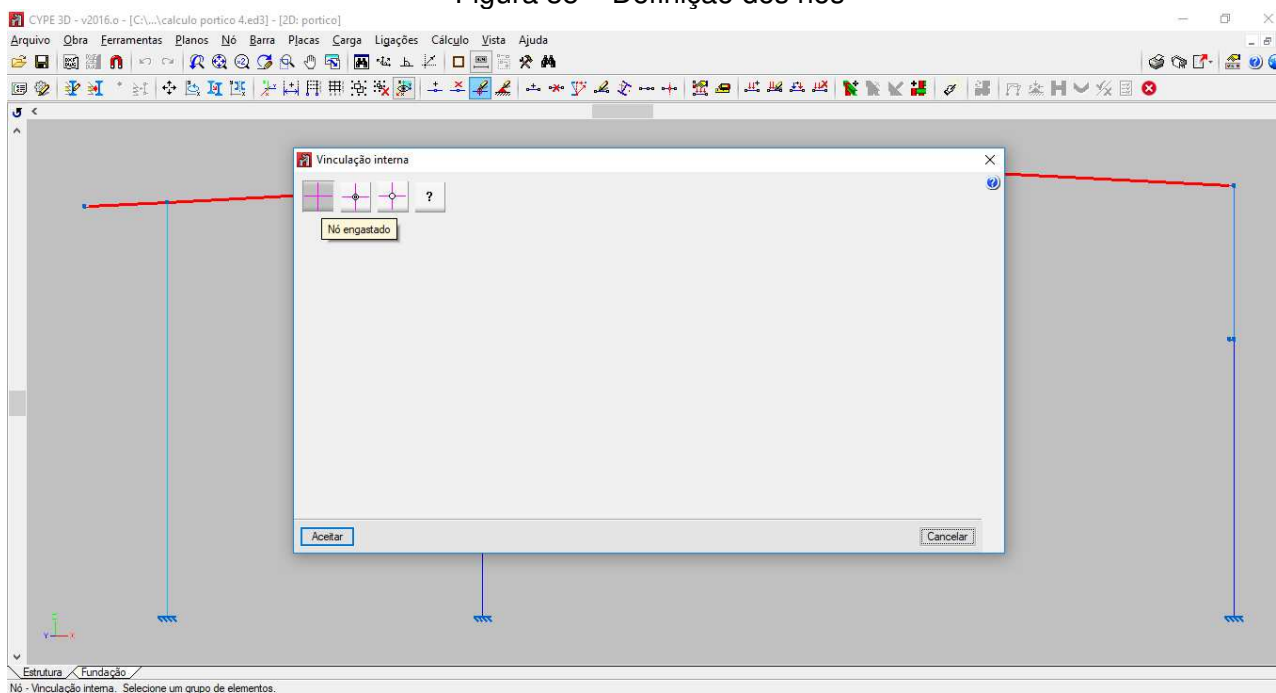
Figura 34 – Definição dos apoios



Fonte: Os autores (2018).

Todos os nós do pórtico foram considerados engastados.

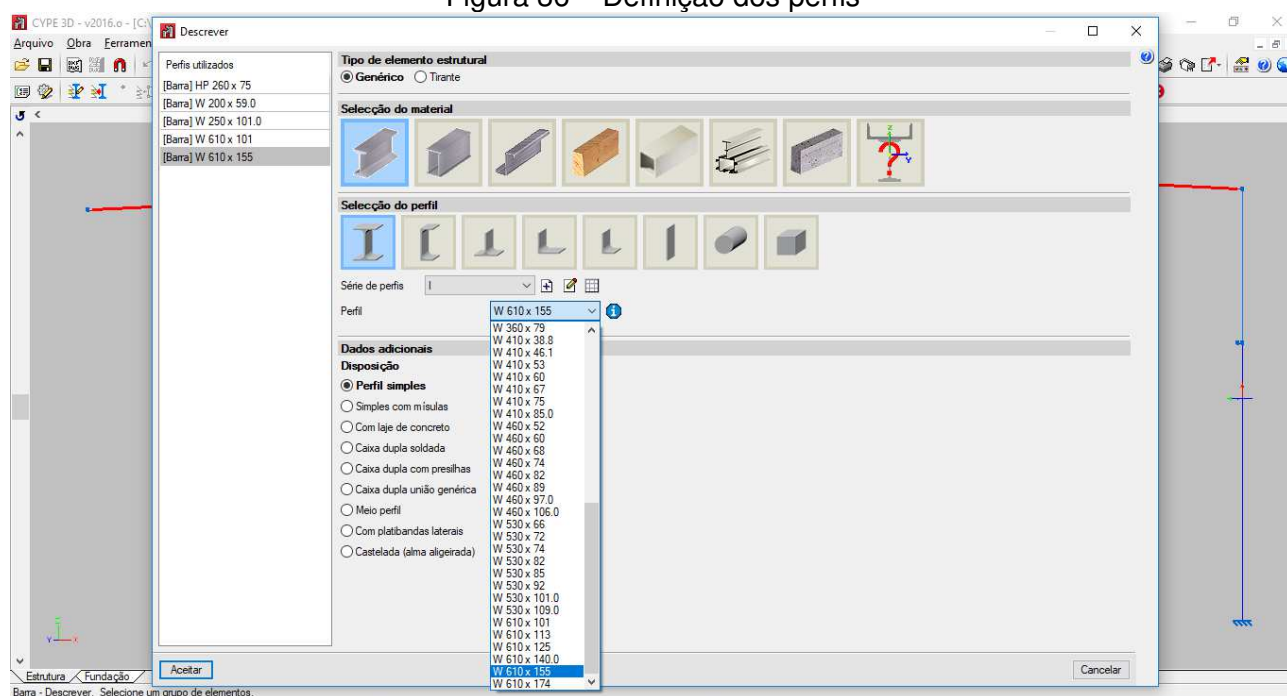
Figura 35 – Definição dos nós



Fonte: Os autores (2018).

Foram adotados perfis genéricos para posterior conferência, os quais foram revisados após o cálculo de resistência.

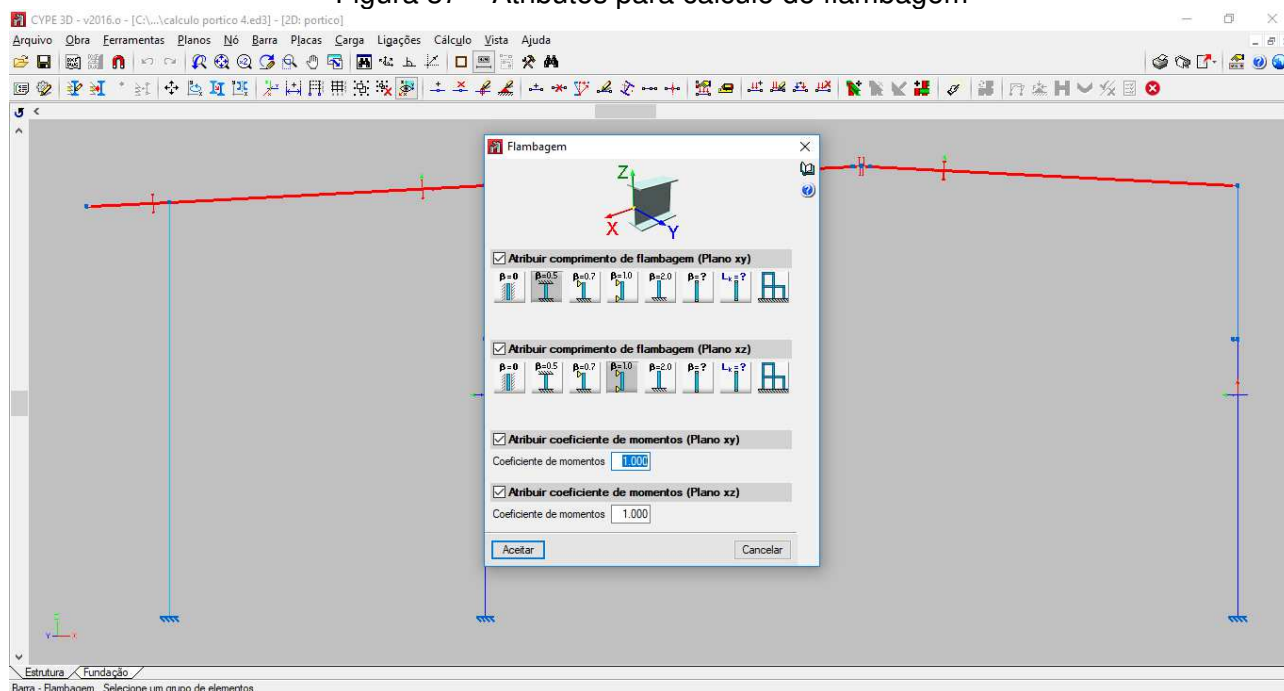
Figura 36 – Definição dos perfis



Fonte: Os autores (2018).

Os comprimentos de flambagem foram definidos de acordo com as ligações, sendo que, todas do pórtico foram engastadas.

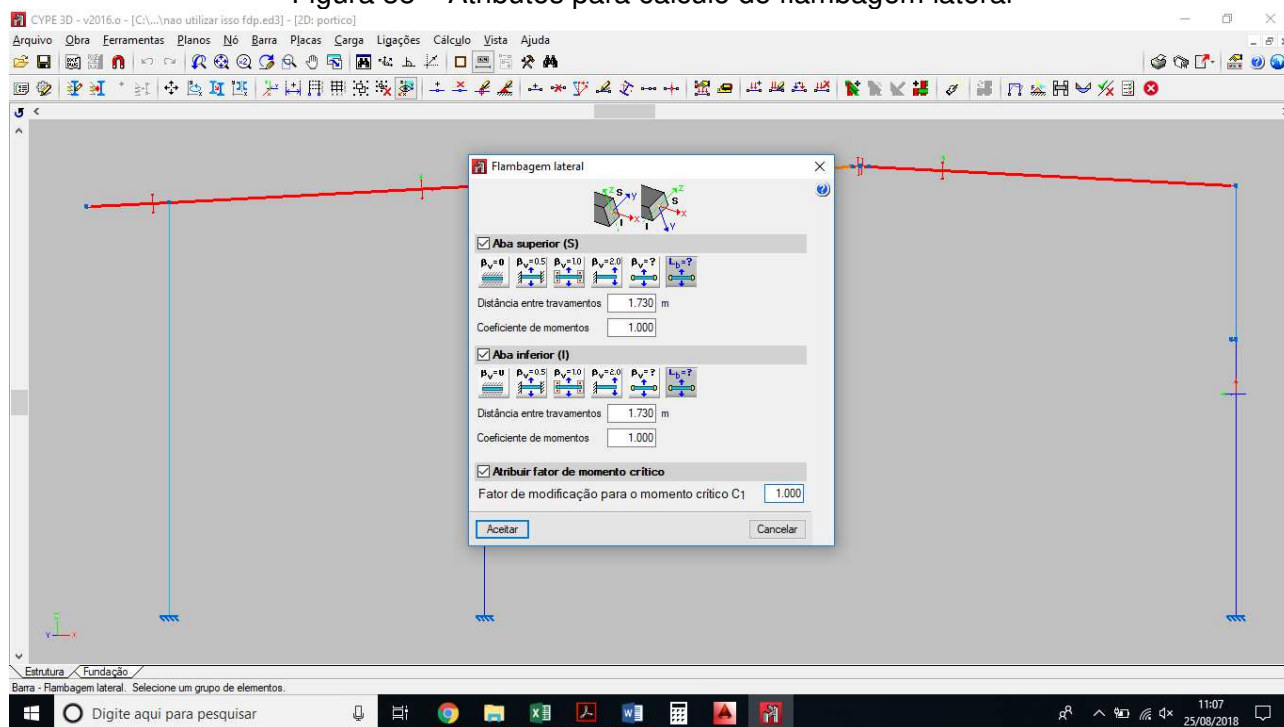
Figura 37 – Atributos para cálculo de flambagem



Fonte: Os autores (2018).

O coeficiente de flambagem lateral foi indicado pelo *software* e definido pelos comprimentos destravados das barras. Tanto para aba superior, quanto para a aba inferior, este comprimento foi de 1,73 metros devido as terças e mãos francesas, respectivamente.

Figura 38 – Atributos para cálculo de flambagem lateral



Fonte: Os autores (2018).

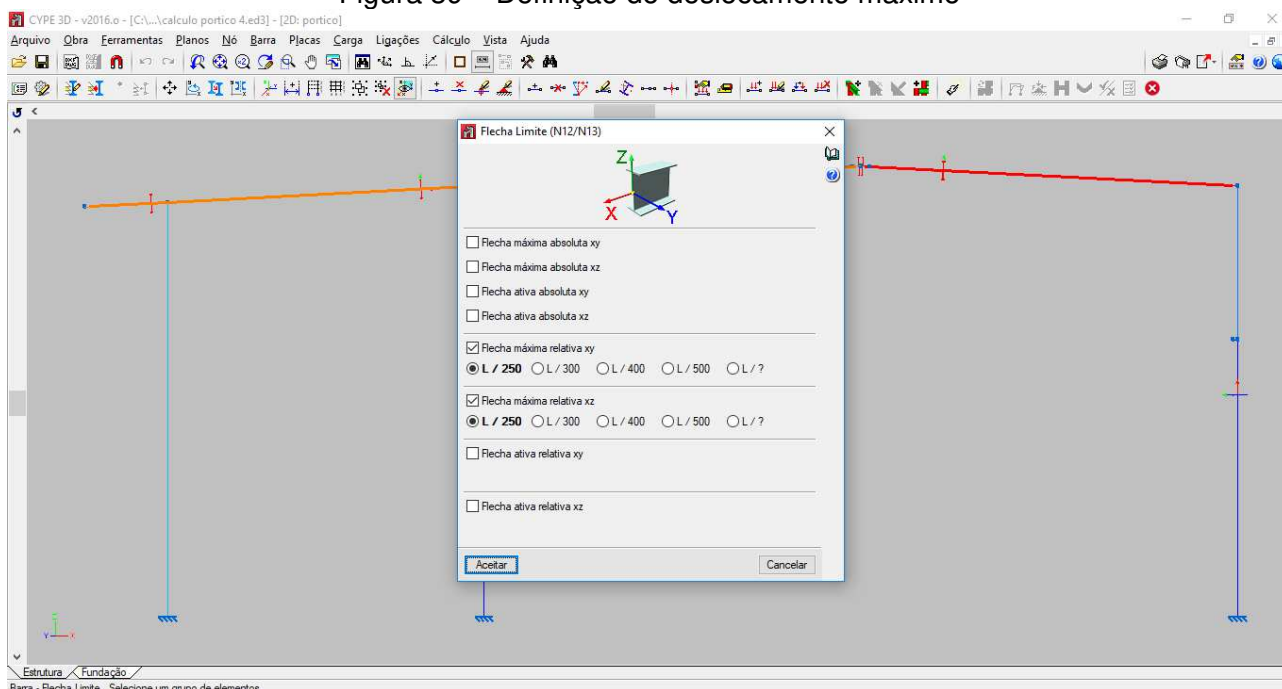
Com auxílio do *software*, foram calculados os deslocamentos máximos, conforme tabela de norma abaixo.

Tabela 28 – Deslocamentos máximos

Descrição	δ^a
- Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{cd}$
- Terças de cobertura ^{g)}	$L/180^e$
	$L/120^f$
- Vigas de cobertura ^{g)}	$L/250^h$
- Vigas de piso	$L/350^h$
- Vigas que suportam pilares	$L/500^h$
Vigas de rolamento: ⁱ⁾ - Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN - Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas - Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN - Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas - Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600^i$ $L/800^i$ $L/1000^i$ $L/400$ $L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento: - Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base - Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/300$ $H/400^{k,l}$
Edifícios de dois ou mais pavimentos: - Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base - Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	$H/400$ $h/500^m$
Lajes mistas	Ver Anexo Q

Fonte: ABNT NBR 8800 (2008).

Figura 39 – Definição do deslocamento máximo

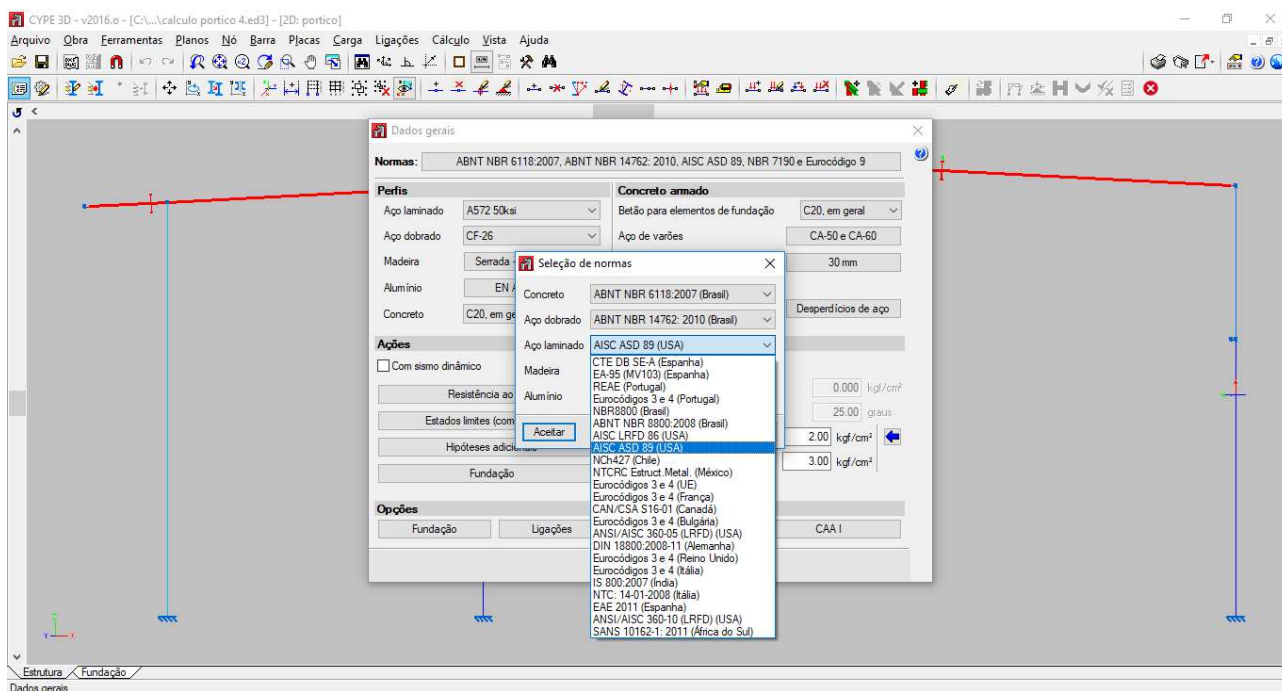


Fonte: Os autores (2018).

Foi adotada a norma AISC ASD 89 (USA) para cálculo de resistência dos perfis, pois é a única norma do *software* que considera o cálculo através das tensões admissíveis.

O método das tensões admissíveis foi adotado, devido à publicação AISE 13, a qual expõe sobre pontes rolantes, se basear neste método de cálculo, portanto, todas as combinações foram feitas pelo método ASD.

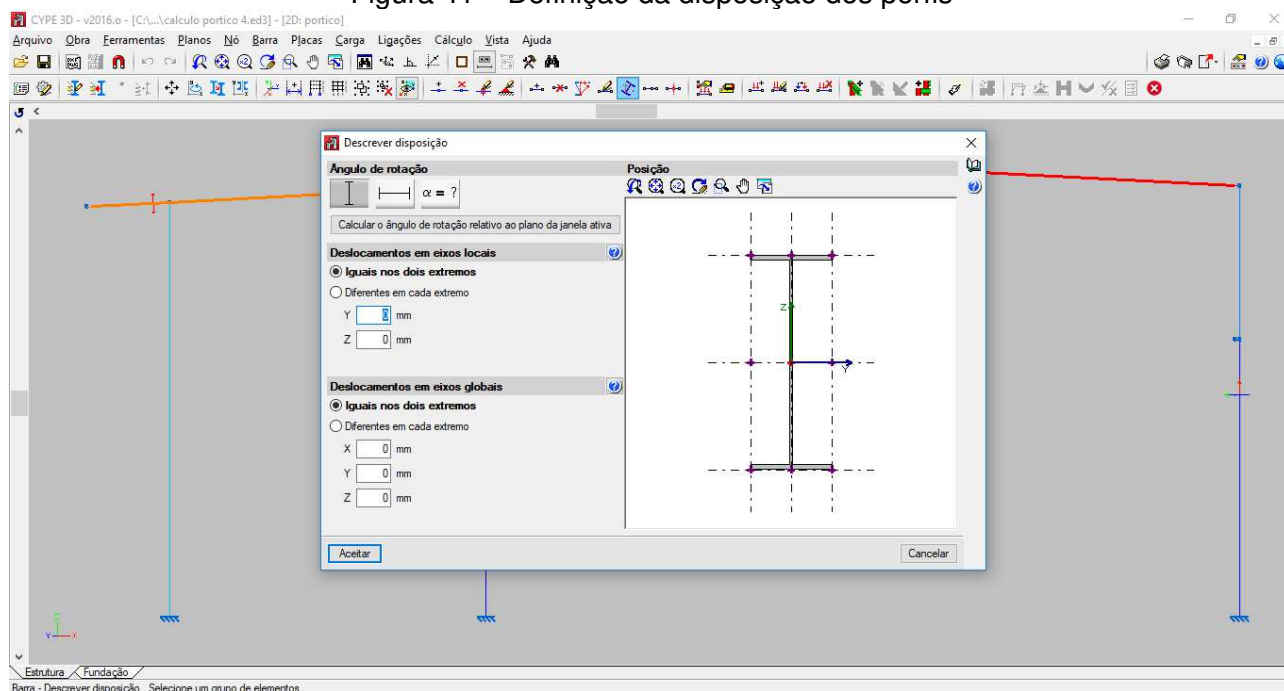
Figura 40 – Definição da norma utilizada



Fonte: Os autores (2018).

A disposição dos perfis foi adotada considerando o maior momento de inércia no mesmo sentido do maior momento solicitante.

Figura 41 – Definição da disposição dos perfis

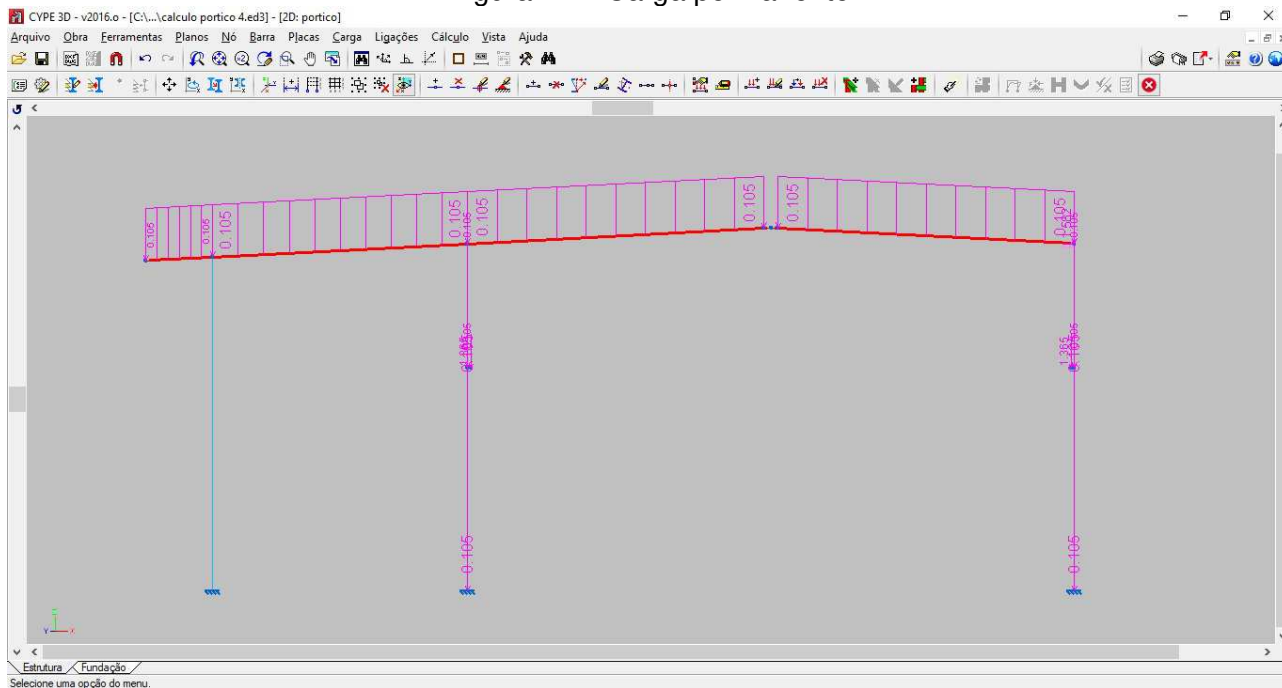


Fonte: Os autores (2018).

6.1 CARREGAMENTOS DA ESTRUTURA

Após a definição de todas as informações necessárias para o correto dimensionamento da estrutura, foram introduzidos os carregamentos de acordo com as solicitações pré-definidas, conforme figuras a seguir.

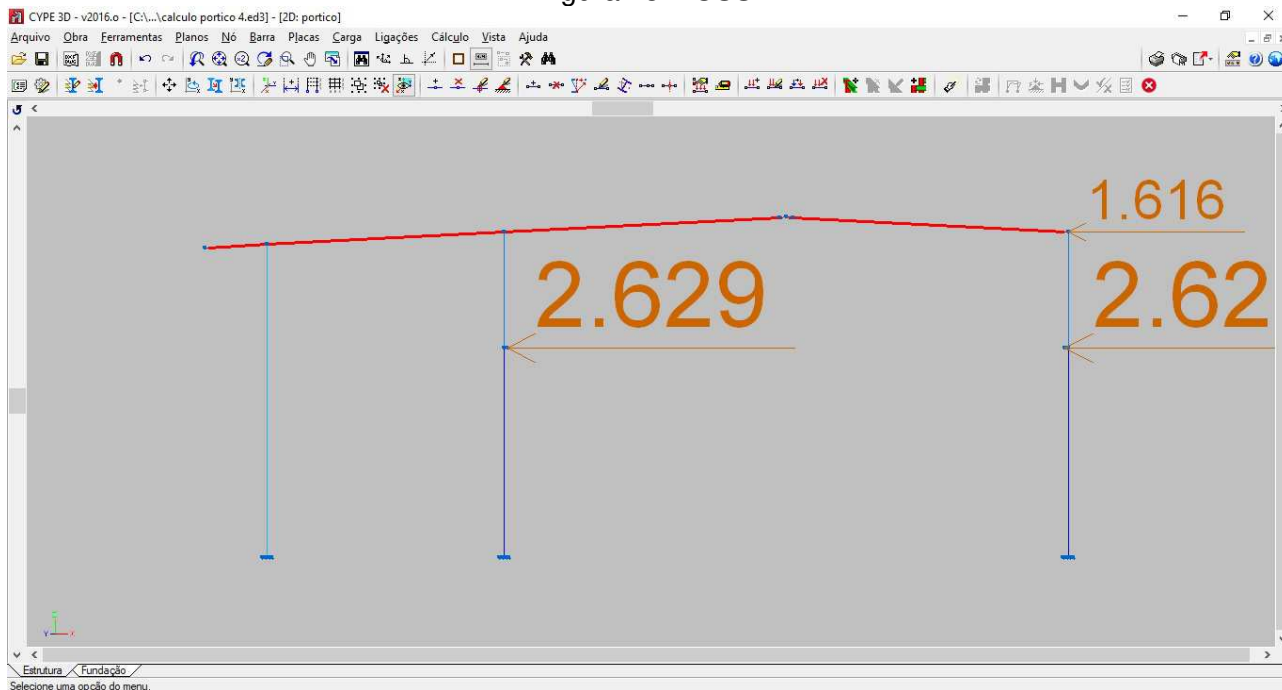
Figura 42 – Carga permanente



Fonte: Os autores (2018).

- 0,105 tf: distribuído linearmente para baixo nas duas águas;
- 0,105 tf: distribuído linearmente sentido para baixo no pilar da esquerda;
- 0,105 tf: distribuído linearmente sentido para baixo no pilar da direita.

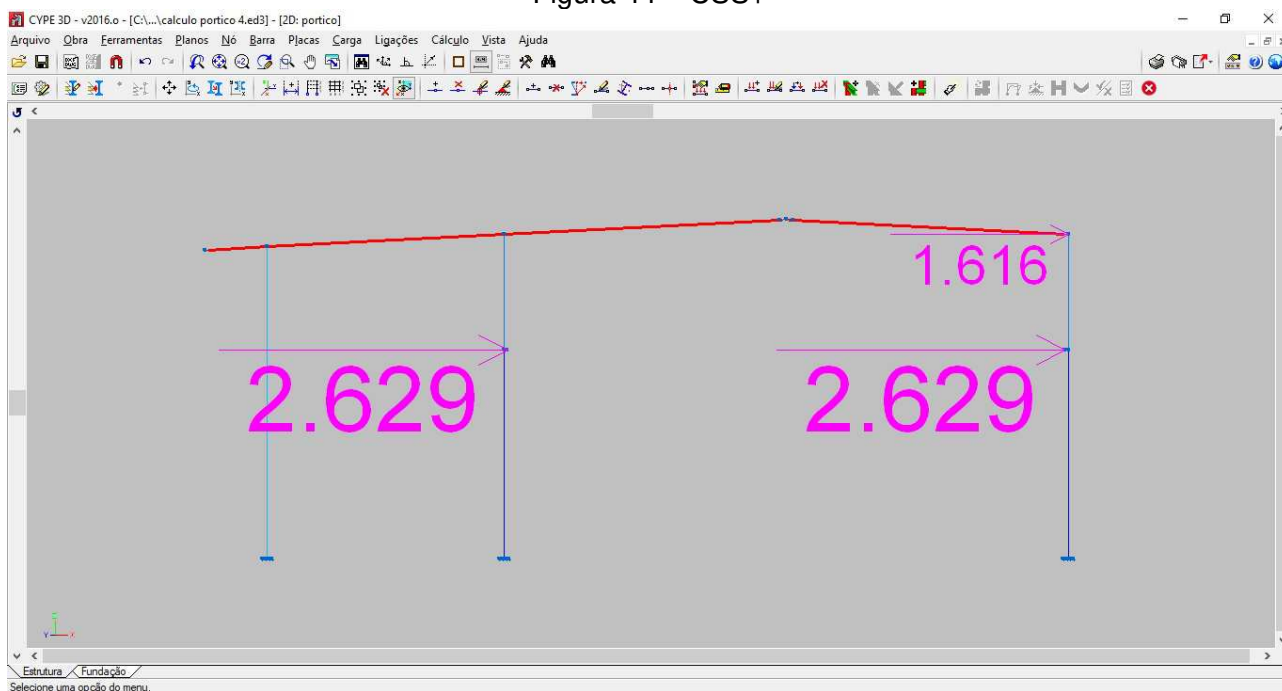
Figura 43 – CSS-



Fonte: Os autores (2018).

- 2,629 tf: no sentido esquerdo, no ponto de apoio da viga de rolamento;
- 1,616 tf: na chegada da viga de transição no sentido esquerdo, referente à carga da viga de rolamento sem pilar.

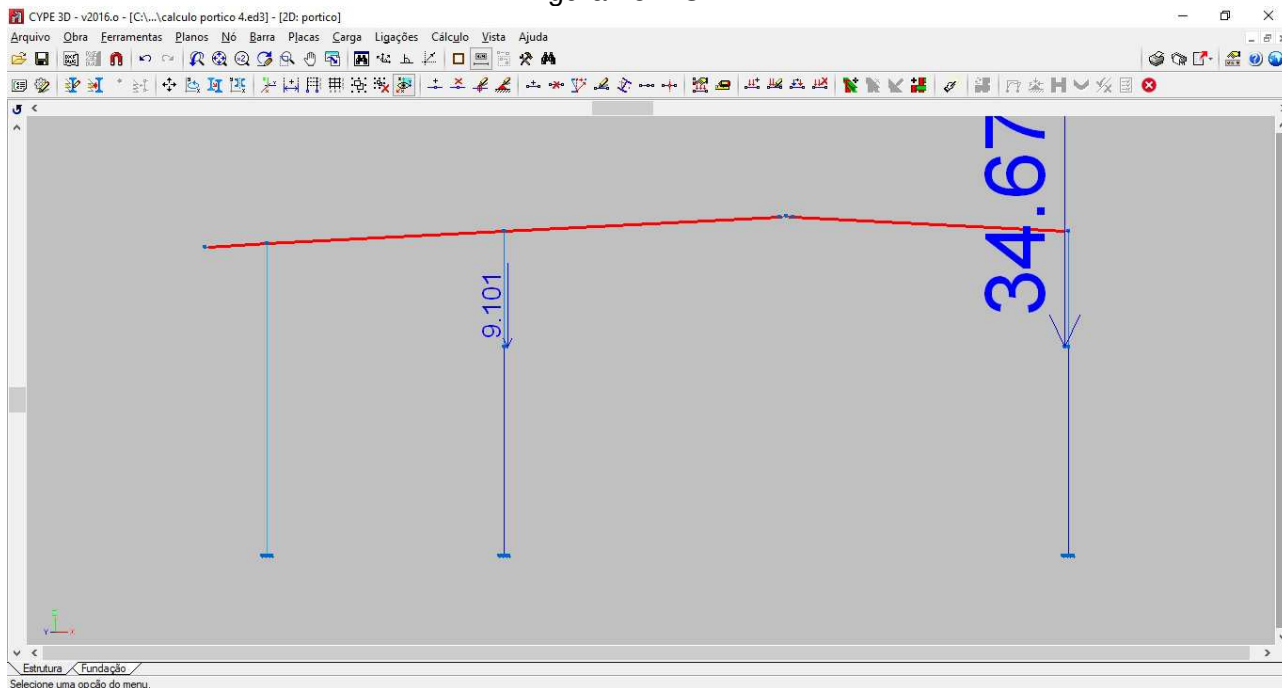
Figura 44 – CSS+



Fonte: Os autores (2018).

- 2,629 tf: no sentido direito, no ponto de apoio da viga de rolamento;
- 1,616 tf: na chegada da viga de transição no sentido direito, referente à carga da viga de rolamento sem pilar.

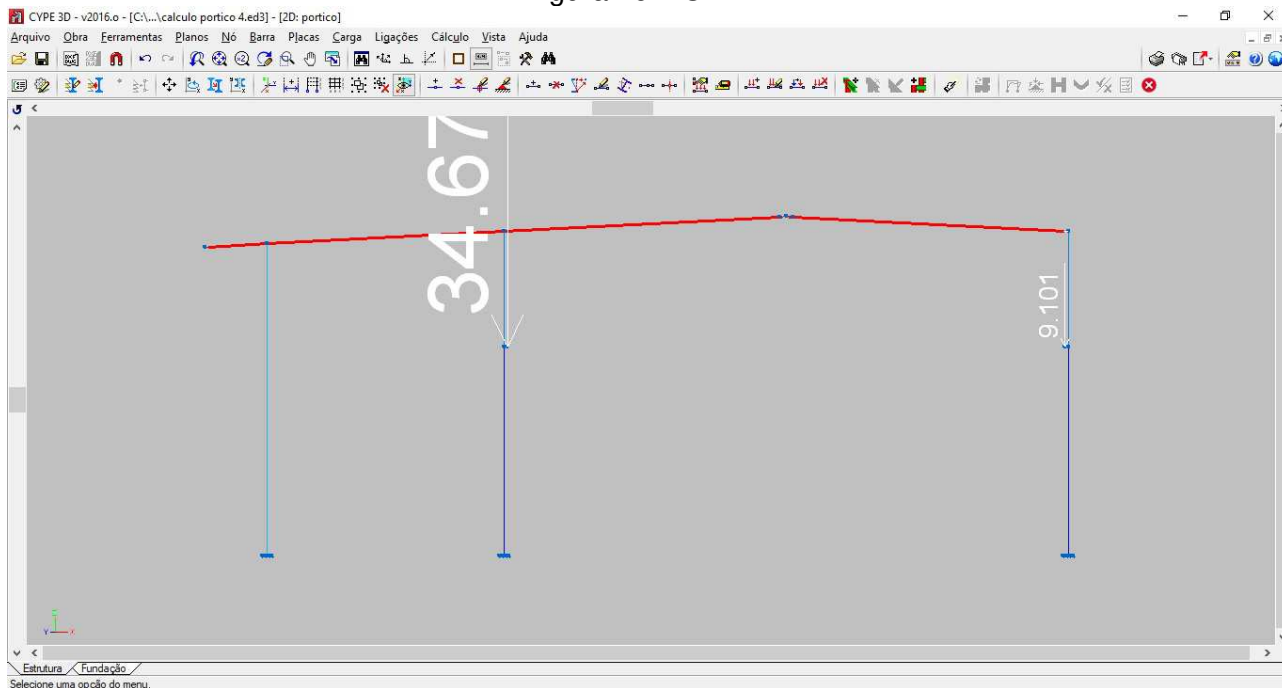
Figura 45 – CVM D



Fonte: Os autores (2018).

- 36,675 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da direita;
- 9.101 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da esquerda.

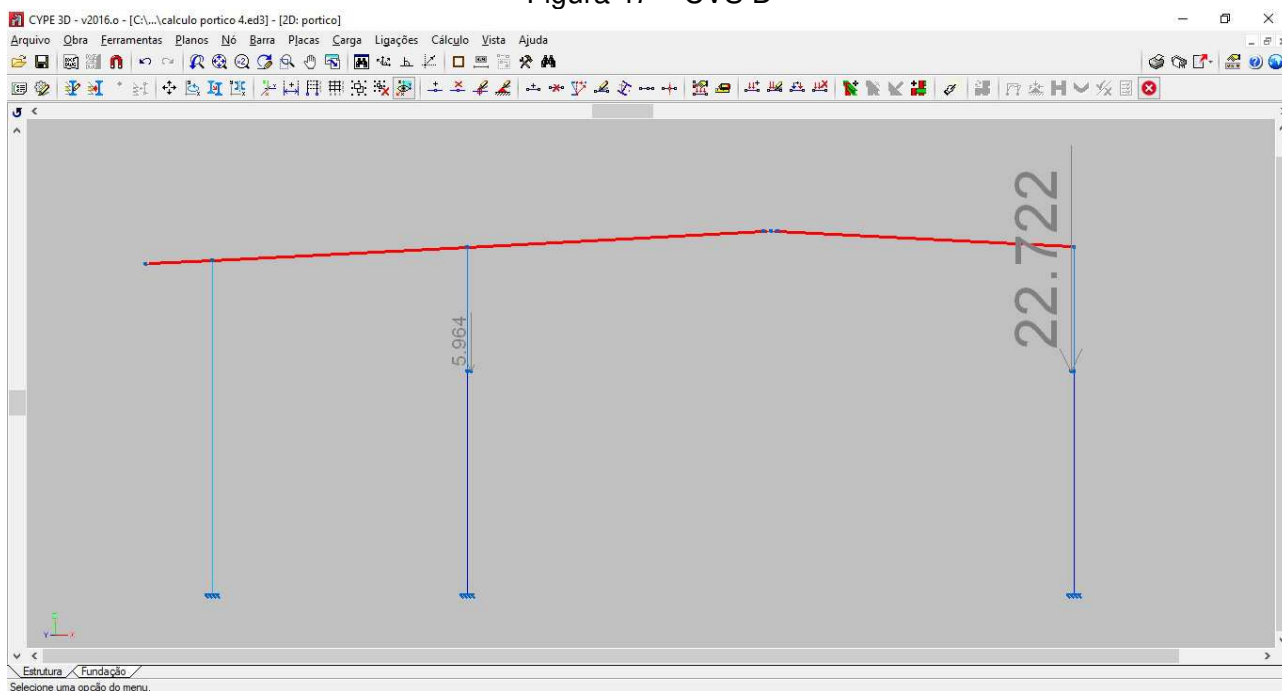
Figura 46 – CVM E



Fonte: Os autores (2018).

- 36,675 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da esquerda;
- 9.101 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da direita.

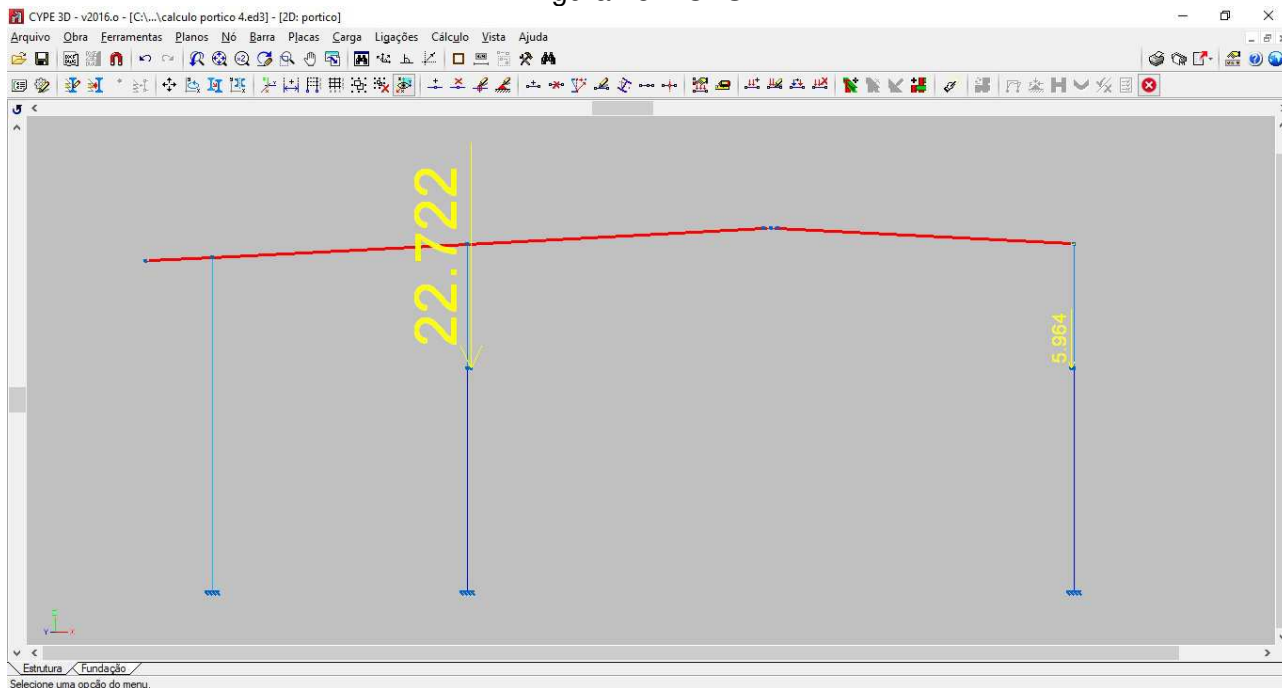
Figura 47 – CVS D



Fonte: Os autores (2018).

- 22,722 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da direita;
- 5.964 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da esquerda.

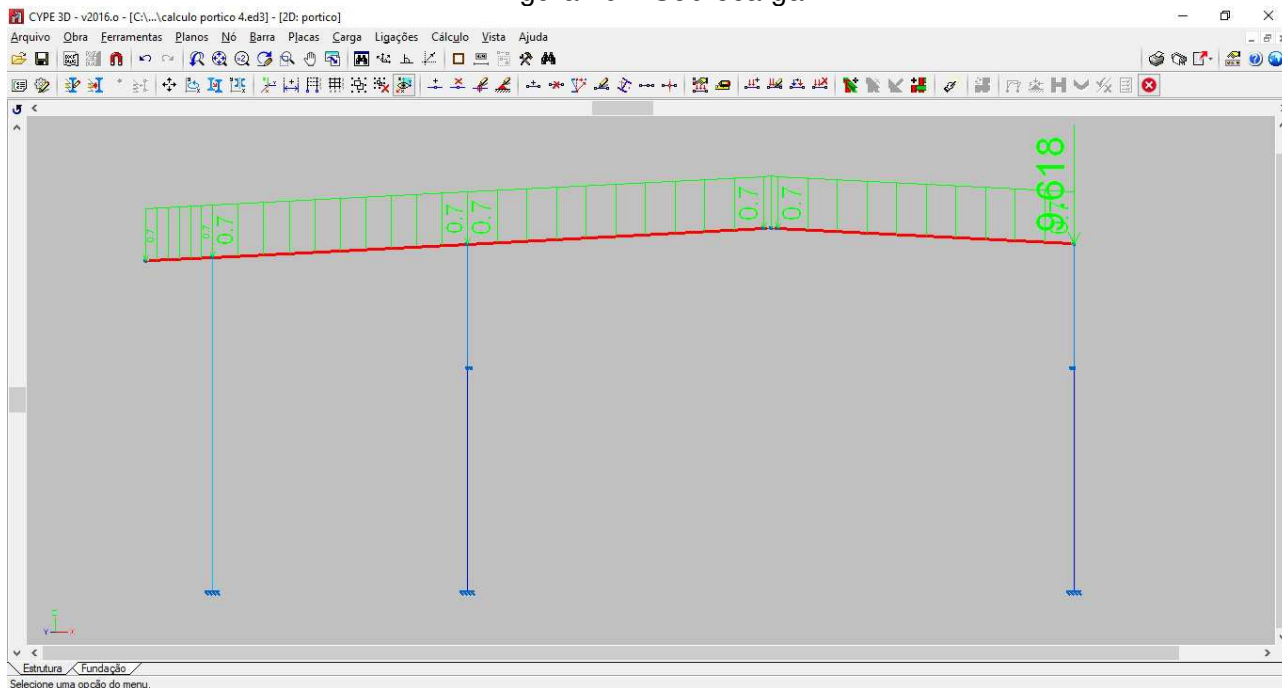
Figura 48 – CVS E



Fonte: Os autores (2018).

- 22,722 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da esquerda;
- 5.964 tf: no sentido para baixo, no apoio da viga de rolamento no pilar da direita.

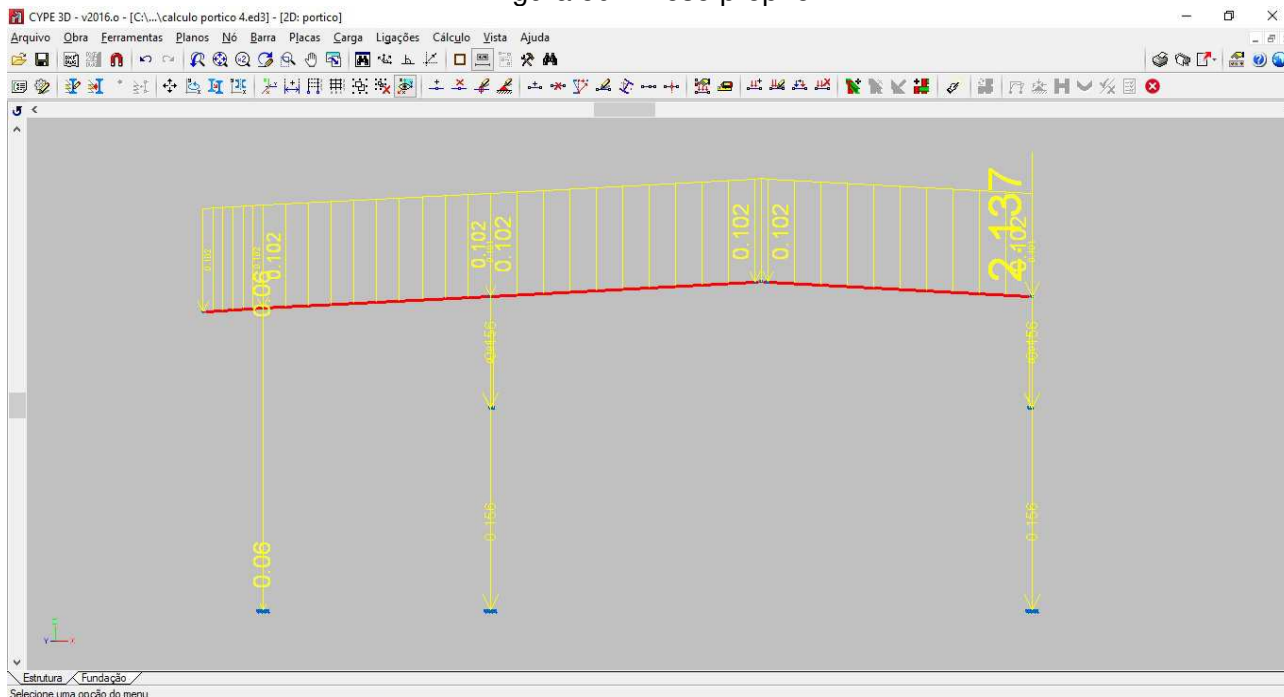
Figura 49 – Sobrecarga



Fonte: Os autores (2018).

- 0,7 tf: distribuído linearmente em toda a cobertura;
- 9,618 tf: concentrada no apoio da viga de transição do pilar da direita.

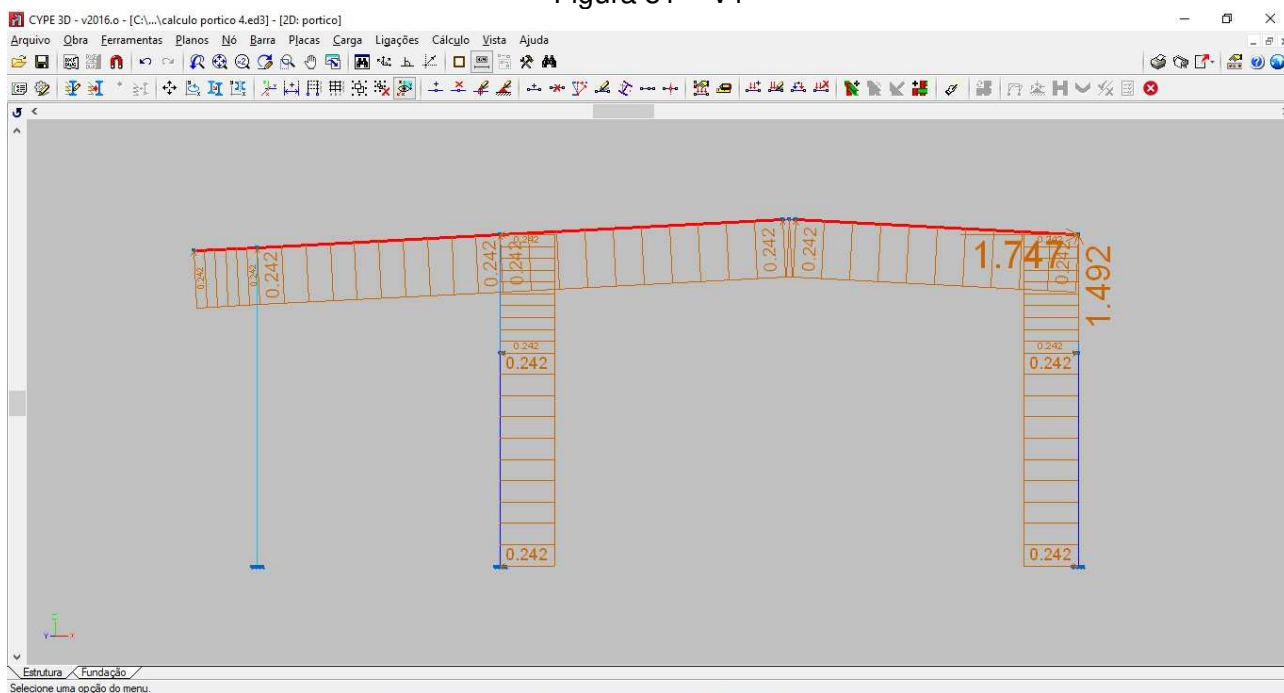
Figura 50 – Peso próprio



Fonte: Os autores (2018).

- Calculado pelo *software*.

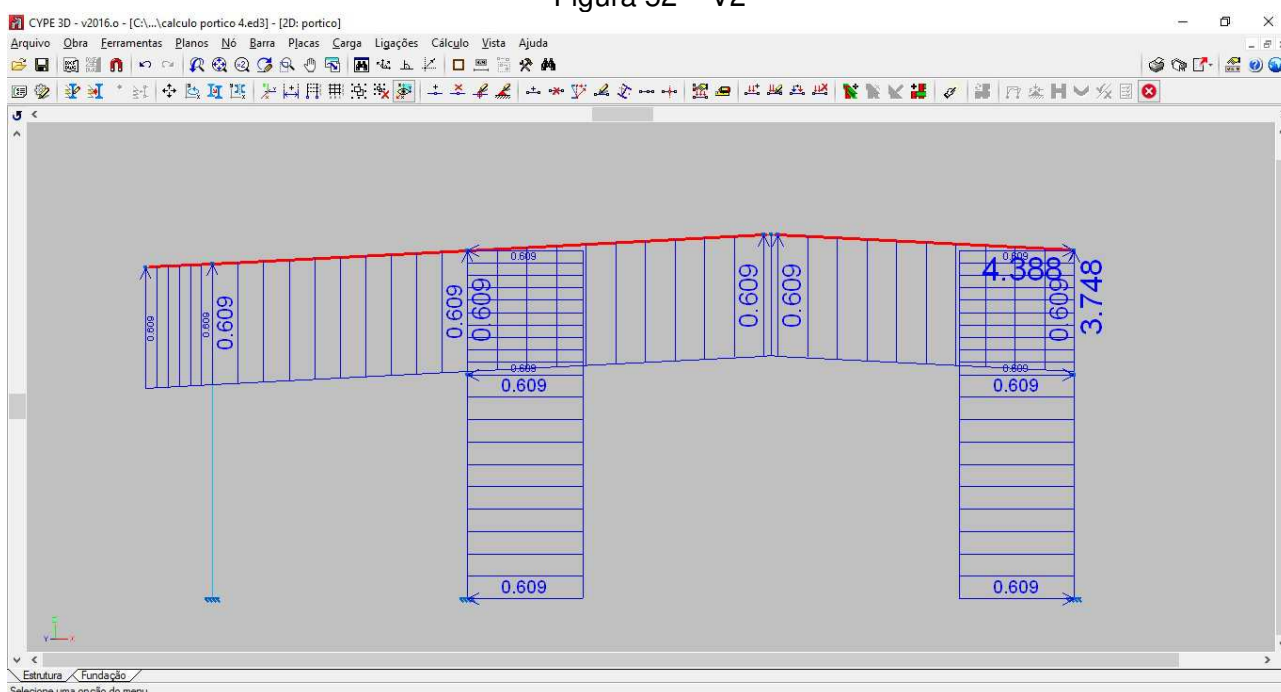
Figura 51 – V1



Fonte: Os autores (2018).

- 0,242 tf: distribuído linearmente para cima nas duas águas;
- 0,242 tf: distribuído linearmente sentido esquerdo no pilar da esquerda;
- 0,242 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 1,747 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido direito;
- 1,492 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

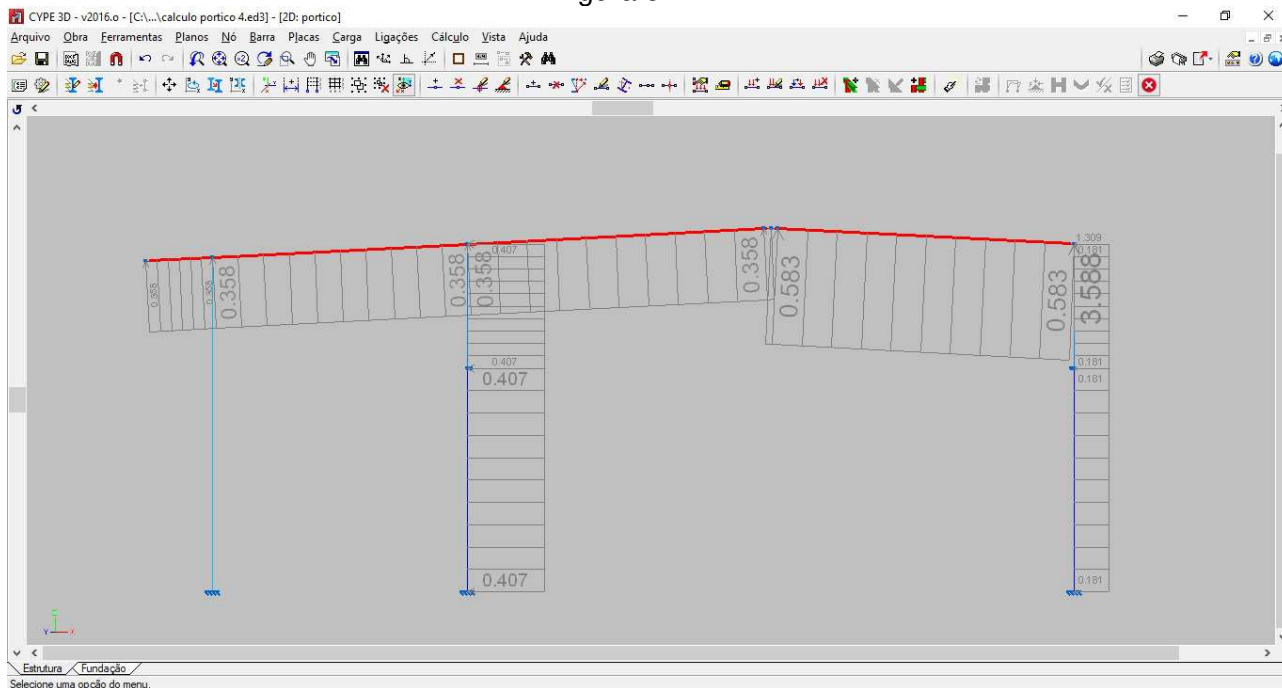
Figura 52 – V2



Fonte: Os autores (2018).

- 0,609 tf: distribuído linearmente para cima nas duas águas;
- 0,609 tf: distribuído linearmente sentido esquerdo no pilar da esquerda;
- 0,609 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 4,388 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido direito;
- 3,748 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

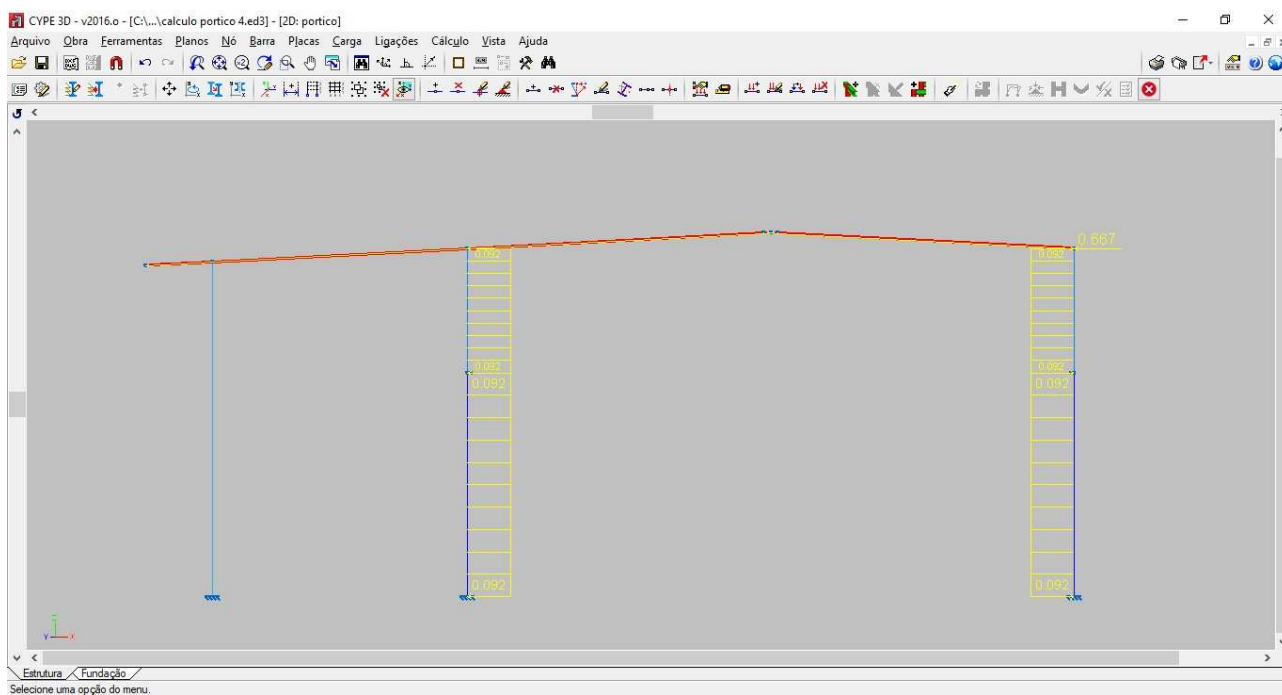
Figura 54 – V4



Fonte: Os autores (2018).

- 0,583 tf: distribuído linearmente para cima na água direita;
- 0,358 tf: distribuído linearmente para cima na água esquerda;
- 0,407 tf: distribuído linearmente sentido esquerdo no pilar da esquerda;
- 0,181 tf: distribuído linearmente sentido esquerdo no pilar da direita;
- 1,309 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido esquerdo;
- 3,588 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

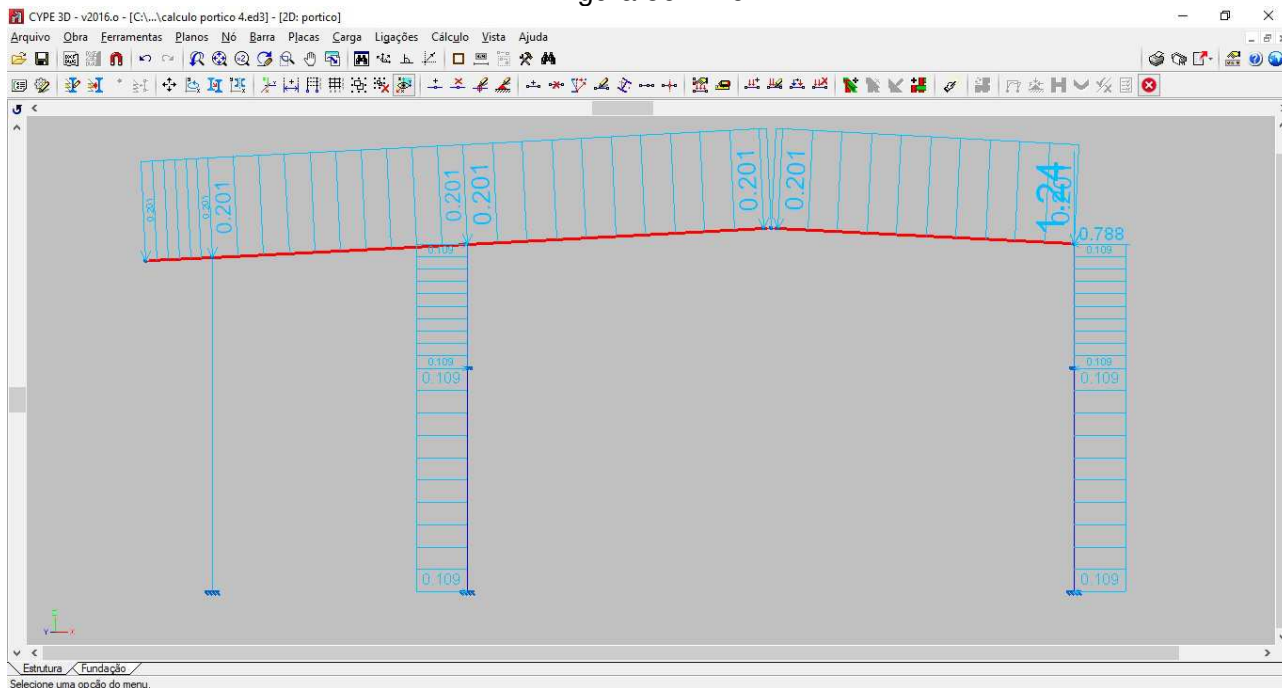
Figura 55 – V5



Fonte: Os autores (2018).

- 0,001 tf: distribuído linearmente para cima na água direita;
- 0,001 tf: distribuído linearmente para cima na água esquerda;
- 0,092 tf: distribuído linearmente sentido esquerdo no pilar da esquerda;
- 0,092 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 0,667 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido esquerdo;
- 0,003 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

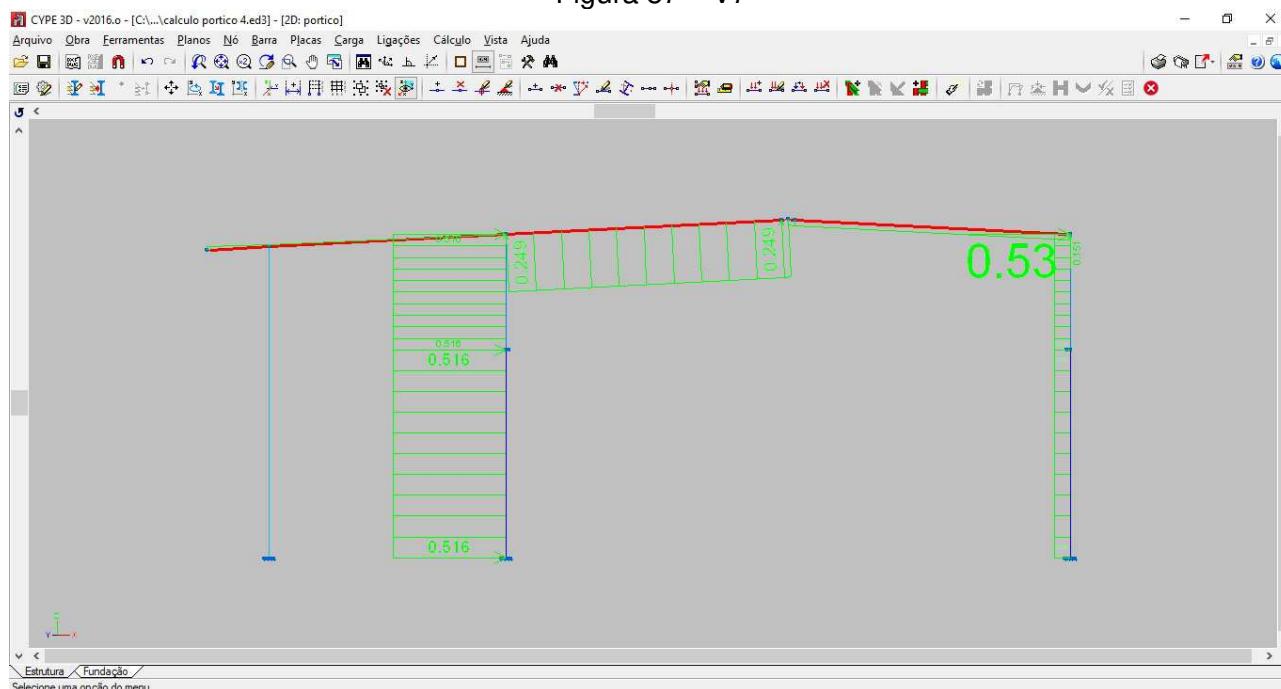
Figura 56 – V6



Fonte: Os autores (2018).

- 0,201 tf: distribuído linearmente para baixo na água direita;
- 0,201 tf: distribuído linearmente para baixo na água esquerda;
- 0,109 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da esquerda;
- 0,092 tf: distribuído linearmente sentido esquerdo no pilar da direita;
- 0,788 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido esquerdo;
- 1,24 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para baixo.

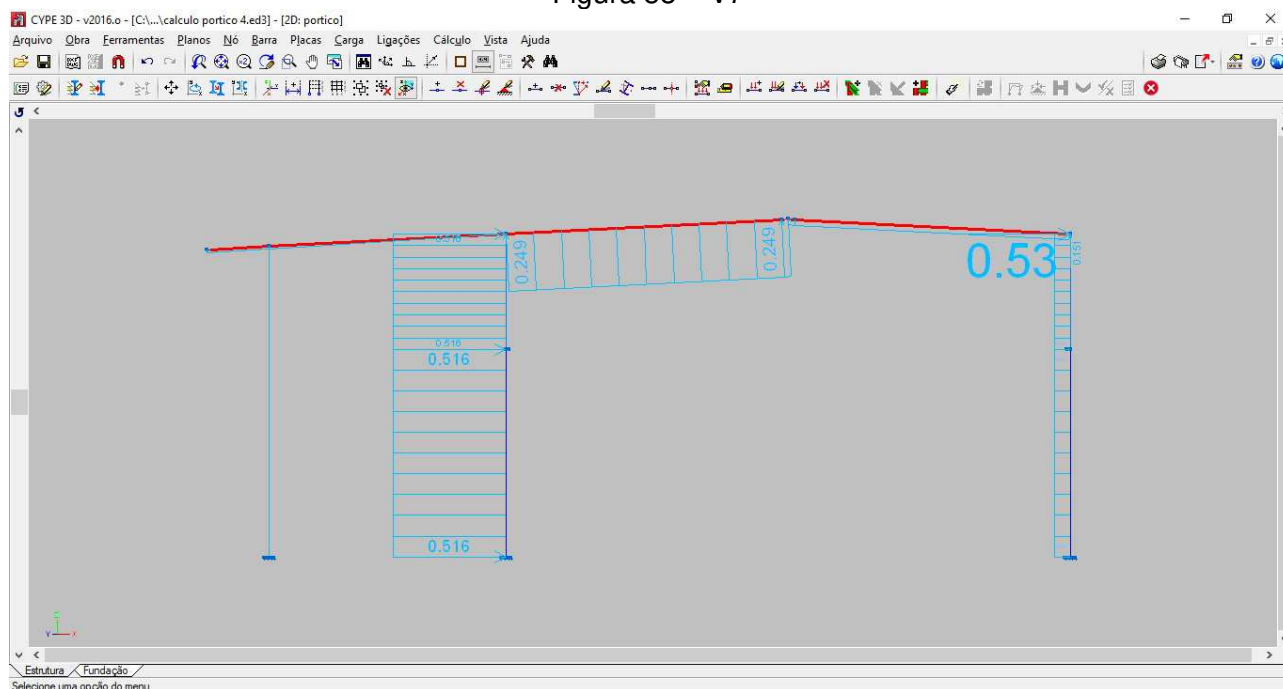
Figura 57 – V7



Fonte: Os autores (2018).

- 0,024 tf: distribuído linearmente para cima na água direita;
- 0,249 tf: distribuído linearmente para cima na água esquerda;
- De 0,14 tf a 0,03 tf: cobertura isolada para baixo;
- 0,516 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da esquerda;
- 0,073 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 0,53 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido direito;
- 0,151 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

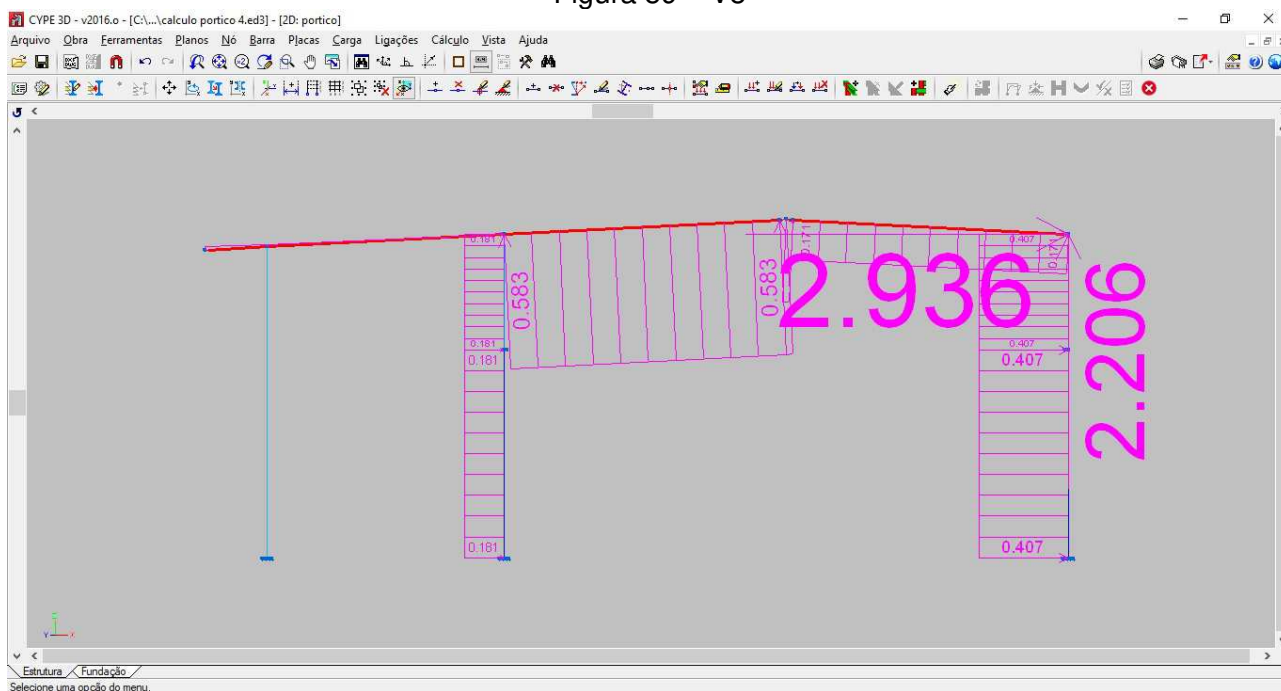
Figura 58 – V7'



Fonte: Os autores (2018).

- 0,024 tf: distribuído linearmente para cima na água direita;
- 0,249 tf: distribuído linearmente para cima na água esquerda;
- De 0,14 tf a 0,03 tf: cobertura isolada para cima;
- 0,516 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da esquerda;
- 0,073 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 0,53 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido direito;
- 0,151 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

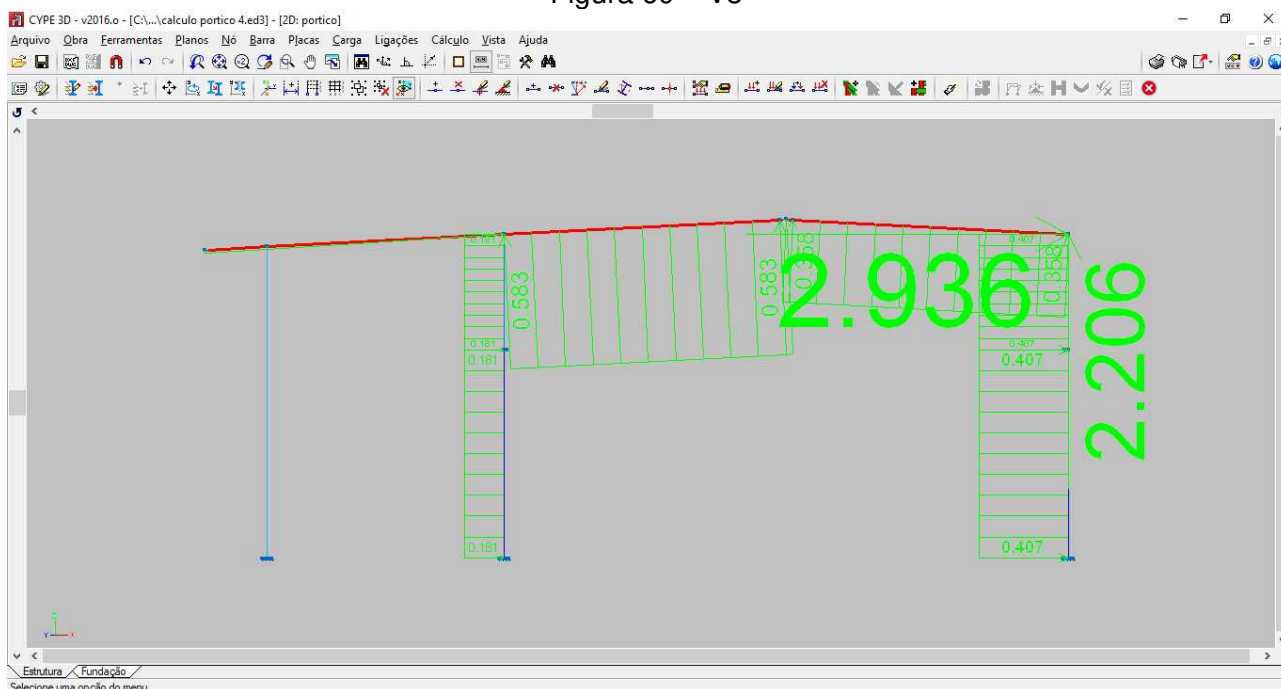
Figura 59 – V8



Fonte: Os autores (2018).

- 0,171 tf: distribuído linearmente para cima na água direita;
- 0,583 tf: distribuído linearmente para cima na água esquerda;
- De 0,14 tf a 0,03 tf: cobertura isolada para baixo;
- 0,181 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da esquerda;
- 0,407 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 2,936 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido direito;
- 2,206 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

Figura 60 – V8'



Fonte: Os autores (2018).

- 0,171 tf: distribuído linearmente para cima na água direita;
- 0,583 tf: distribuído linearmente para cima na água esquerda;
- De 0,14 tf a 0,03 tf: cobertura isolada para cima;
- 0,181 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da esquerda;
- 0,407 tf: distribuído linearmente sentido direito no pilar da direita;
- 2,936 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido direito;
- 2,206 tf: concentrada no apoio da viga de transição no sentido para cima.

6.2 COMBINAÇÕES DE AÇÕES

Para as combinações de ações, foi utilizada a tabela abaixo:

Tabela 29 – Combinações de ações

Carga	D	Lr	W	Cvs	Ci	Css	Cvm
Combinações ASD AISC 360							
1	1,0	0	0	0	0	0	0

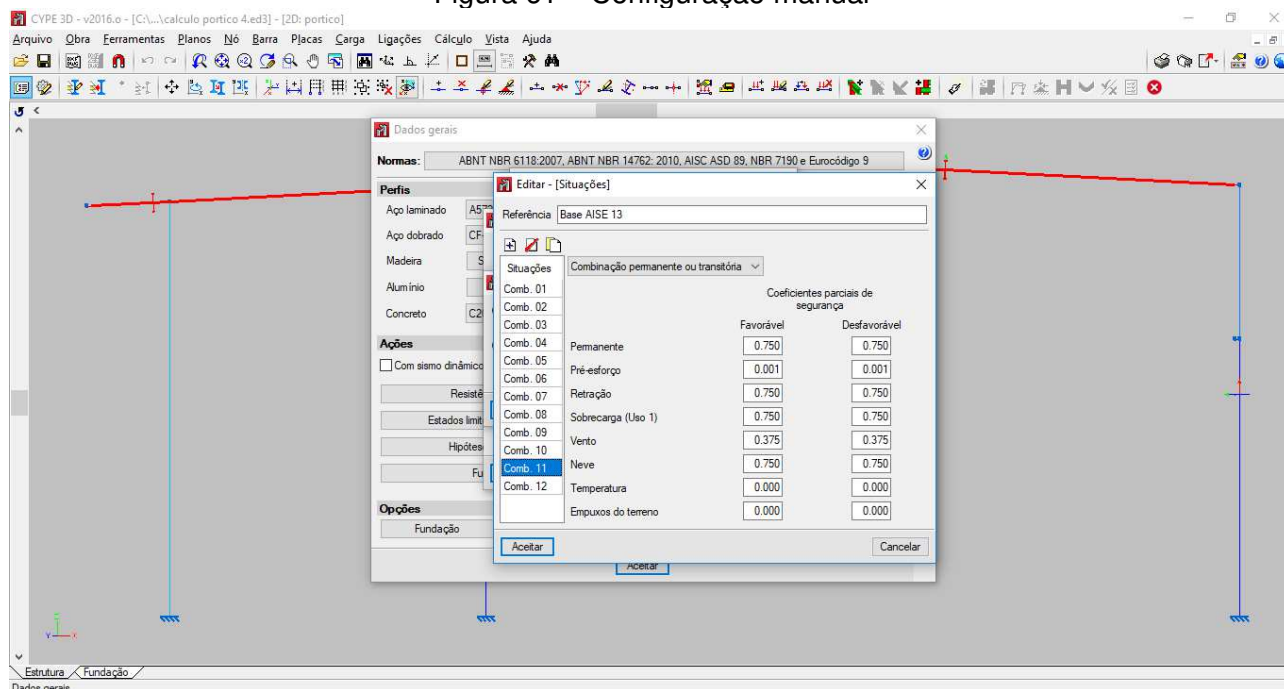
2	1,0	1,0	0	0	0	0	0
3	1,0	0,75	0	0	0	0	0
4	1,0	0	1,0	0	0	0	0
5	1,0	0,75	0,75	0	0	0	0
6	0,6	0	1,0	0	0	0	0
7	0,6	0	0	0	0	0	0
Combinações de Ponte Rolante AISE 13	D	Lr	W	Cvs	Ci	Css	Cvm
8	1,0	1,0	0	1,0	1,0	1,0	0
9	1,0	0	0	0	0	1,0	1,0
10	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0
11	0,75	0,75	(0,75*0,5)	0,75	0,75	0,75	0
12	0,75	0,75	0	0,75	0,75	0	0
Retração						Neve	Empuxo

Fonte: Os autores (2018).

Devido ao *software* não possuir campo específico para combinações de ações de ponte rolante, foi adaptado o campo de retração, neve e empuxo, como sendo cargas solicitantes de ponte rolante.

Como a definição das cargas, os coeficientes de ponderação e as combinações são configurados manualmente, não houve impedimento para esta adaptação, apenas uma questão de nomenclatura do *software*.

Figura 61 – Configuração manual



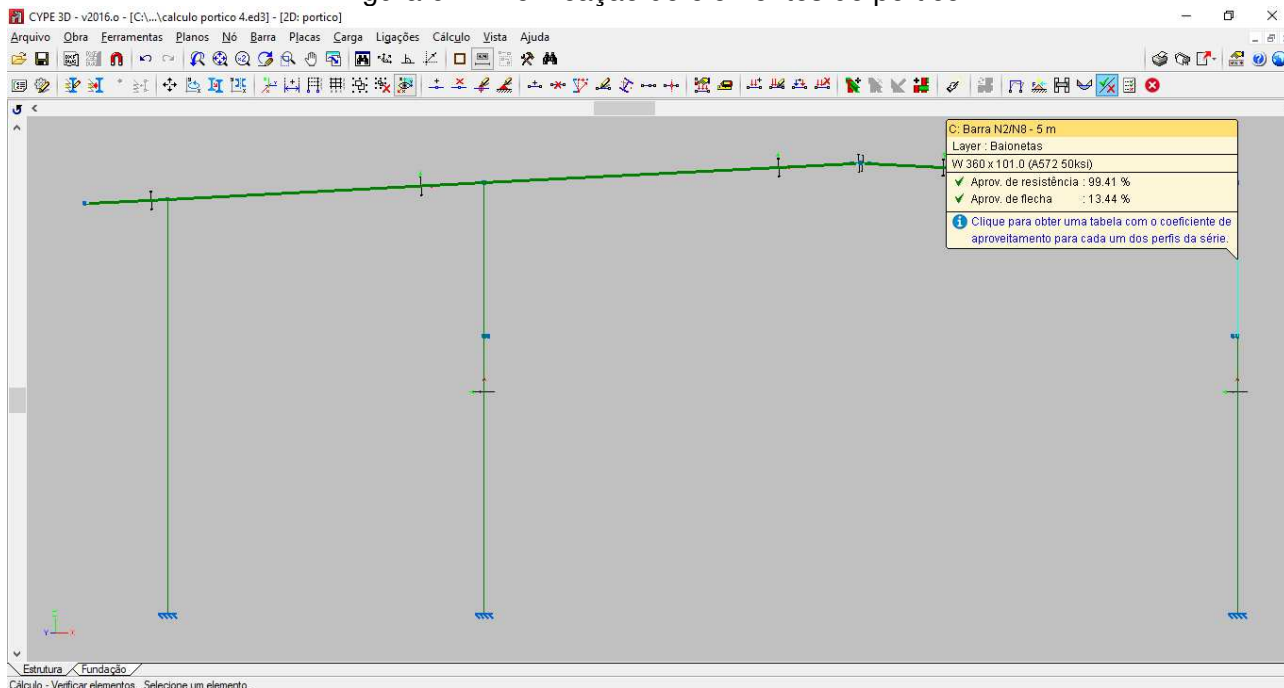
Fonte: Os autores (2018).

6.3 RESULTADOS

Após serem adotados os preceitos de cálculo exigidos pelo *software*, foi obtida a verificação dos elementos do pórtico.

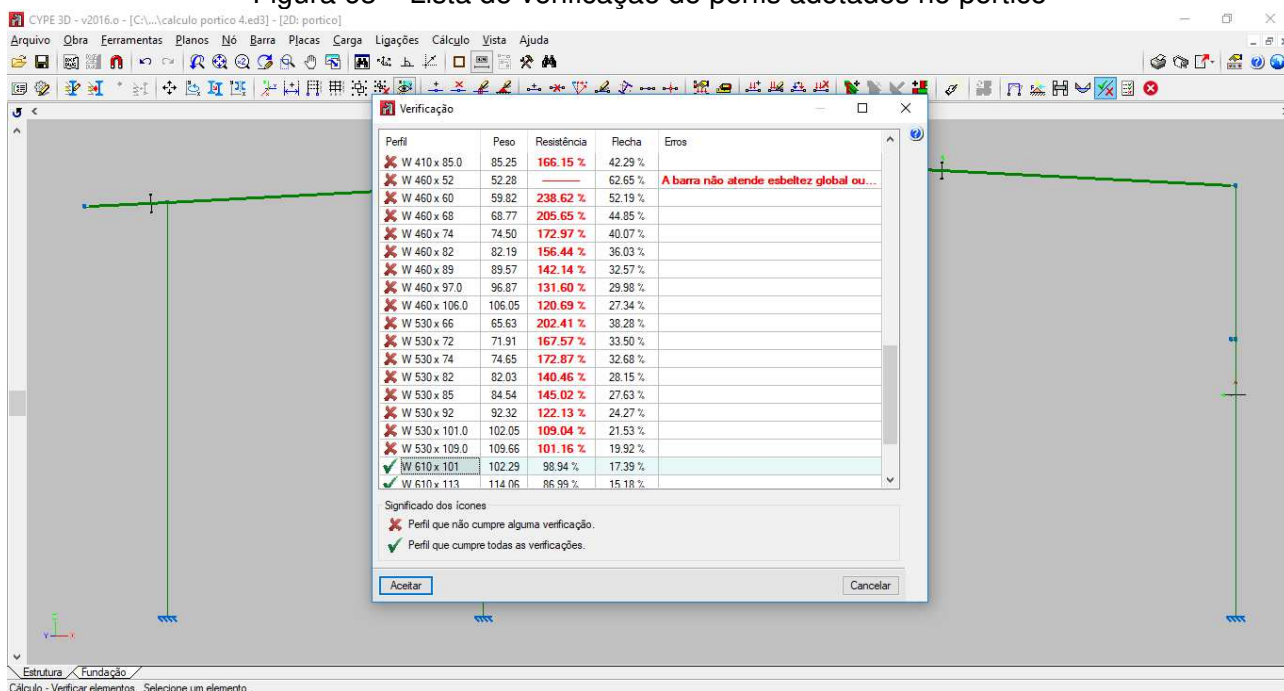
O *software* forneceu uma lista com os perfis da série correspondentes a barra selecionada, a qual indicou os que cumpriram as verificações e os que não. Com isso, foram adotados os perfis mais leves.

Figura 62 – Verificação de elementos do pórtico



Fonte: Os autores (2018).

Figura 63 – Lista de verificação de perfis adotados no pórtico

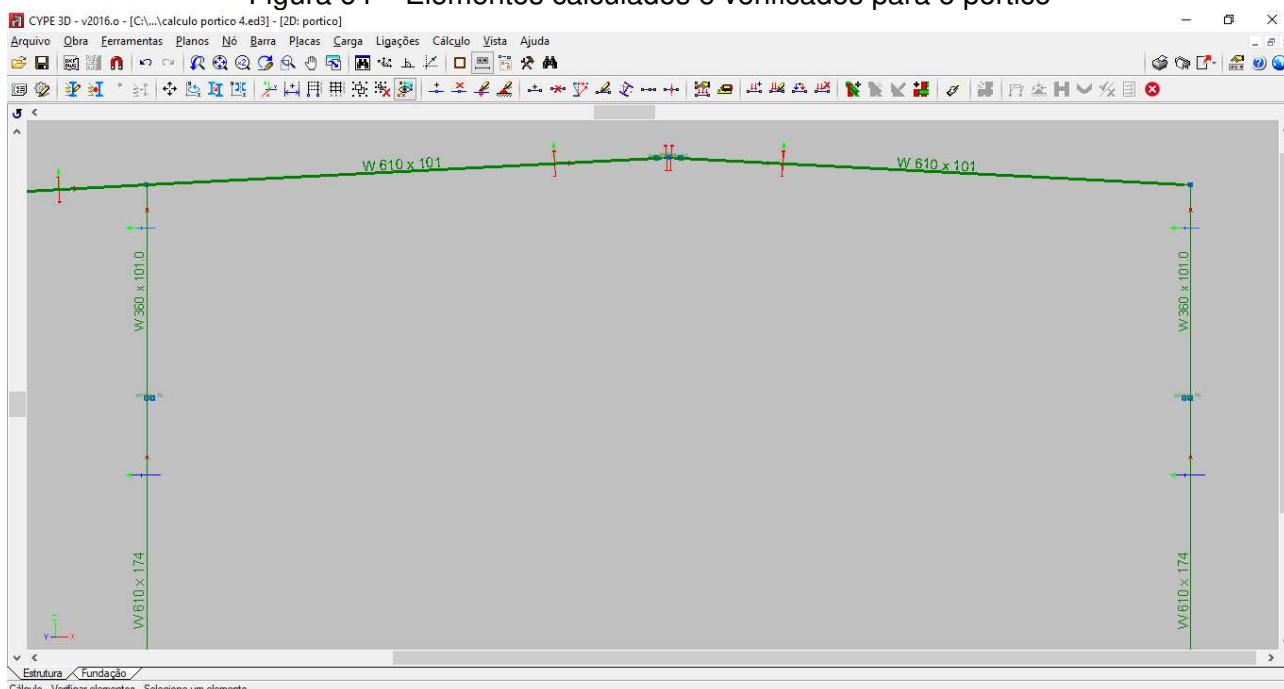


Fonte: Os autores (2018).

Com isso, chegou-se à definição dos elementos do pórtico a seguir:

- Pilares principais: W 610x174;
- Baionetas: W 360x101;
- Vigas de cobertura: W 610x101;
- Pilares secundários: W 200x52;
- Console da viga de rolamento: HP 260x75.

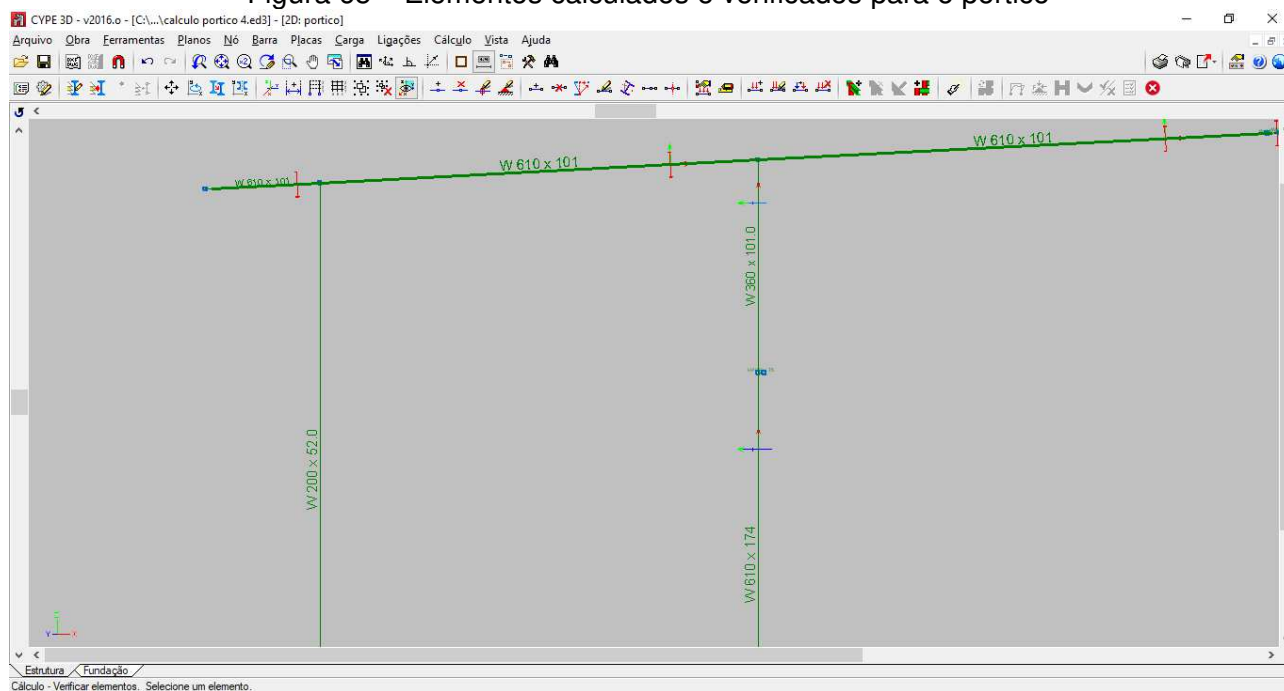
Figura 64 – Elementos calculados e verificados para o pórtico



Fonte: Os autores (2018).

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo		PROJETO FINAL DE CURSO	
			Rev.: 04	Data: 17/01/19
			Página 82 of 87	

Figura 65 – Elementos calculados e verificados para o pórtico'

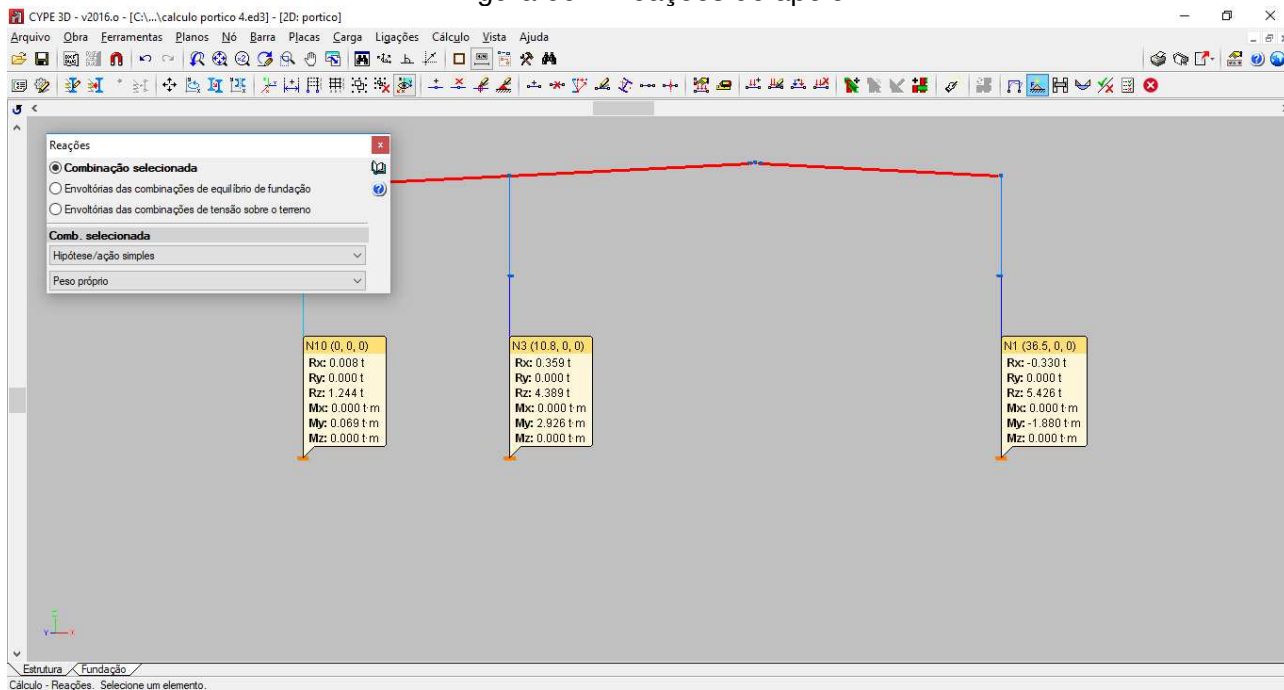


Fonte: Os autores (2018).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

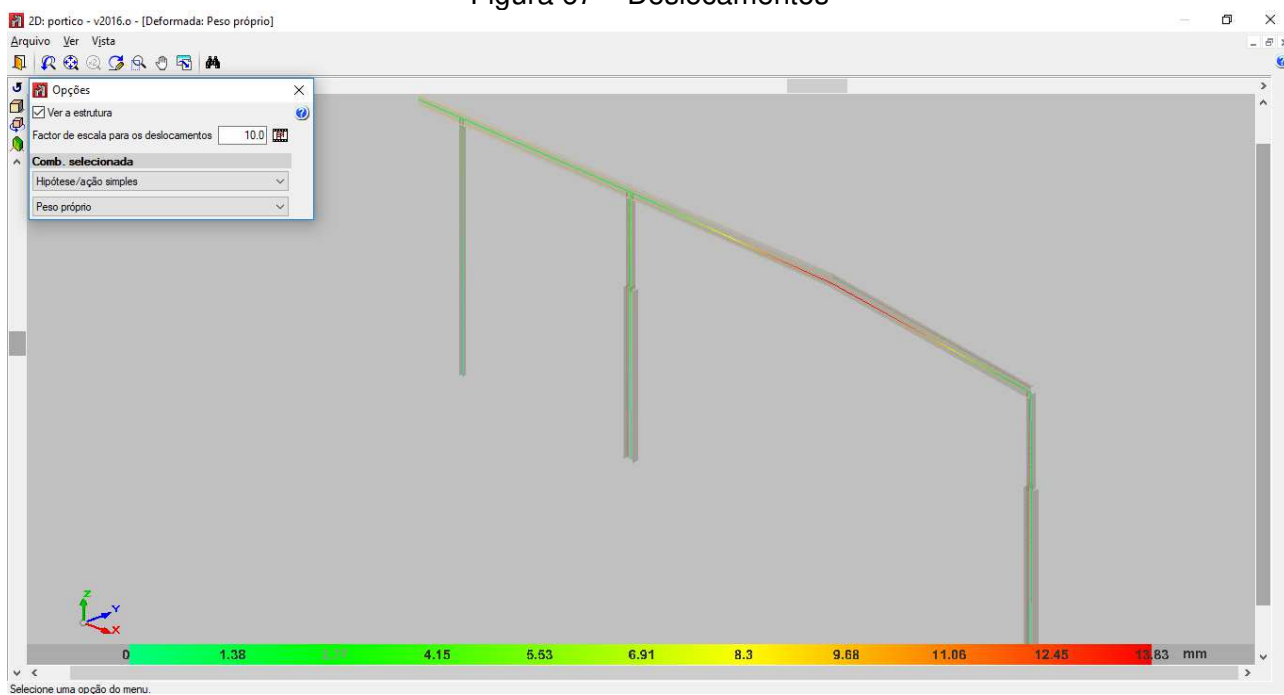
Após realizar os cálculos e verificações, chegou-se aos resultados estruturais, demonstrados nas figuras a seguir.

Figura 66 – Reações de apoio



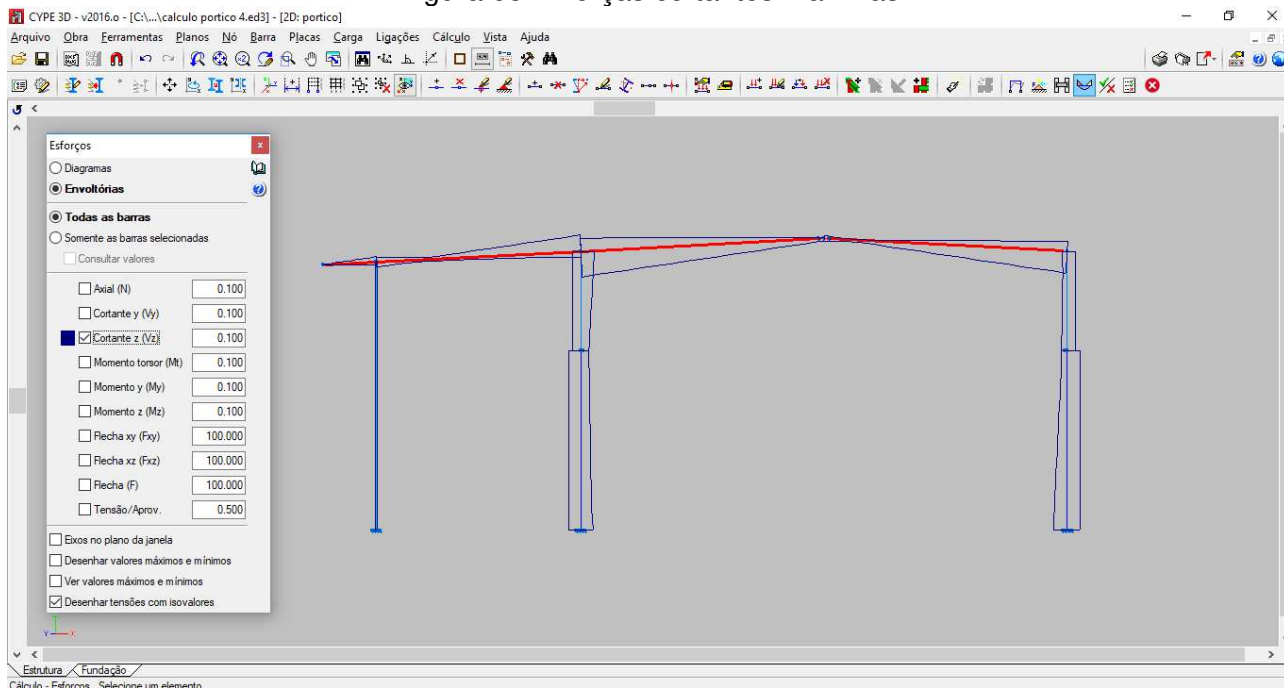
Fonte: Os autores (2018).

Figura 67 – Deslocamentos



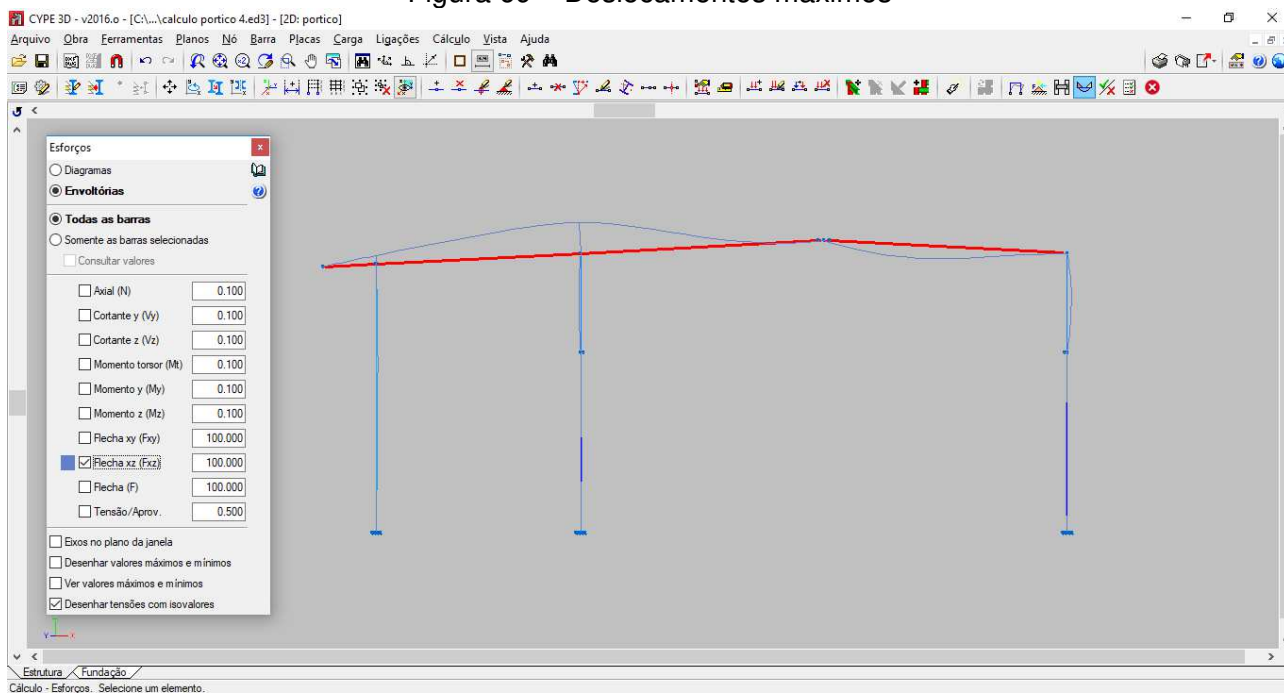
Fonte: Os autores (2018).

Figura 68 – Forças cortantes máximas



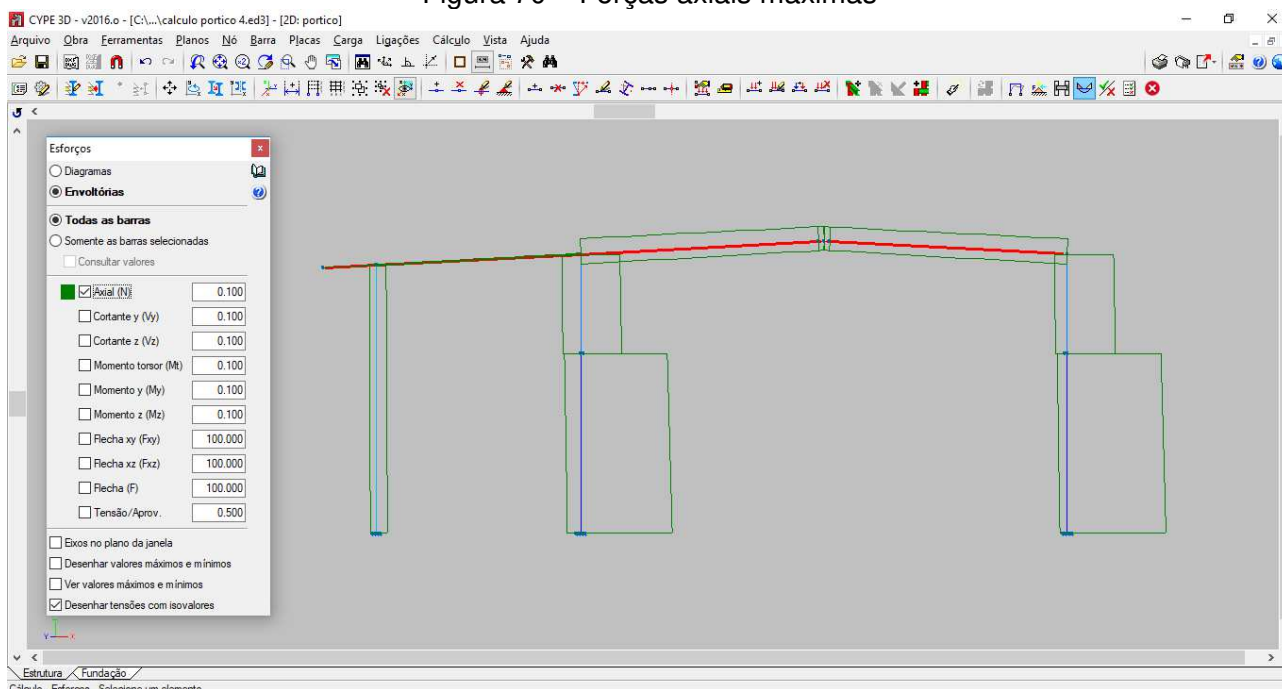
Fonte: Os autores (2018).

Figura 69 – Deslocamentos máximos



Fonte: Os autores (2018).

Figura 70 – Forças axiais máximas



Fonte: Os autores (2018).

As tabelas abaixo fornecidas pelo *software* mostram a área de superfície dos elementos, tipos de perfis e peso.

Tabela 30 – Área de superfície para proteção anticorrosiva de um pórtico
Aço laminado: quantitativos das superfícies a pintar

Série	Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Formas (m²)
I	W 610 x 174	2.504	18.000	45.072
	W 610 x 101	2.097	39.374	82.568
HP	HP 260 x 75	1.534	0.300	0.460
H	W 200 x 52.0	1.212	13.460	16.316
	W 360 x 101.0	1.713	10.000	17.130
Total				161.546

Fonte: Os autores (2018).

Portando, chegou-se à estrutura do pórtico do edifício industrial com os seguintes de materiais.

Tabela 31 – Tabela de perfis

Material		Série	Perfil	Comprimento			Volume			Peso		
Tipo	Designação			Perfil (m)	Série (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Série (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Série (kg)	Material (kg)
Aço laminado	A572 50ksi	I	W 610 x 174	18.000			0.401			3148.16		
			W 610 x 101	39.374			0.513			4027.40		
					57.374			0.914			7175.57	
		HP	HP 260 x 75	0.300			0.003			22.49		
					0.300			0.003			22.49	
			W 200 x 52.0	13.460			0.090			706.87		
			W 360 x 101.0	10.000			0.130			1016.58		
		H			23.460			0.220			1723.45	
						81.134			1.136			8921.50

Fonte: Os autores (2018).

Considerando que a estrutura é composta por 23 pórticos, tem-se um edifício de aproximadamente 205.194,5 Kg, sem incluir os pesos próprios de terças, elementos de vedação e viga de rolamento.

Com os dados obtidos, é possível identificar os prós e contras da escolha estrutural.

Prós:

- Menor quantidade de vazios nas peças, aumentando a eficiência no jateamento e pintura;
- Facilidade de fabricação por simplificar o gabarito de montagem e diminuir a quantidade de elementos distintos;
- Diminuição da quantidade de solda devido à utilização de menos componentes estruturais;
- Facilidade na logística interna de fábrica pela menor quantidade de perfis diferentes;
- Melhor aproveitamento da relação entre o volume máximo de uma carreta, e o seu peso limite (mais peso por carreta);
- Menor volume de estoque em obra;

	ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS TURMA 2016/2018-4 Memorial de Cálculo	PROJETO FINAL DE CURSO	
		Rev.: 04	Data: 17/01/19
		Página 87 of 87	

- Facilidade no detalhamento estrutural;
- Melhor aproveitamento de altura livre.

Contras:

- Necessidade de utilização de perfis mais pesados, elevando o valor total da obra;
- É possível fazer a substituição das vigas de cobertura por perfis soldados, os quais possuem maior liberdade de forma, permitindo a diminuição de peso por metro linear;
- Por se tratarem de perfis com maior massa, a mobilidade é prejudicada na fase de fabricação.