



Memorial descritivo CBCA 2025

Estrutura metálicas de um ginásio poliesportivo

06 de outubro de 2025

Sumário

1	Índice de Ilustrações.....	4
1.1	Figuras	4
1.2	Lista de tabelas.....	6
1	Considerações iniciais.....	7
1.1	Introdução	7
1.2	Premissa.....	7
1.3	Softwares e Fluxo de trabalho	8
2	Normativa utilizada.....	8
3	Materiais:.....	9
3.1	Tipos de aço:.....	9
3.1.1	Parâmetros gerais.....	9
3.1.2	Aço A36:	10
3.1.3	Aço A500:	10
3.1.4	Aço para parafuso ASTM A307:.....	11
3.1.5	Aço para parafuso ASTM A325:.....	11
3.2	Concreto:.....	12
3.3	Componentes:	12
3.3.1	Parafusos:	12
3.3.2	Telhas:	14
3.4	Perfis estruturais:	15
3.4.1	Terças:	15
3.4.2	Treliça principal:	16
3.4.3	Treliça secundária:.....	16
3.4.4	Treliça pilar tei interna pilar:	17
3.4.5	Treliça pilar corda superior e inferior:.....	17
3.4.6	Contraventamento:	18
3.4.7	Contraventamento:	18
4	Métodos.....	18
5	Tipologia estrutural	19
5.1	Perfis utilizados tipologias:.....	25
6	Modelo de cálculo:	25
6.1	Combinações.....	25
6.2	Cargas:	27

6.3	Permanentes:.....	27
6.3.1	Cobertura:.....	27
6.3.2	Painéis fotovoltaicos:.....	27
6.4	Acidental:.....	27
6.4.1	Sobrecarga de utilidades:.....	27
6.4.2	Sobrecarga acidental:.....	27
6.4.3	Sobrecarga pontual:.....	28
6.5	Vento:	28
6.5.1	Dados gerais Vento.....	28
6.5.2	Disposição vento:	31
6.5.3	Vento a 0º coeficiente de forma:	32
6.5.4	Vento a 90º coeficiente de forma:	32
6.6	Primeira ordem:	33
6.7	Componentes de cargas:	33
6.8	Segunda ordem:	35
7	Análise dos dados:.....	37
7.1	Carga solicitante:	37
7.1.1	Primeira ordem:.....	37
7.2	Tabelas de cargas primeira ordem	42
7.2.1	Tabela de carga segunda ordem:	43
8	Dimensionamento das barras	44
8.1	Verificações das barras	44
8.1.1	Índice de Esbeltez limite	45
8.1.2	Força Axial	45
8.1.3	Momento fletor.....	45
8.1.4	Força Cortante	46
8.1.5	Flecha limite	46
9	Dimensionamento das ligações	46
9.1	Metodologia	46
9.2	Verificações através da NBR 8800:2024.....	47
9.2.1	Ligação-2 (placa de base).....	47
9.2.2	Ligação-3 (nó Treliça)	47
9.3	Ligações IDEA Stática.....	48
9.3.1	MEF Ligações	48
9.4	Verificações ligações através do IDEA Estática.....	61
9.4.1	Verificações ligações submetidas a tração	61
9.4.2	Ligações submetida a compressão.....	61

10	Quantitativo de solda.....	63
10.1	Descrição soldas	63
10.2	Quantitativo da solda na Cobertura.....	63
10.2.1	Total de solda utilizada por ligação cobertura	63
10.2.2	Total de solda utilizada na cobertura.....	63
10.3	Quantitativo da solda Global	64
10.3.1	Total de solda utilizada por ligações global	64
10.3.2	Total global solda.....	64
11	Resistencia ao incêndio	65
12	Peso estrutura	66
12.1	Peso da estrutura cobertura	66
12.1.1	Barras Cobertura	66
12.1.2	Ligações Cobertura	66
12.1.3	Parafuso Cobertura.....	66
12.1.4	Resultado cobertura.....	67
12.2	Peso da estrutura global	67
12.2.1	Barras global	67
12.2.2	Ligações global	68
12.2.3	Parafuso global.....	68
12.2.4	Resultado global.....	69
13	Conclusão:.....	69

1 Índice de Ilustrações

1.1 Figuras

Figura 1 – Diagrama de fluxo de trabalho.....	8
Figura 2 - Propriedades mecânicas gerais	9
Figura 3 - Parafuso ASTM A325/A490	12
Figura 4 – Telha	14
Figura 5 – Perfil telha.....	14
Figura 6 - Terça.....	15
Figura 7 - Viga	16
Figura 8 - Viga	16
Figura 9 - Viga	17
Figura 10 - Pilar	17
Figura 11 - Contraventamento.....	18
Figura 12 - Contraventamento.....	18
Figura 13 – Pilar 3D.....	19
Figura 14 – Corte lateral Pilar	20
Figura 15 – Treliça principal 3D.....	21

Figura 16 – Corte treliça principal	21
Figura 17 – Treliça Secundária 3D	22
Figura 18 – Corte treliça Secundária	22
Figura 19 – Contraventamento 3D	23
Figura 20 – Vista superior contraventamento	23
Figura 21 – Terças e corrente 3D	24
Figura 22 – Vista superior das terças e corrente rígida	24
Figura 23 – Carca cobertura	27
Figura 24 – Carga painéis fotovoltaicos	27
Figura 25 – Sobrecarga de utilidades	27
Figura 26 – Sobrecarga acidental	28
Figura 27 – Sobrecarga pontual	28
Figura 28 – Valores adotados através do edital-1	28
Figura 29 – Valores adotados através do edital-2	29
Figura 30 – Valores adotados através do edital-3	29
Figura 31 – Coeficiente S1 e S2	30
Figura 32 – Coeficiente S3	31
Figura 33 – Disposição incidência do vento	31
Figura 34 – Modelo Primeira Ordem Carregamentos	34
Figura 35 – Modelo Segunda Ordem Carregamentos nt	35
Figura 36 – Modelo Segunda Ordem Carregamentos lt	36
Figura 37 – Forças axiais de primeira ordem	37
Figura 38 – Forças cortantes de primeira ordem	38
Figura 39 – Forças momento fletor de primeira ordem	39
Figura 40 – Deslocamentos em Y de primeira ordem	40
Figura 41 – Deslocamentos em X de primeira ordem	41
Figura 42 – Ligação-1 Deformação	49
Figura 43 – Ligação-1 Tensões submetidas	49
Figura 44 – Ligação-2 tipologia	50
Figura 45 – Ligação-2 Deformação	50
Figura 46 – Ligação-2 Tensões submetidas	51
Figura 47 – Ligação-3 tipologia	51
Figura 48 – Ligação-3 Deformação	52
Figura 49 – Ligação-3 Tensões submetidas	52
Figura 50 – Ligação-4 tipologia	53
Figura 51 – Ligação-4 Deformação (Compressão)	53
Figura 52 – Ligação-4 Tensões submetidas (Compressão)	54
Figura 53 – Ligação-4 Deformação (Tração)	54
Figura 54 – Ligação-4 Tensões submetidas (Compressão)	55
Figura 55 – Ligação-5 tipologia	55
Figura 56 – Ligação-5 Deformação	56
Figura 57 – Ligação-5 Tensões submetidas	56
Figura 58 – Ligação-1 tipologia	57
Figura 59 – Ligação-6 Deformação (Compressão)	58
Figura 60 – Ligação-7 Tensões submetidas (Compressão)	58
Figura 61 – Ligação-6 Deformação (Tração)	59
Figura 62 – Ligação-6 Tensões submetidas (Tração)	59
Figura 63 – Ligação-7 tipologia	60
Figura 64 – Ligação-7 Deformação	60
Figura 65 – Ligação-7 Tensões submetidas	61
Figura 66 – QR Code modelo 3D	69

1.2 Lista de tabelas

Tabela 1 - Aços A36	10
Tabela 2 - Aços A500	10
Tabela 3 – Característica Aço A325	11
Tabela 4 – Característica Aço A325	11
Tabela 5 - Parafuso ASTM A325/A490.....	13
Tabela 6 – Parafuso ASTM 307B	13
Tabela 7 - Especificações.....	14
Tabela 8 – Sobrecargas admissíveis.....	15
Tabela 9 – Tabela de peris estruturais	25
Tabela 10 -Valores dos coeficientes de ponderação	26
Tabela 11 – Valores dos fatores de combinações	26
Tabela 12 – Tabela coeficiente S3	30
Tabela 13 – Tabela coeficiente Ce frontal 0°	32
Tabela 14 – Tabela coeficiente Ce telhado 0°	32
Tabela 15 - Tabela coeficiente Ce frontal 90°	32
Tabela 16 - Tabela coeficiente Ce frontal 90°	33
Tabela 17 – Tabela de esforços primeira ordem	42
Tabela 18 – Tabela de esforços segunda ordem	43
Tabela 19 – Índice de esbeltez limite barras	45
Tabela 20 – Força Axial barras	45
Tabela 21 – Momento fletor barras	45
Tabela 22 – Cortante barras	46
Tabela 23 – Flecha limite barras	46
Tabela 24 – Verificação Ligação-2 (NBR8800:2024)	47
Tabela 25 – Verificação tração no parafuso (NBR8800:2024)	47
Tabela 26 – Verificação cisalhamento no parafuso (NBR8800:2024)	47
Tabela 27 – Verificação esmagamento na chapa e viga (NBR8800:2024)	47
Tabela 28 – Verificação cisalhamento na chapa e viga (NBR8800:2024)	47
Tabela 29 – Verificação colapso por rasgamento (NBR8800:2024)	48
Tabela 30 – Verificação solda (NBR8800:2024)	48
Tabela 31 – Ligação-1 tipologia	48
Tabela 32 – Verificações ligações submetidas a tração (IDEA Statica)	61
Tabela 33 – Verificações ligações submetidas a compressão (IDEA Statica)	62
Tabela 34 – Descrição solda.....	63
Tabela 35 – Quantidade total de solda por tipo de ligação Cobertura.....	63
Tabela 36 – Total de solda Cobertura	63
Tabela 37 - Quantidade total de solda por tipo de ligação global	64
Tabela 38 - Total de solda global	64
Tabela 39 – Tabela de TRRF	65
Tabela 40 – Espessura mínima película de tinta intumescente	65
Tabela 41 – Peso das Barras Cobertura.....	66
Tabela 42 – Peso ligações Cobertura	66
Tabela 43 – Peso dos parafusos Cobertura.....	66
Tabela 44 - Peso das Barras global	67
Tabela 45 – Peso das ligações global.....	68
Tabela 46 – Peso do parafuso global.....	68

1 Considerações iniciais

1.1 Introdução

O presente memorial descritivo refere-se ao projeto desenvolvido para o 7º Concurso CBCA para Estudantes de Engenharia – 2025, promovido pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA). O documento abrange o desenvolvimento do dimensionamento estrutural do ginásio poliesportivo em aço, bem como o resumo dos cálculos e verificações realizadas ao longo do processo projetual.

O trabalho foi conduzido em conformidade com as premissas e recomendações estabelecidas pelo edital do concurso (7_CONCURSO_CBCA_PARA_ESTUDANTES_DE_ENGENHARIA_2025), incluindo a consideração dos carregamentos atuantes, ações de vento e demais parâmetros exigidos para a concepção e análise da estrutura.

O objetivo deste memorial é apresentar de forma clara e organizada os critérios técnicos adotados, as etapas de dimensionamento e as justificativas de projeto, assegurando a conformidade com as normas da ABNT e os requisitos propostos pela organização do concurso.

1.2 Premissa

As premissas adotadas para o dimensionamento estrutural do ginásio poliesportivo em estrutura metálica foram definidas com base nas diretrizes do 7º Concurso CBCA para Estudantes de Engenharia 2025, nas normas da ABNT aplicáveis e nas condições específicas de implantação da edificação. O ginásio possui dimensões em planta de 40,00 m de comprimento por 25,00 m de largura, com módulos estruturais espaçados a cada 5,00 m e pé-direito livre de 7,50 m. A cobertura é composta por telhas tipo sanduíche, garantindo conforto térmico e estanqueidade, apoiadas em treliças metálicas principais dispostas transversalmente ao vão maior.

A estrutura foi dimensionada considerando os carregamentos permanentes provenientes do peso próprio dos elementos estruturais, telhas, forros e demais componentes fixos, bem como as ações variáveis correspondentes à sobrecarga de manutenção e ações do vento, conforme as prescrições da ABNT NBR 6123:2023 Forças devidas ao vento em edificações.

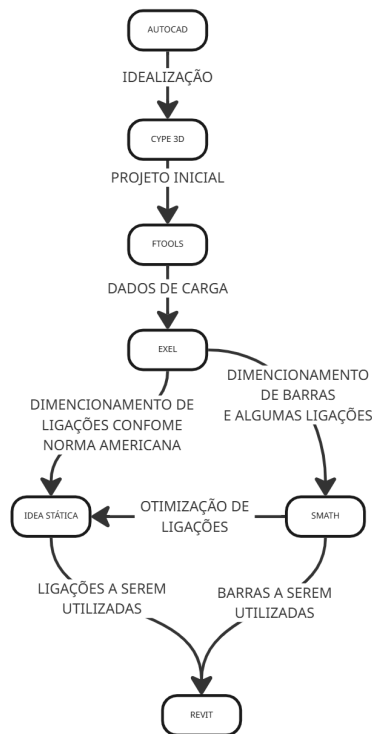
O projeto considera a localização em Guarulhos, SP, cujas condições de vento, altitude e características geográficas foram utilizadas na determinação das pressões dinâmicas atuantes. O comportamento estrutural foi analisado de acordo com os critérios da ABNT NBR 8800:2024 Projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, adotando-se combinações de ações compatíveis com os Estados Limites Últimos (ELU) e Estados Limites de Serviço (ELS).

Foram assumidas como premissas adicionais a utilização de perfis metálicos laminados e soldados conforme disponibilidade comercial, ligações predominantemente parafusadas visando à facilidade de montagem, apoio das treliças em pilares metálicos com fundação em blocos de concreto armado, consideração da estabilidade global do pórtico em ambas as direções principais, verificação das condições de esbeltez e deslocamentos máximos admissíveis, e compatibilidade entre o sistema estrutural e o fechamento lateral e cobertura.

1.3 Softwares e Fluxo de trabalho

Os softwares utilizados para o desenvolvimento dos cálculos foram Cype 3D, Ftool, IDEA StatiCa, Excel e SMath. Para o detalhamento e elaboração dos projetos foram utilizados Revit e AutoCAD. O fluxo de trabalho adotado seguiu o apresentado na Figura 1. A versão do Cype 3D utilizada abrangia apenas a NBR 8800:2008, que apresenta algumas diferenças em relação à norma vigente, como o coeficiente K. Dessa forma, adotou-se o coeficiente $K = 1$, sendo o software empregado apenas na concepção inicial, com o objetivo de agilizar o processo de dimensionamento estrutural.

Figura 1 – Diagrama de fluxo de trabalho



Autor: Próprio

2 Normativa utilizada

As normativas utilizadas para o desenvolvimento do projeto compreenderam normas nacionais da ABNT e normas internacionais da ANSI/AISC, adotadas como referência complementar para verificação e comparação de critérios de dimensionamento.

Normas nacionais:

- NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- NBR 6120:2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR 6123:2023 – Forças devidas ao vento em edificações
- NBR 14432:2023 – Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento
- NBR 8800:2024 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

Normas internacionais:

-ANSI/AISC 360-22 – Specification for Structural Steel Buildings (Normativa dos Estados Unidos)

3 Materiais:**3.1 Tipos de aço:****3.1.1 Parâmetros gerais**

Todos os perfis e chapas empregados no projeto seguem as características gerais estabelecidas pelas normas técnicas, atendendo aos requisitos de qualidade, dimensões e propriedades mecânicas conforme as diretrizes da ABNT.

Figura 2 - Propriedades mecânicas gerais

4.6.2.9 Propriedades mecânicas gerais

Para efeito de cálculo, devem ser adotados, para os aços relacionados nesta Norma, os seguintes valores de propriedades mecânicas:

- a) módulo de elasticidade, $E = 200\,000\text{ MPa}$;
- b) coeficiente de Poisson, $\nu_a = 0,3$;
- c) módulo de elasticidade transversal, $G = 77\,000\text{ MPa}$;
- d) coeficiente de dilatação térmica, $\beta_a = 1,2 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- e) massa específica, $\rho_a = 7\,850\text{ kg/m}^3$.

Autor: NBR 8800:2024

3.1.2 Aço A36:

O aço adotado para os materiais empregues nas chapas e perfis foram A36 menos os tubulares retangulares com as características da Tabela 1 e Figura 2.

Tabela 1 - Aços A36

Tabela A.2 – Aços de uso frequente especificados pela ASTM para uso estrutural						
Classificação	Denominação	Produto	Grupo de perfil a, b ou faixa de espessura disponível	Grau	f_y MPa	f_u MPa
Aços-carbono	A36	Perfis	1, 2 e 3	-	250	400 a
		Chapas e barras ^c	$t \leq 200$ mm			550
	A500	Perfis	4	A	230	310
				B	290	400

Autor: NBR 8800:2024

3.1.3 Aço A500:

O aço adotado para os materiais empregues nos perfis tubulares retangulares aços A500 com as características da Tabela 2 e Figura 2.

Tabela 2 - Aços A500

Tabela A.2 – Aços de uso frequente especificados pela ASTM para uso estrutural						
Classificação	Denominação	Produto	Grupo de perfil a, b ou faixa de espessura disponível	Grau	f_y MPa	f_u MPa
Aços-carbono	A36	Perfis	1, 2 e 3	-	250	400 a
		Chapas e barras ^c	$t \leq 200$ mm			550
	A500	Perfis	4	A	230	310
				B	290	400

Autor: NBR 8800:2024

3.1.4 Aço para parafuso ASTM A307:

O aço adotado para os materiais empregues nos parafusos foram A3 com as características da Tabela 3.

Tabela 3 – Característica Aço A325

Tabela A.3 – Materiais usados em parafusos

Especificação	f_{yb}^b MPa	f_{ub}^b MPa	Diâmetro d_b	
			mm	pol.
ASTM A307	-	415	-	$\frac{1}{2} \leq d_b \leq 4$
ISO 4016 Classe 4.6 da ISO 898-1	235	400	$12 \leq d_b \leq 36$	-
ASTM F3125 A325 e F1852 ^a	635	830	$16 \leq d_b \leq 36$	$\frac{1}{2} \leq d_b \leq 1\frac{1}{2}$
ISO 4016 Classe 8.8 da ISO 898-1	640	800	$12 \leq d_b \leq 36$	-
ASTM F3125 A490 e F2280 ^a	895	1 040	$16 \leq d_b \leq 36$	$\frac{1}{2} \leq d_b \leq 1\frac{1}{2}$
ISO 4016 Classe 10.9 da ISO 898-1	900	1 000	$12 \leq d_b \leq 36$	-

^a Disponíveis também com resistência à corrosão atmosférica comparável à dos aços AR 350 COR ou à dos aços ASTM A588.

^b f_{yb} e f_{ub} são, respectivamente, a resistência ao escoamento e a resistência à ruptura do aço dos parafusos.

Autor: NBR 8800:2024

3.1.5 Aço para parafuso ASTM A325:

O aço adotado para os materiais empregues nos parafusos foram A325 com as características da Tabela 4.

Tabela 4 – Característica Aço A325

Tabela A.3 – Materiais usados em parafusos

Especificação	f_{yb}^b MPa	f_{ub}^b MPa	Diâmetro d_b	
			mm	pol.
ASTM A307	-	415	-	$\frac{1}{2} \leq d_b \leq 4$
ISO 4016 Classe 4.6 da ISO 898-1	235	400	$12 \leq d_b \leq 36$	-
ASTM F3125 A325 e F1852 ^a	635	830	$16 \leq d_b \leq 36$	$\frac{1}{2} \leq d_b \leq 1\frac{1}{2}$
ISO 4016 Classe 8.8 da ISO 898-1	640	800	$12 \leq d_b \leq 36$	-
ASTM F3125 A490 e F2280 ^a	895	1 040	$16 \leq d_b \leq 36$	$\frac{1}{2} \leq d_b \leq 1\frac{1}{2}$
ISO 4016 Classe 10.9 da ISO 898-1	900	1 000	$12 \leq d_b \leq 36$	-

^a Disponíveis também com resistência à corrosão atmosférica comparável à dos aços AR 350 COR ou à dos aços ASTM A588.

^b f_{yb} e f_{ub} são, respectivamente, a resistência ao escoamento e a resistência à ruptura do aço dos parafusos.

Autor: NBR 8800:2024

3.2 Concreto:

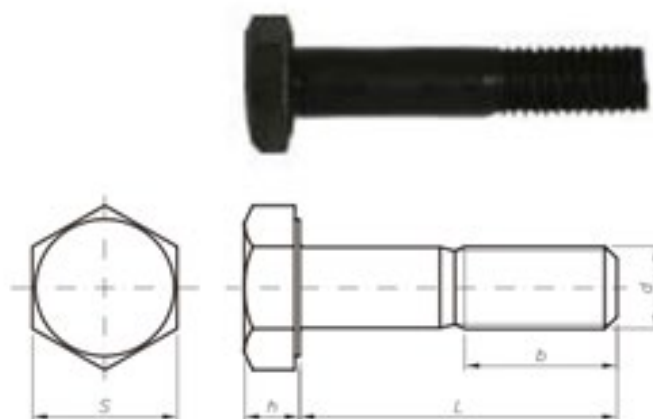
O concreto utilizado em todo o projeto, quando aplicável, será de resistência característica 20 MPa (F_{ck} 20).

3.3 Componentes:

3.3.1 Parafusos:

Tipo dos parafusos utilizados foram ASTM A325 e ASTM 307 com as características mecânicas adotadas conforme Tabela 5 e Tabela 6 com a forma dos parafusos demonstradas com a Figura 2.

Figura 3 - Parafuso ASTM A325/A490



Autor: CATÁLOGO INDUFIX

Tabela 5 - Parafuso ASTM A325/A490

TABELA DE DIMENSÕES										
d e Nominal		1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"
Fios / Poleg.	UNC	13	11	10	9	8	7	7	6	6
	UN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cabeça	Chave	7/8"	1 1/16"	1 1/4"	1 7/16"	1 5/8"	1 13/16"	2"	2 3/16"	2 3/8"
	Altura	8,20	10,23	12,26	14,30	15,92	18,23	20,65	22,30	24,73
Comprimento da Rosca	1"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2"	2 1/4"	2 1/4"	2 1/4"

Comp. ▼ Pol.	d Nominal ▼ mm.	1/2 UNC-13	5/8 UNC-11	3/4 UNC-10	7/8 UNC-9	1" UNC-8	1 1/8 UNC-7	1 1/4 UNC-7	1 3/8 UNC-6	1 1/2 UNC-6
1	25,4	4.510 kg	7.530 kg	12.600 kg						
1-1/4	31,8	5.100 kg	8.700 kg	13.700 kg	20.300 kg	27.900 kg				
1-1/2	38,1	5.720 kg	9.600 kg	14.900 kg	21.900 kg	30.100 kg	40.200 kg	53.500 kg		
1-3/4	44,5	6.310 kg	10.600 kg	16.300 kg	23.700 kg	32.400 kg	42.900 kg	57.500 kg	72.000 kg	91.500 kg
2	50,8	6.950 kg	11.600 kg	17.700 kg	25.600 kg	34.700 kg	45.700 kg	60.500 kg	76.100 kg	96.500 kg
2-1/4	57,2	7.580 kg	12.600 kg	19.100 kg	27.400 kg	37.000 kg	48.800 kg	64.000 kg	80.200 kg	101.000 kg
2-1/2	63,5	8.200 kg	13.500 kg	20.600 kg	29.400 kg	39.700 kg	52.000 kg	68.000 kg	85.200 kg	106.000 kg
2-3/4	69,9	8.850 kg	14.500 kg	22.000 kg	31.400 kg	42.000 kg	55.000 kg	72.000 kg	90.000 kg	112.000 kg
3	76,2	9.450 kg	15.500 kg	23.400 kg	33.300 kg	44.700 kg	58.300 kg	76.000 kg	94.000 kg	118.000 kg
3-1/4	82,6	10.100 kg	16.500 kg	24.700 kg	35.100 kg	47.000 kg	61.500 kg	80.000 kg	99.000 kg	123.000 kg
3-1/2	88,9	10.700 kg	17.500 kg	26.100 kg	37.000 kg	49.200 kg	64.600 kg	84.000 kg	104.000 kg	129.000 kg
3-3/4	95,3	11.300 kg	18.400 kg	27.500 kg	39.200 kg	52.000 kg	67.900 kg	88.000 kg	109.000 kg	135.000 kg
4	101,6	11.900 kg	19.400 kg	28.900 kg	41.100 kg	54.000 kg	71.000 kg	92.000 kg	114.000 kg	141.000 kg
4-1/4	107,9	12.500 kg	20.400 kg	30.400 kg	42.800 kg	56.800 kg	74.000 kg	96.000 kg	118.000 kg	146.000 kg
4-1/2	114,3	13.200 kg	21.300 kg	31.800 kg	44.600 kg	59.200 kg	77.500 kg	99.500 kg	123.000 kg	151.000 kg
4-3/4	120,6	13.800 kg	22.300 kg	33.300 kg	46.900 kg	62.000 kg	80.500 kg	103.000 kg	128.000 kg	157.000 kg
5	127,0	14.400 kg	23.300 kg	34.700 kg	48.600 kg	64.000 kg	84.000 kg	107.000 kg	133.000 kg	163.000 kg
5-1/4	133,3	15.100 kg	24.300 kg	36.100 kg	50.500 kg	66.900 kg	87.000 kg	111.000 kg	138.000 kg	168.000 kg
5-1/2	139,7	15.700 kg	25.300 kg	37.500 kg	52.700 kg	69.500 kg	90.500 kg	115.000 kg	143.000 kg	174.000 kg
5-3/4	146,0	16.300 kg	26.200 kg	38.900 kg	54.600 kg	72.000 kg	93.200 kg	119.000 kg	147.000 kg	180.000 kg
6	152,4	16.900 kg	27.200 kg	40.200 kg	56.400 kg	74.700 kg	96.500 kg	123.000 kg	152.000 kg	186.000 kg

Autor: CATÁLOGO INDUFIX

Tabela 6 – Parafuso ASTM 307B

TABELA DE DIMENSÕES												
d e Nominal		1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 3/4"	2"
Fios / Poleg.	UNC	13	11	10	9	8	7	6	6	5	4 1/2	4 1/2
	UN	-	-	-	-	-	8	8	8	8	8	8
Cabeça	Chave	7/8"	1 1/16"	1 1/4"	1 7/16"	1 5/8"	1 13/16"	2"	2 3/8"	2 3/4"	3 1/8"	3 1/8"
	Altura	8,20	10,23	12,26	14,30	15,92	18,23	20,65	21,00	24,73	28,00	30,00
Comprimento da Rosca	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/4"	2 3/4"	3"	3 1/4"	4"	4 1/2"	4 1/2"

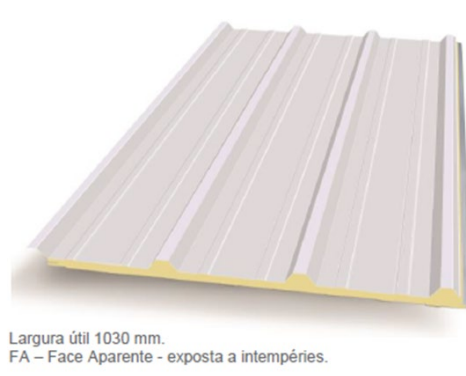
Comp. ▼ Pol.	d Nominal ▼ mm.	1/2	5/8	3/4	7/8	1"	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2"
1 1/4	31,8	5.050 kg										
1 1/2	38,1	5.700 kg	9.500 kg	14.800 kg								
1 3/4	44,5	6.300 kg	10.500 kg	16.200 kg	23.600 kg							
2"	50,8	6.900 kg	11.500 kg	17.600 kg	25.500 kg	34.600 kg						
2 1/4	57,2	7.500 kg	12.500 kg	19.000 kg	27.300 kg	36.900 kg	48.700 kg					
2 1/2	63,5	8.150 kg	13.400 kg	20.500 kg	29.300 kg	39.600 kg	51.900 kg	67.900 kg				
2 3/4	69,9	8.800 kg	14.400 kg	21.900 kg	31.300 kg	41.900 kg	54.900 kg	71.900 kg	89.950 kg			
3"	76,2	9.400 kg	15.400 kg	23.300 kg	33.200 kg	44.600 kg	58.200 kg	75.900 kg	93.850 kg	117.850 kg		
3 1/4	82,6	10.000 kg	16.400 kg	24.600 kg	35.000 kg	46.900 kg	61.400 kg	79.900 kg	98.950 kg	122.500 kg	171.900 kg	
3 1/2	88,9	10.600 kg	17.400 kg	26.000 kg	36.900 kg	49.100 kg	64.700 kg	83.900 kg	103.500 kg	128.600 kg	176.900 kg	244.800 kg
3 3/4	95,3	11.200 kg	18.300 kg	27.400 kg	39.100 kg	51.900 kg	67.800 kg	87.900 kg	108.900 kg	134.500 kg	185.800 kg	254.900 kg
4"	101,6	11.800 kg	19.300 kg	28.800 kg	41.000 kg	53.900 kg	70.850 kg	91.900 kg	113.900 kg	140.600 kg	193.500 kg	262.500 kg
4 1/4	107,9	12.400 kg	20.300 kg	30.300 kg	42.700 kg	56.700 kg	73.900 kg	95.900 kg	117.900 kg	145.500 kg	201.600 kg	271.500 kg
4 1/2	114,3	13.100 kg	21.200 kg	31.700 kg	44.500 kg	59.100 kg	77.400 kg	99.400 kg	122.800 kg	150.600 kg	208.800 kg	281.500 kg
4 3/4	120,6	13.700 kg	22.200 kg	33.200 kg	46.800 kg	61.900 kg	80.400 kg	102.900 kg	127.500 kg	156.900 kg	216.500 kg	291.900 kg
5"	127,0	14.300 kg	23.200 kg	34.600 kg	48.500 kg	63.900 kg	83.900 kg	106.900 kg	132.500 kg	162.800 kg	223.500 kg	301.700 kg
5 1/4	133,3	15.000 kg	24.200 kg	36.000 kg	50.400 kg	66.800 kg	86.900 kg	110.900 kg	137.400 kg	167.500 kg	231.500 kg	311.400 kg
5 1/2	139,7	15.600 kg	25.200 kg	37.400 kg	52.600 kg	69.400 kg	90.400 kg	114.900 kg	142.600 kg	173.600 kg	239.900 kg	322.500 kg
5 3/4	146,0	16.200 kg	26.100 kg	38.800 kg	54.500 kg	71.900 kg	93.100 kg	108.900 kg	146.500 kg	179.500 kg	245.800 kg	331.400 kg
6"	152,4	16.800 kg	27.100 kg	40.100 kg	56.300 kg	74.600 kg	96.400 kg	122.850 kg	151.850 kg	185.900 kg	254.800 kg	341.900 kg

Autor: CATÁLOGO INDUFIX

3.3.2 Telhas:

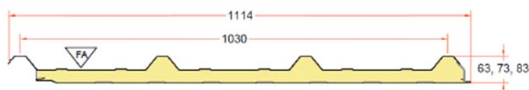
As telhas adotadas foram as TR 73 – 40mm PUR sendo demonstradas na Figura 4 e Figura 5 conforme especificação dada na Tabela 7 com sobrecarga admissível dada na Tabela 8 assim sendo adotado espaçamento entre vãos de no máximo de 2m.

Figura 4 – Telha



Autor: Catálogo ArcelorMittal

Figura 5 – Perfil telha



Autor: Catálogo ArcelorMittal

Tabela 7 - Especificações

Especificações

Denominação	Face Aparente	Face Interna	Espessura Total
TR 63-TN	Telha LR 33	Nervurado	33+30 mm PUR
TR 73-TN	Telha LR 33	Nervurado	33+40 mm PUR
TR 83-TN	Telha LR 33	Nervurado	33+50 mm PUR

Autor: Catálogo ArcelorMittal

Tabela 8 – Sobrecargas admissíveis

Sobrecargas Admissíveis

Especificações	TR 63 - 30 mm PUR			TR 73 - 40 mm PUR			TR 83 - 50 mm PUR		
Espessura Chapa (mm)	0,43+0,43	0,50+0,50	0,65+0,65	0,43+0,43	0,50+0,50	0,65+0,65	0,43+0,43	0,50+0,50	0,65+0,65
Peso Painel (daN/m ²)	8,69	9,08	9,50	9,88	10,27	10,70	12,43	12,82	13,24
Vão entre Apoios (m)	Sobrecargas Úteis Admissíveis (daN/m ²) para dois vãos e três apoios								
2,50	189	220	230	208	242	259	250	290	315
2,75	167	195	205	185	216	230	223	260	280
3,00	136	165	180	153	185	197	186	225	235
3,25	118	140	150	132	157	164	160	190	195
3,50	104	120	125	117	135	138	143	165	165
3,75	90	105	110	102	119	121	125	145	145
4,00	77	90	95	87	102	107	107	125	130
4,25		75	80		88	95		110	120
4,50		65	70		76	83		95	105

Autor: Catálogo ArcelorMittal

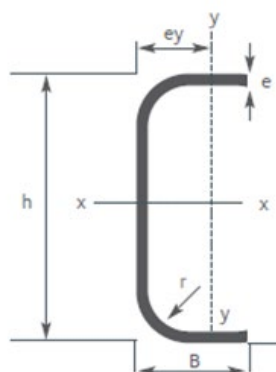
3.4 Perfis estruturais:

3.4.1 Terças:

Às terças adotadas foram perfil U 200x75, Figura 6.

Figura 6 - Terça

S = Área de seção
 P = Peso estimado por metro
 J_x = Momento da inércia eixo x
 W_x = Módulo de resistência eixo x
 i_x = Raio de giro do eixo x
 e_y = Distância da linha neutra
 J_y = Momento da inércia eixo y
 W_y = Módulo de resistência eixo y
 i_y = Raio de giro do eixo y

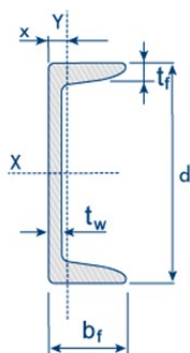


Autor: Catálogo ArcelorMittal

3.4.2 Treliça principal:

As vigas adotadas foram perfil U 254,0x9,6, Figura 7.

Figura 7 - Viga



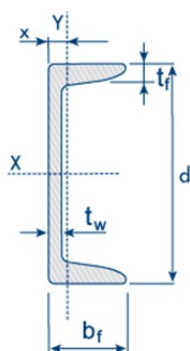
PERFIL U

Autor: Catálogo Gerdau

3.4.3 Treliça secundária:

As vigas adotadas foram perfil U 203x5,6, Figura 8.

Figura 8 - Viga



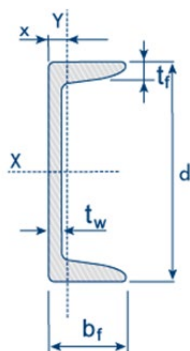
PERFIL U

Autor: Catálogo Gerdau

3.4.4 Treliça pilar tei interna pilar:

As vigas adotadas foram perfil U 152,4x5,1, Figura 9.

Figura 9 - Viga



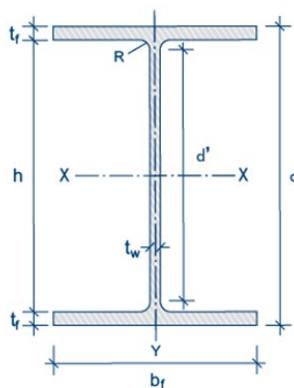
PERFIL U

Autor: Catálogo Gerdau

3.4.5 Treliça pilar corda superior e inferior:

Os pilares adotados foram perfil HP 250 x 73,0, Figura 10.

Figura 10 - Pilar



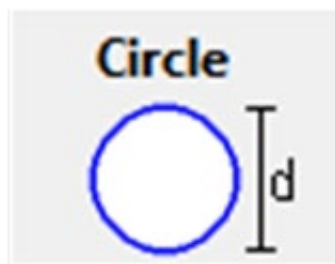
PERFIL W e HP

Autor: Catálogo Gerdau

3.4.6 Contraventamento:

Os contraventamentos adotados foram uma barra circular de 1" de diâmetro, Figura 11.

Figura 11 - Contraventamento

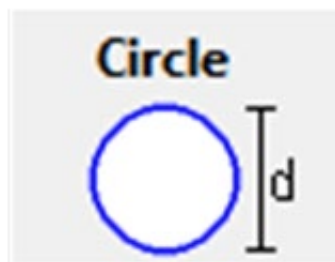


Autor: Ftools perfis

3.4.7 Contraventamento:

Os contraventamentos adotados foram uma barra circular de 3/8" de diâmetro, Figura 12.

Figura 12 - Contraventamento



Autor: Ftools perfis

4 Métodos

O método utilizado para o dimensionamento da estrutura iniciou-se com o pré-dimensionamento das barras no Cype 3D, permitindo obter uma estimativa inicial das seções e agilizar o processo de análise. Em seguida, foram determinados os carregamentos permanentes, variáveis e de impacto, seguidos pela aplicação das combinações de cargas conforme as normas vigentes. Essas cargas foram então aplicadas a um pórtico modelo no Ftool, possibilitando a obtenção das cargas de primeira ordem.

Posteriormente, foram considerados os carregamentos laterais de acordo com a NBR 8800, utilizando o método de segunda ordem aproximado, permitindo chegar às cargas solicitantes finais para o dimensionamento. Com base nos esforços solicitantes obtidos, foram determinadas as forças resistentes de cada barra, considerando as características de cada seção estrutural.

A verificação das barras foi realizada comparando-se a força solicitante com a força resistente; caso a solicitante fosse menor que a resistente, a barra era considerada apta a resistir aos esforços. Esse procedimento foi aplicado considerando a pior condição de carregamento, o que possibilitou a padronização das seções das barras iguais, reduzindo a quantidade de verificações necessárias e garantindo que todas as barras da estrutura suportassem adequadamente os esforços previstos.

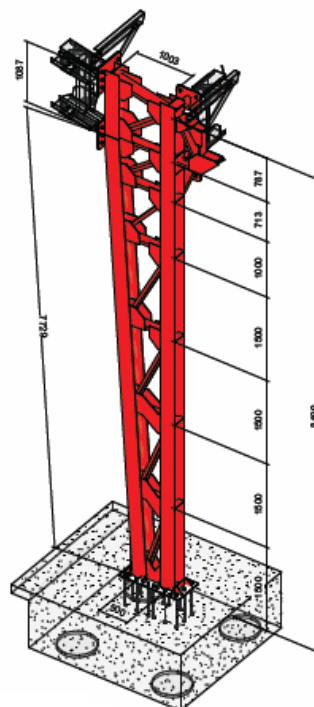
5 Tipologia estrutural

Foi utilizado pórtico treliçado tipo Howe em sua totalidade, treliça principal, secundária e pilares, com componentes lineares nas treliças principais e secundárias de 1m de altura em ambas conforme Figura 15, Figura 16, Figura 17 e Figura 18 e pilares conforme Figura 13 e Figura 14.

Com adendo da angulação da treliça principal ser de 13° como o artigo apresentado em edital recomenda para melhor otimização do peso estrutural.

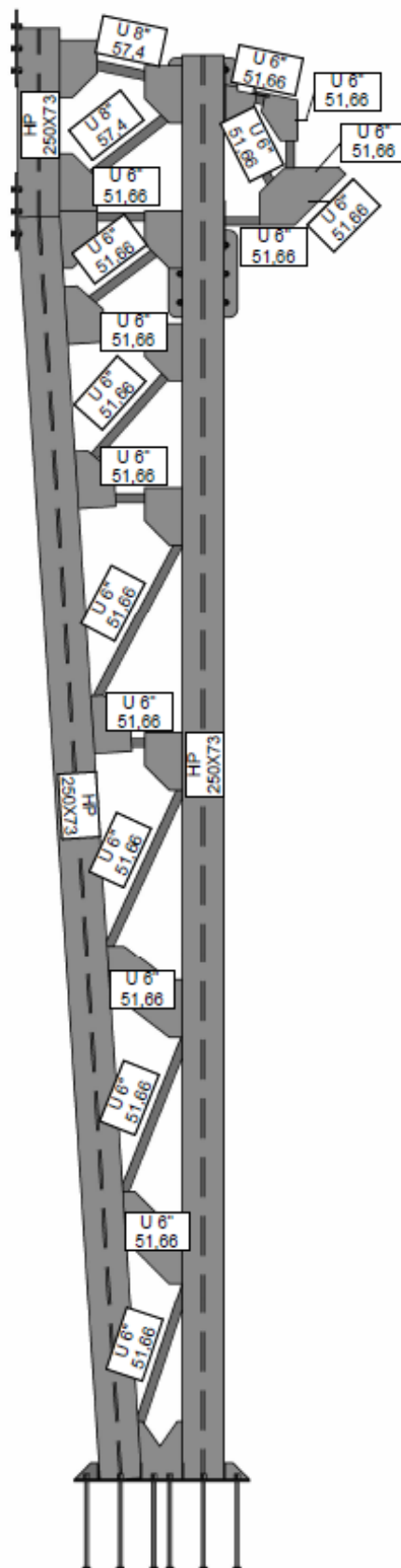
Para compor o resto da estrutura foi feito os contraventamentos na região perimetral da estrutura (Figura 19 e Figura 20) e para travamento lateral das terças foi utilizado correntes rígidas através de tirante (Figura 21 e Figura 22).

Figura 13 – Pilar 3D



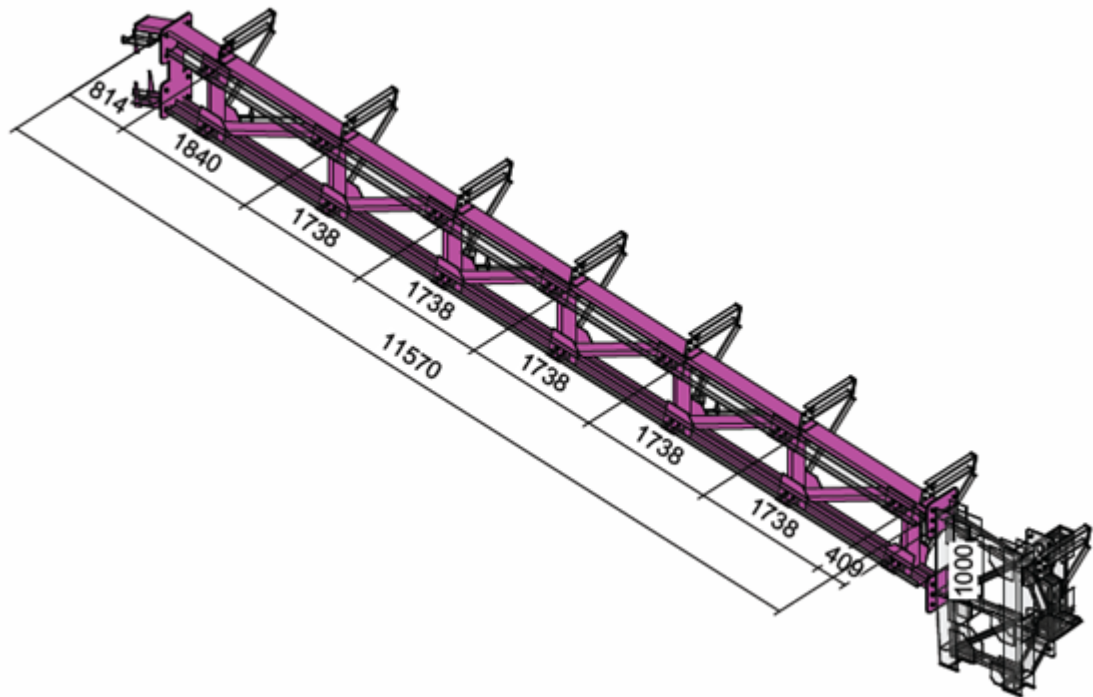
Autor: Próprio

Figura 14 – Corte lateral Pilar



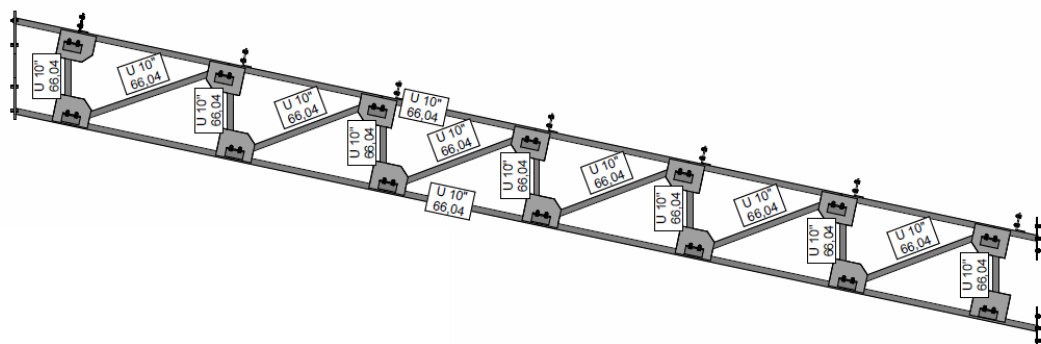
Autor: Próprio

Figura 15 – Treliça principal 3D



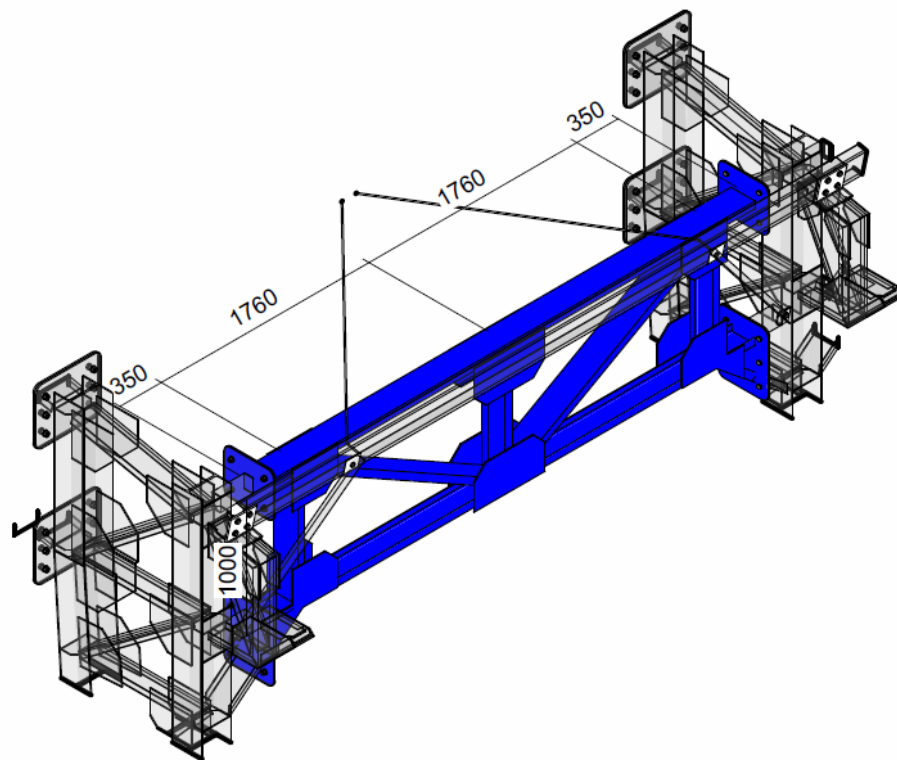
Autor: Próprio

Figura 16 – Corte treliça principal



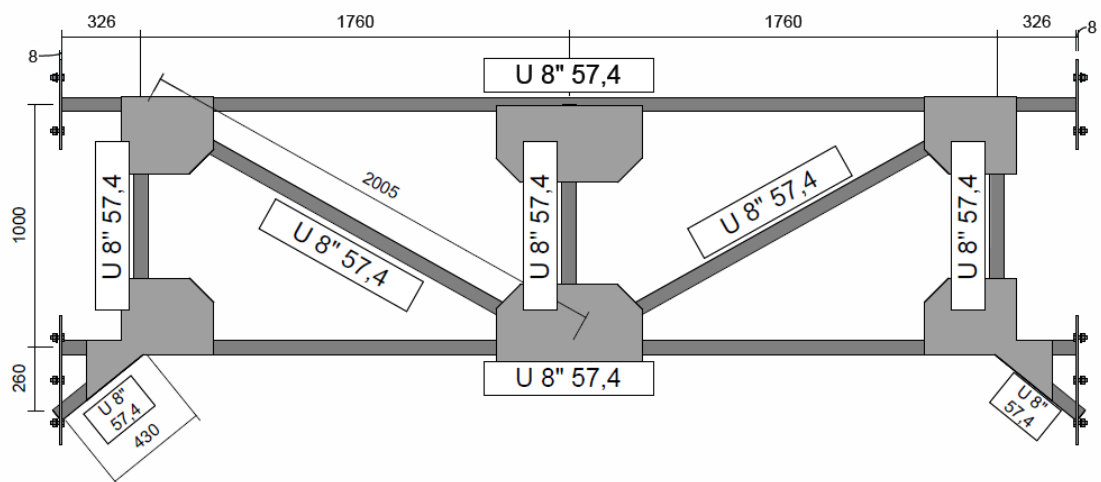
Autor: Próprio

Figura 17 – Treliça Secundária 3D

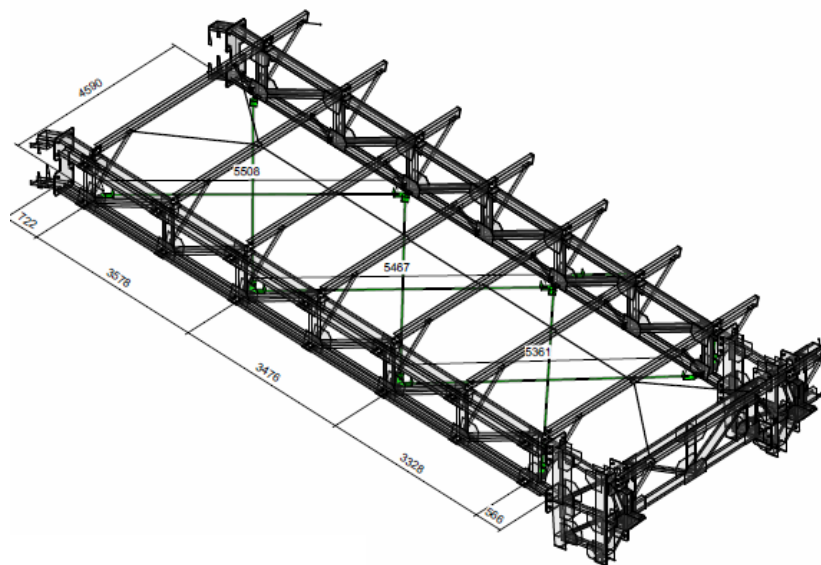


Autor: Próprio

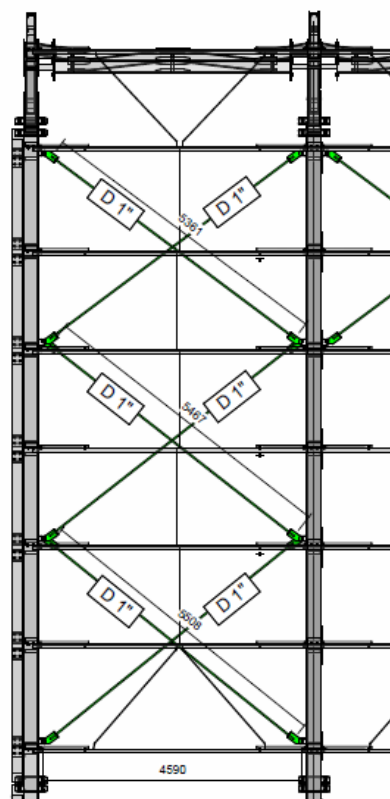
Figura 18 – Corte treliça Secundária



Autor: Próprio

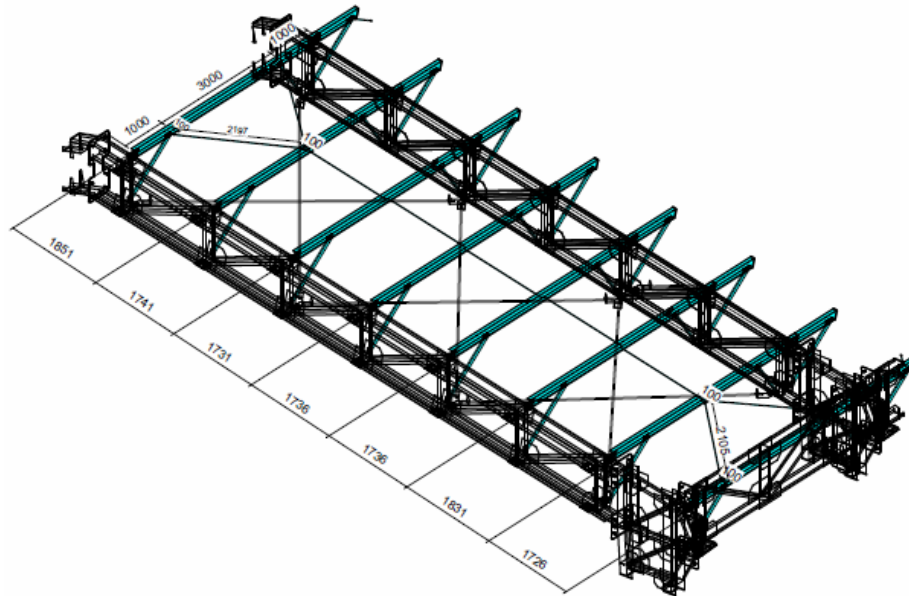
Figura 19 – Contraventamento 3D

Autor: Próprio

Figura 20 – Vista superior contraventamento

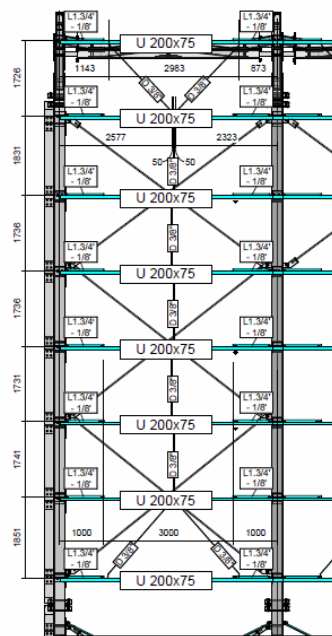
Autor: Próprio

Figura 21 – Terças e corrente 3D



Autor: Próprio

Figura 22 – Vista superior das terças e corrente rígida



Autor: Próprio

5.1 Perfis utilizados tipologias:

Tabela 9 – Tabela de perfis estruturais

PERFIS ESTRUTURAIS			
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	NUMERO DO PERFIL
A36	DOBRADO	U 200x75	PERFIL-1
A36	LAMINADO	U 152,4x5,1	PERFIL-2
A36	LAMINADO	U 203,2x5,6	PERFIL-3
A36	LAMINADO	U 254,0x9,6	PERFIL-4
A36	LAMINADO	HP 250x73,0	PERFIL-5
A36	LAMINADO	D 1"	PERFIL-7
A36	LAMINADO	D 3/8"	PERFIL-8

Autor: Próprio

6 Modelo de cálculo:

6.1 Combinações

A edificação foi dimensionada com base na combinação última de ações Equação 1, considerando o estado limite último para garantir segurança e desempenho estrutural. Essa abordagem é necessária para atender às normas vigentes e assegurar que a estrutura suporte as condições mais críticas de uso. Sendo usada as Tabela 10 e Tabela 11.

Equação 1 – Combinação última construção

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k})$$

Autor: NBR 8800:2024

Tabela 10 - Valores dos coeficientes de ponderação

Tabela 1 – Valores dos coeficientes de ponderação das ações $\gamma_f = \gamma_{f1} \gamma_{f3}$

Combinações	Ações permanentes (γ_p) ^{a, f}					Diretas agrupadas ^b	Indiretas
	Diretas, consideradas separadamente						
	Peso próprio de estruturas de aço e de equipamentos	Peso próprio de estruturas pré-moldadas, de madeira e de elementos construtivos industrializados	Peso próprio de estruturas moldadas <i>in loco</i> e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral		
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,35 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,25 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	1,15 (1,00)	0 (0)
Combinações	Ações variáveis (γ_q) ^{a, f}					Agrupadas ^c	
	Consideradas separadamente						
	Efeito da temperatura		Ação do vento	Ações truncadas ^d	Demais ações variáveis		
	Devido à variação térmica da atmosfera	Gerada por equipamentos ^e					
Normais	1,20	1,50	1,40	1,20	1,50	1,50	
Especiais ou de construção	1,00	1,30	1,20	1,10	1,30	1,30	
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
^a Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não podem ser incluídas nas combinações.							
^b As ações permanentes diretas podem ser todas agrupadas com os coeficientes apresentados nesta coluna, em função do tipo de combinação.							
^c As ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem ser todas agrupadas com os coeficientes apresentados nesta coluna, em função do tipo de combinação (o efeito da temperatura devido à variação térmica da atmosfera pode ser considerado isoladamente, com seu próprio coeficiente de ponderação).							
^d Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a este valor-limite.							
^e O efeito da temperatura gerada por equipamentos deve ser considerado ação causada pelo uso e ocupação.							
^f No caso de equipamentos (móveis ou fixos) que suportam ou içam cargas, o peso próprio do equipamento deve ser considerado como ação permanente e a carga suportada ou içada, como ação variável.							

Autor: NBR 8800:2024

Tabela 11 – Valores dos fatores de combinações

Tabela 2 – Valores dos fatores de combinação ψ_0 e de redução ψ_1 e ψ_2 para as ações variáveis

Ações		γ_{f2} ^{a, f}		
		ψ_0	ψ_1 ^d	ψ_2 ^e
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação ^g	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo nem de elevadas concentrações de pessoas ^b	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo ou de elevadas concentrações de pessoas ^c	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas, garagens e coberturas	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Vigas de rolamento de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4

^a Ver 4.8.5.3-c).

^b Edificações residenciais de acesso restrito.

^c Edificações industriais, comerciais, de escritórios e de acesso ao público.

^d Para estado-limite de fadiga (ver o Anexo H), usar ψ_1 igual a 1,0.

^e Para combinações excepcionais em que a ação principal for sismo, admite-se adotar para ψ_2 o valor zero.

^f Para ações truncadas, adotar $\psi_0 = \psi_1 = \psi_2 = 1,0$

^g Inclui o efeito da temperatura gerado por equipamentos

Autor: NBR 8800:2024

6.2 Cargas:

6.3 Permanentes:

6.3.1 Cobertura:

Foi adotado a carga de $0,1 \text{ kN/m}^2$ conforme edital, indicada na Figura 23.

Figura 23 – Carca cobertura

- **Cobertura:** telhas metálicas do tipo sanduíche, compostas por duas chapas galvanizadas de $0,43 \text{ mm}$ de espessura e núcleo de poliuretano (PUR) com 40 mm de espessura. Considerar peso próprio de 100 N/m^2 ($\approx 10,0 \text{ kgf/m}^2$);

Autor: Edital CBCA 2025

6.3.2 Painéis fotovoltaicos:

Foi adotado a carga de $0,1 \text{ kN/m}^2$ atendendo o edital, indicada na Figura 24.

Figura 24 – Carga painéis fotovoltaicos

- **Carga de painéis fotovoltaicos:** considerar $37,5 \text{ N/m}^2$ ($\approx 3,75 \text{ kgf/m}^2$) aplicados a área total da cobertura;

Autor: Edital CBCA 2025

6.4 Acidental:

6.4.1 Sobrecarga de utilidades:

Foi adotado a carga de $0,15 \text{ kN/m}^2$ conforme edital, indicada na Figura 25.

Figura 25 – Sobrecarga de utilidades

- **Sobrecarga de utilidades:** 150 N/m^2 ($\approx 15,0 \text{ kgf/m}^2$);

Autor: Edital CBCA 2025

6.4.2 Sobrecarga acidental:

Foi adotado a carga de $0,25 \text{ kN/m}^2$ conforme edital, indicada na Figura 26.

Figura 26 – Sobrecarga acidental

- **Sobrecarga acidental:** estimar conforme item 6.4 (§7) da ABNT NBR 6120:2019, normalmente 250 N/m² em projeção horizontal para inclinação igual ou superior a 3%;

Autor: Edital CBCA 2025

6.4.3 Sobrecarga pontual:

Foi adotado a carga de 1 kN conforme edital, indicada na Figura 27.

Figura 27 – Sobrecarga pontual

- **Cargas concentradas nas terças:** deve-se considerar, na posição mais desfavorável, uma carga concentrada de 1,00 kN (1000 N), atuando isoladamente das demais ações variáveis e somada às ações permanentes, conforme orientação do item 6.4 (§10) da ABNT NBR 6120:2019;

Autor: Edital CBCA 2025

6.5 Vento:

6.5.1 Dados gerais Vento

Parâmetros extraídos do edital e normativa vigente conforme Figura 28, Figura 29 e Figura 30, assim chegando nos parâmetros necessário para descobrir S1, S2 (Figura 31) e S3 (Tabela 12 e Figura 32). Com essas informações obtemos o valor $q=0,723$ kN/m², isso utilizamos para aplicar as cargas na estrutura.

Figura 28 – Valores adotados através do edital-1

Local := Guarulhos

Categoria := IV

$V_0 := 38 \frac{m}{s}$

$C_{pi1} := 0,2$

$C_{pi2} := -0,3$

Autor: Próprio

Figura 29 - Valores adotados através do edital-2

$$z := 12 \text{ m}$$

$$\rho := 1,226 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$a := 40 \text{ m}$$

$$b := 25 \text{ m}$$

$$\frac{a}{b} = 1,6$$

$$h := 12 \text{ m}$$

$$\frac{h}{b} = 0,48$$

$$\Theta := 13^\circ$$

Autor: Próprio

Figura 30 - Valores adotados através do edital-3

$$Classe := B$$

$$F_r := 0,98$$

$$L_t := 25 \text{ m}$$

$$h_{analizada} := 12 \text{ m}$$

$$b_m := 0,85$$

$$p := 0,125$$

$$A := h_{analizada} \cdot L_t = 300 \text{ m}^2$$

Autor: Próprio

Figura 31 – Coeficiente S1 e S2

$$S_1 := 1$$

$$S_2 := b_m \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10} \cdot \frac{1}{m} \right)^p = 0,8522$$

Autor: Próprio

Tabela 12 – Tabela coeficiente S3**Tabela 4 – Valores mínimos do fator estatístico S₃**

Grupo	Descrição	S ₃	T _p (anos)
1	Estruturas cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, edifícios de centrais de controle, etc.). Pontes rodoviárias e ferroviárias. Estruturas que abrigam substâncias inflamáveis, tóxicas e/ou explosivas. Vedações das edificações do grupo 1 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,11	100
2	Estruturas cuja ruína represente substancial risco à vida humana, particularmente a pessoas em aglomerações, crianças e jovens, incluindo, mas não limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • edificações com capacidade de aglomeração de mais de 300 pessoas em um mesmo ambiente, como centros de convenções, ginásios, estádios etc. • creches com capacidade maior do que 150 pessoas; • escolas com capacidade maior do que 250 pessoas; Vedações das edificações do grupo 2 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,06	75
3	Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias. Estruturas ou elementos estruturais desmontáveis com vistas a reutilização. Vedações das edificações do grupo 3 (telhas, vidros, painéis de vedação).	1,00	50
4	Edificações não destinadas à ocupação humana (depósitos, silos) e sem circulação de pessoas no entorno. Vedações das edificações do grupo 4 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,95	37
5	Edificações temporárias não reutilizáveis. Estruturas dos Grupos 1 a 4 durante a construção (fator aplicável em um prazo máximo de 2 anos). Vedações das edificações do grupo 5 (telhas, vidros, painéis de vedação).	0,83	15
NOTA Exclusivamente para o projeto das vedações, se permite que a velocidade característica seja calculada com o fator (0,92 x S ₃), em vez de S ₃			

Autor: NBR:6123

Figura 32 – Coeficiente S3

$$S_3 := 1,06$$

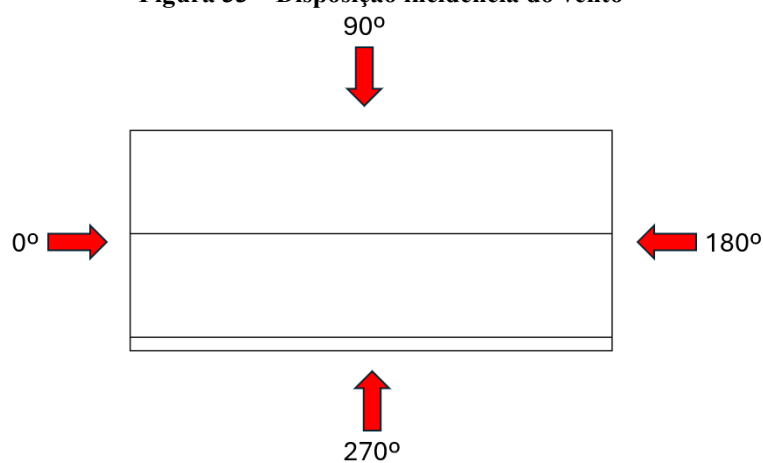
$$V_k := S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_0 = 34,3267 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q := \frac{\rho \cdot \left(V_k^2 \right)}{2} = 722,3118 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Autor: Próprio

6.5.2 Disposição vento:

Figura 33 – Disposição incidência do vento

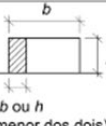


Autor: Próprio

6.5.3 Vento a 0° coeficiente de forma:





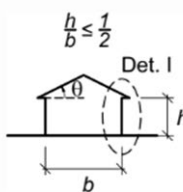
Foram adotados a V_0 os coeficientes de forma C_e conforme Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 – Tabela coeficiente C_e frontal 0°

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

Autor: NBR:6123

Tabela 14 – Tabela coeficiente C_e telhado 0°

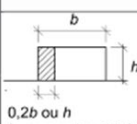
Altura Relativa	θ	Valores de C_e para				C_{pe} médio			
		$\alpha = 90^\circ$		$\alpha = 0^\circ$					
		EFI	GHJ	EG	FH				
 $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$ Det. I	0°	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0	—
	5°	-0,9	-0,4	-0,8	-0,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,0
	10°	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4		-1,2
	15°	-1,0	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,2		-1,2
	20°	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0			-1,2
	30°	0	-0,4	-0,7	-0,6	-0,8			-1,1
	45°	+0,3	-0,5	-0,7	-0,6				-1,1
	60°	+0,7	-0,6	-0,7	-0,6				-1,1

Autor: NBR:6123

6.5.4 Vento a 90° coeficiente de forma:





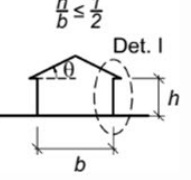
Foram adotados a V_0 os coeficientes de forma C_e conforme Tabela 15 e Tabela 16.

Tabela 15 - Tabela coeficiente C_e frontal 90°

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

Autor: NBR:6123

Tabela 16 - Tabela coeficiente C_e frontal 90°

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

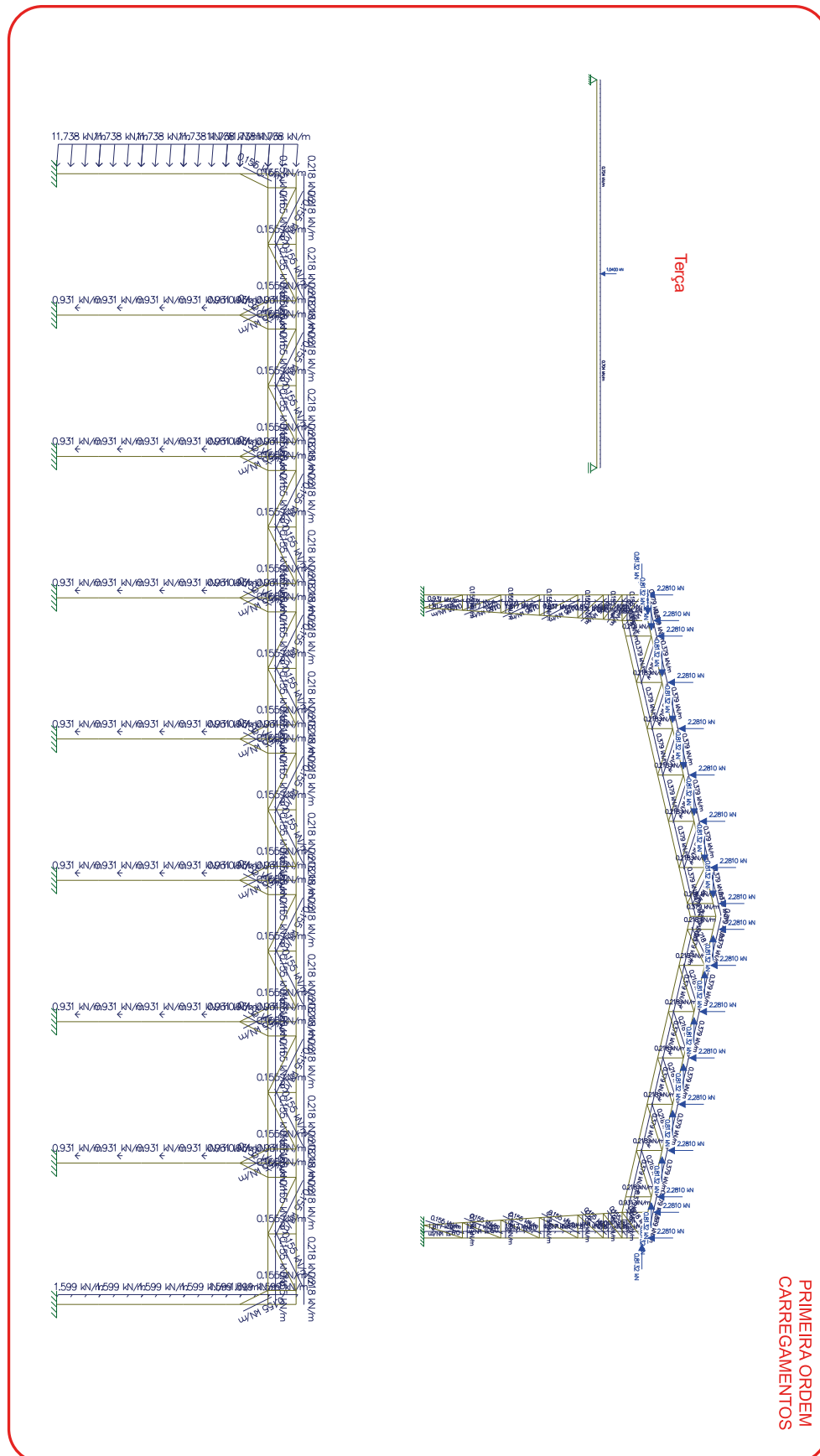
Autor: NBR:6123

6.6 Primeira ordem:**6.7 Componentes de cargas:**

As cargas são aplicadas conforme a função estrutural de cada barra, variando de acordo com sua utilização no sistema. A definição dos carregamentos considera a área de contribuição de cada elemento, servindo como base para determinar os esforços atuantes. As componentes de carga, apresentadas na Figura 34, são aplicadas no modelo de análise de primeira ordem, diretamente nas regiões correspondentes da estrutura, representando as sobrecargas que cada elemento transmite ao conjunto estrutural.

O modelo de primeira ordem foi elaborado considerando os carregamentos das componentes de carga, somados aos demais carregamentos, resultando nas ações aplicadas conforme apresentado na Figura 34.

Figura 34 – Modelo Primeira Ordem Carregamentos

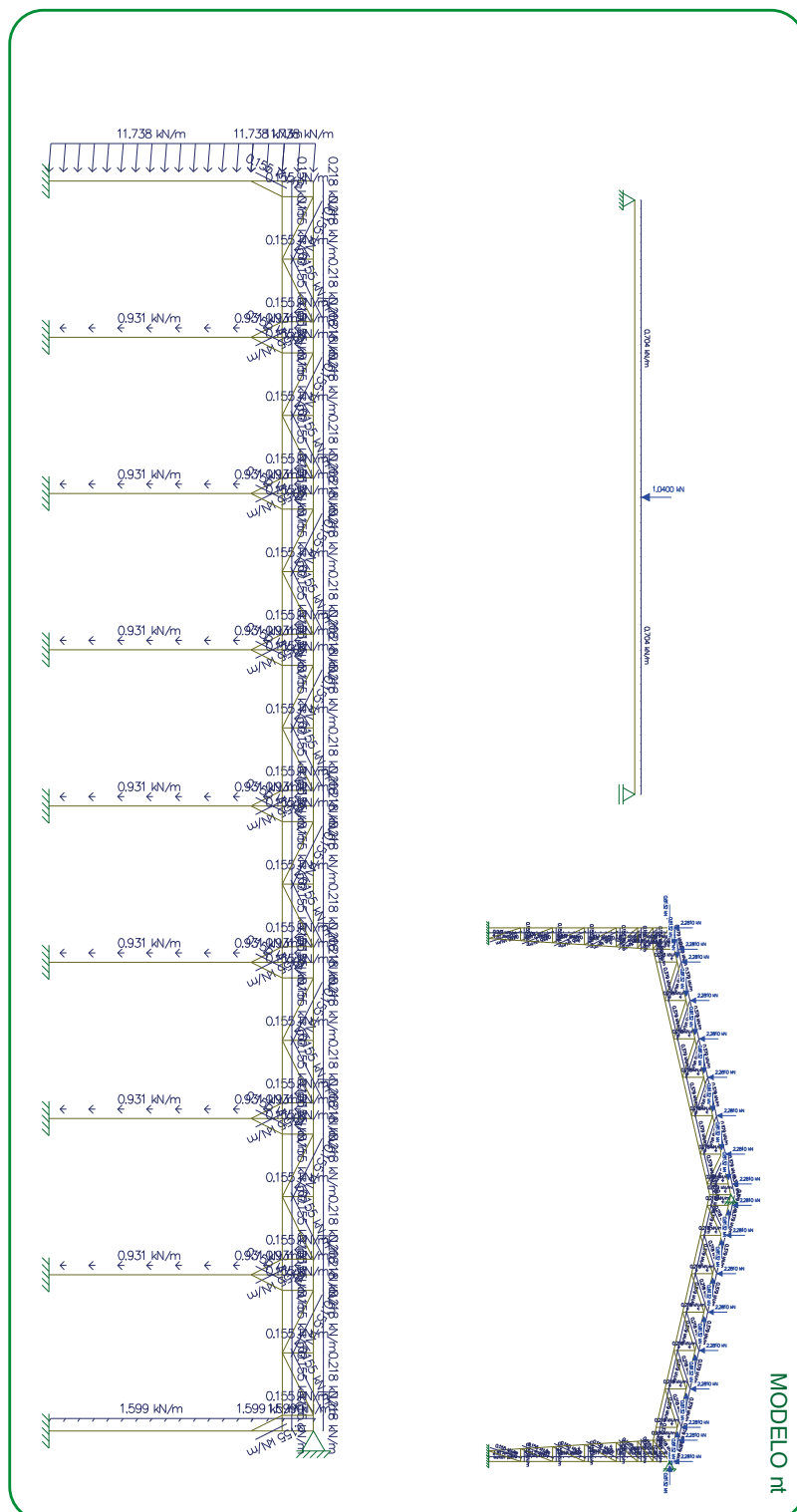


Autor: Próprio

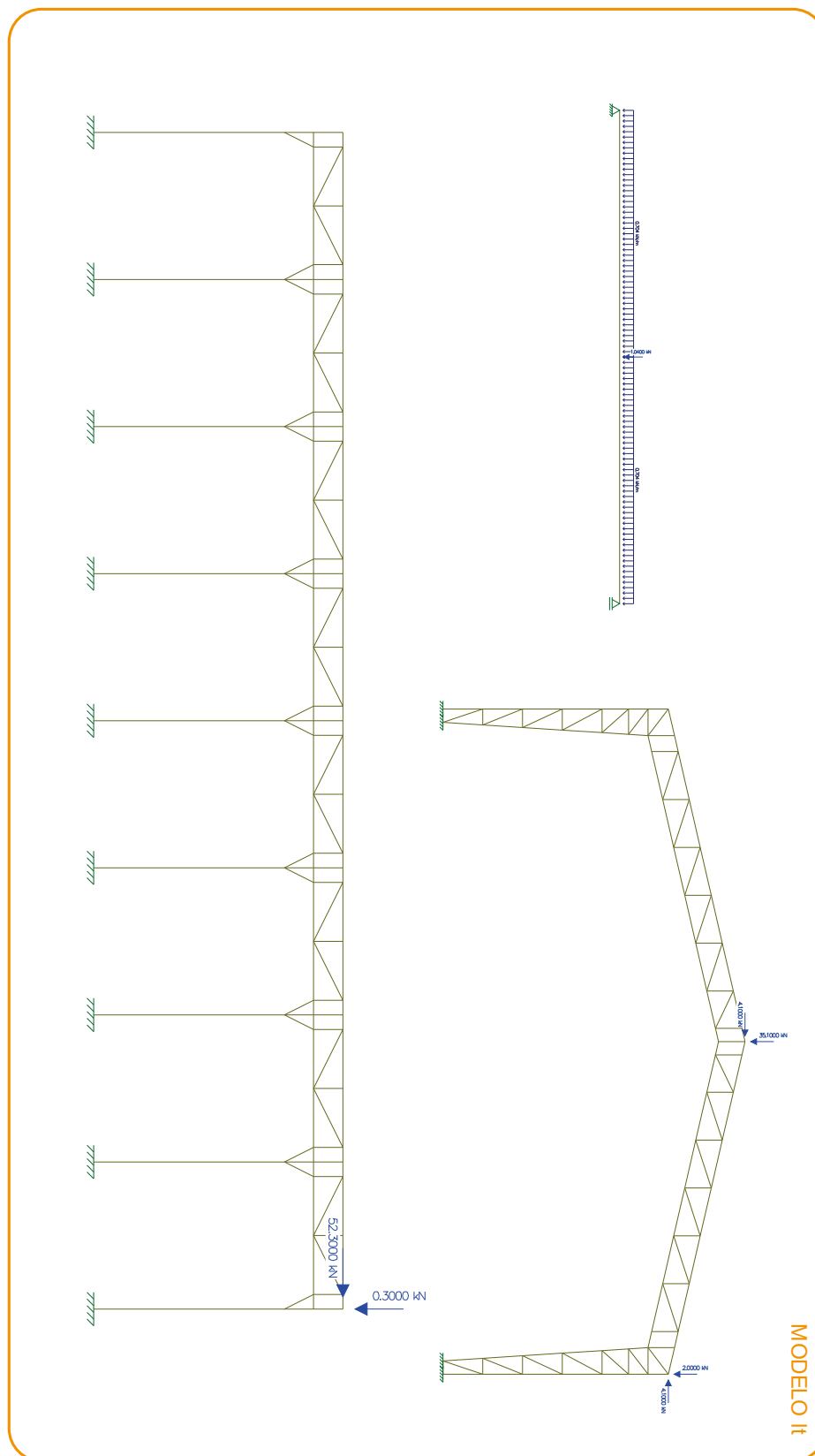
6.8 Segunda ordem:

O modelo de segunda ordem foi elaborado considerando os carregamentos de excentricidade e nocionais, somados aos demais carregamentos de primeira ordem, resultando nos modelos nt e lt conforme apresentado na Figura 35 e Figura 36 respectivamente.

Figura 35 – Modelo Segunda Ordem Carregamentos nt



Autor: Próprio

Figura 36 – Modelo Segunda Ordem Carregamentos It*Autor: Próprio*

7 Análise dos dados:

7.1 Carga solicitante:

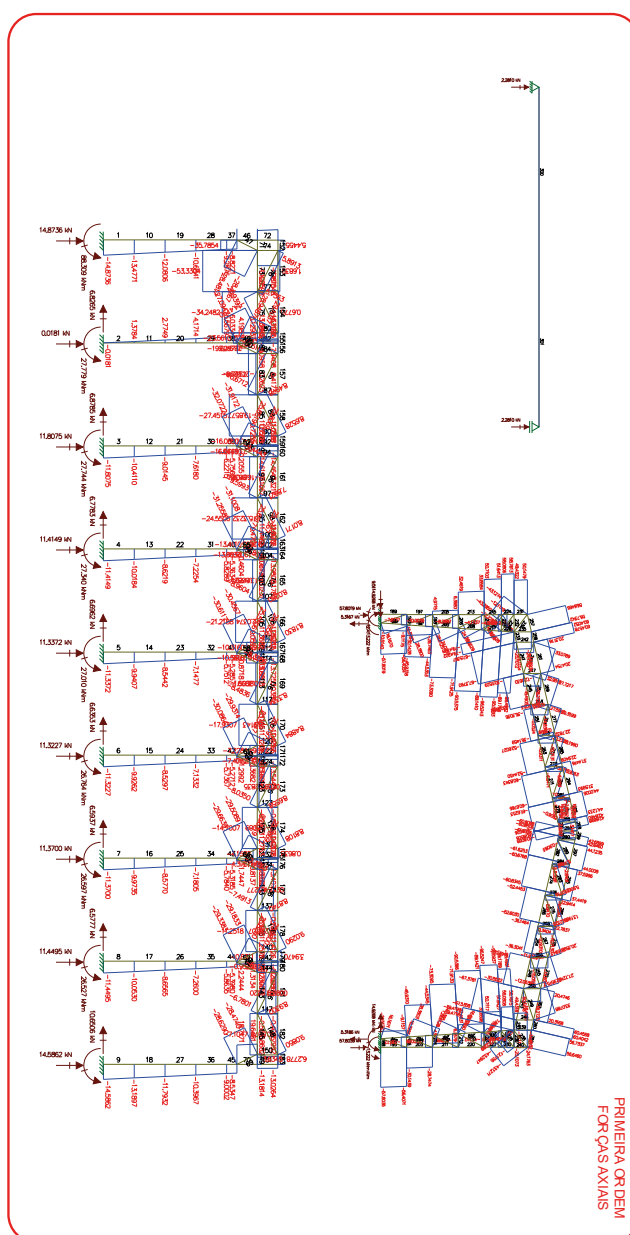
7.1.1 Primeira ordem:

Exemplificação de modelagem da estrutura no Ftools e resultados foram utilizado o mesmo método para os modelos de segunda ordem.

7.1.1.1 Força axial:

As forças axiais de primeira ordem são apresentadas conforme Figura 37.

Figura 37 – Forças axiais de primeira ordem

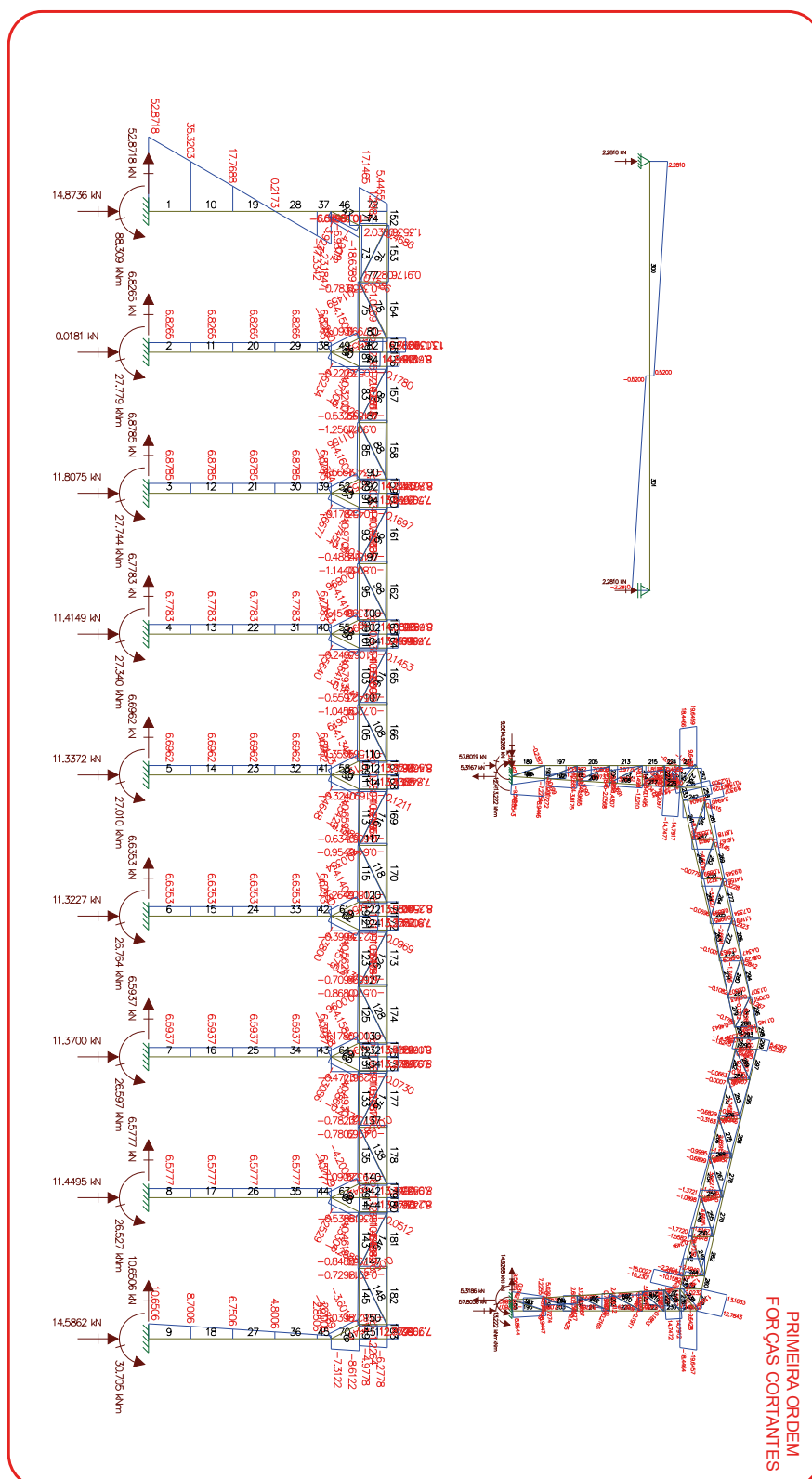


Autor: Próprio

7.1.1.2 Força cortante:

As forças cortantes de primeira ordem são apresentadas conforme Figura 38.

Figura 38 - Forças cortantes de primeira ordem

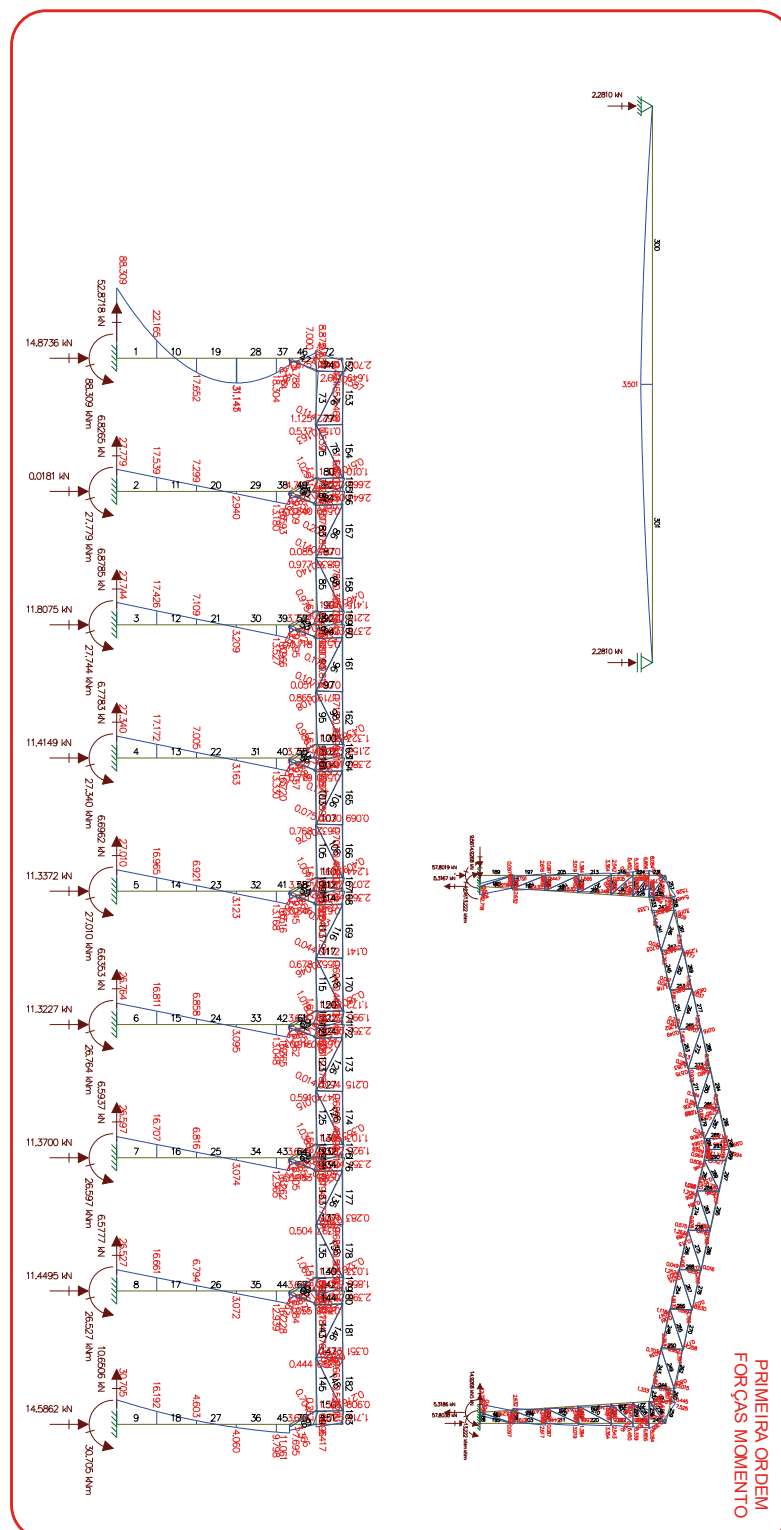


Autor: Próprio

7.1.1.3 Força momento fletor:

As forças momento fletor de primeira ordem são apresentadas conforme Figura 39.

Figura 39 - Forças momento fletor de primeira ordem



Autor: Próprio

7.1.1.4 Deslocamentos:

Os deslocamentos de primeira ordem encontrados em Y foram conforme Figura 40 e os em X conforme Figura 41.

Figura 40 – Deslocamentos em Y de primeira ordem

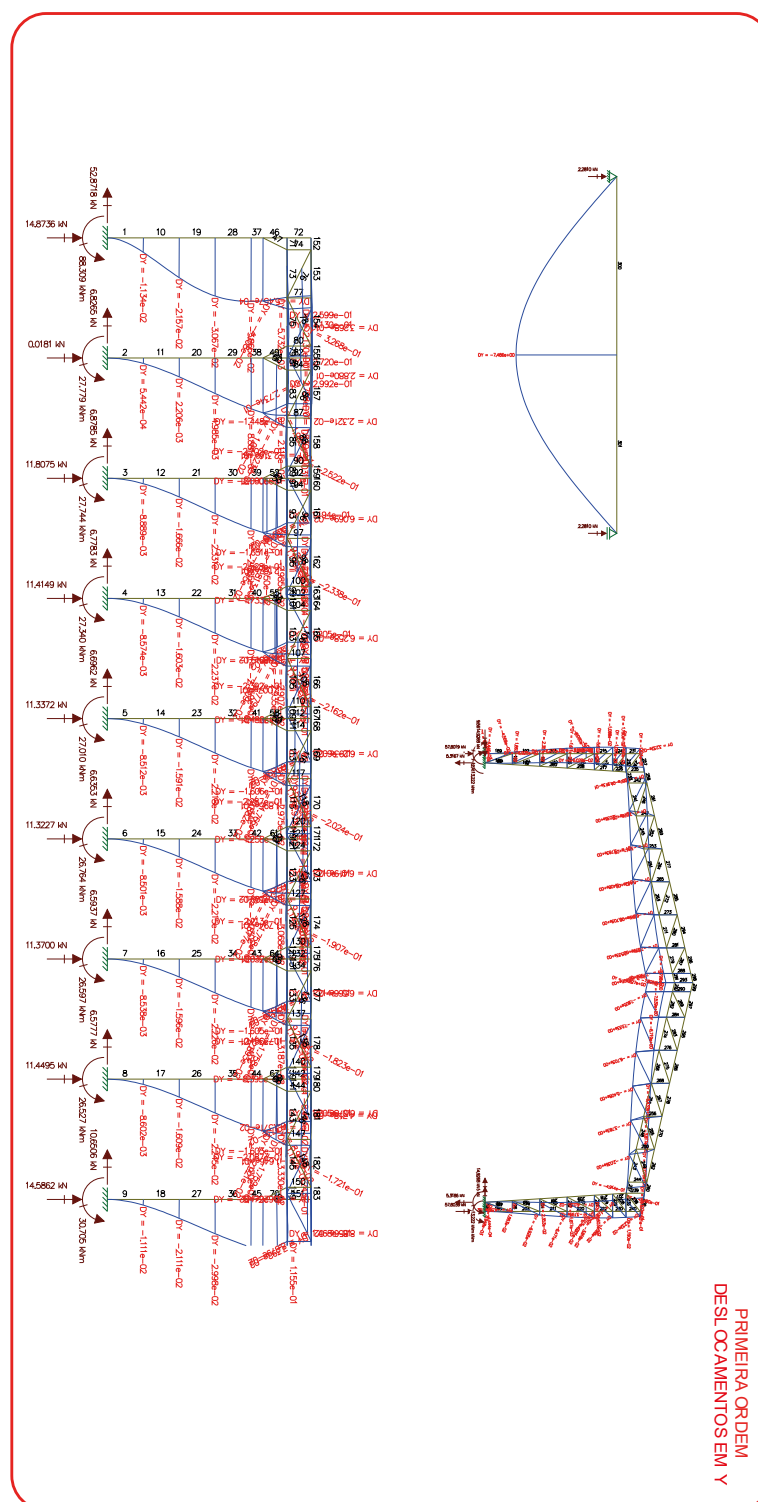
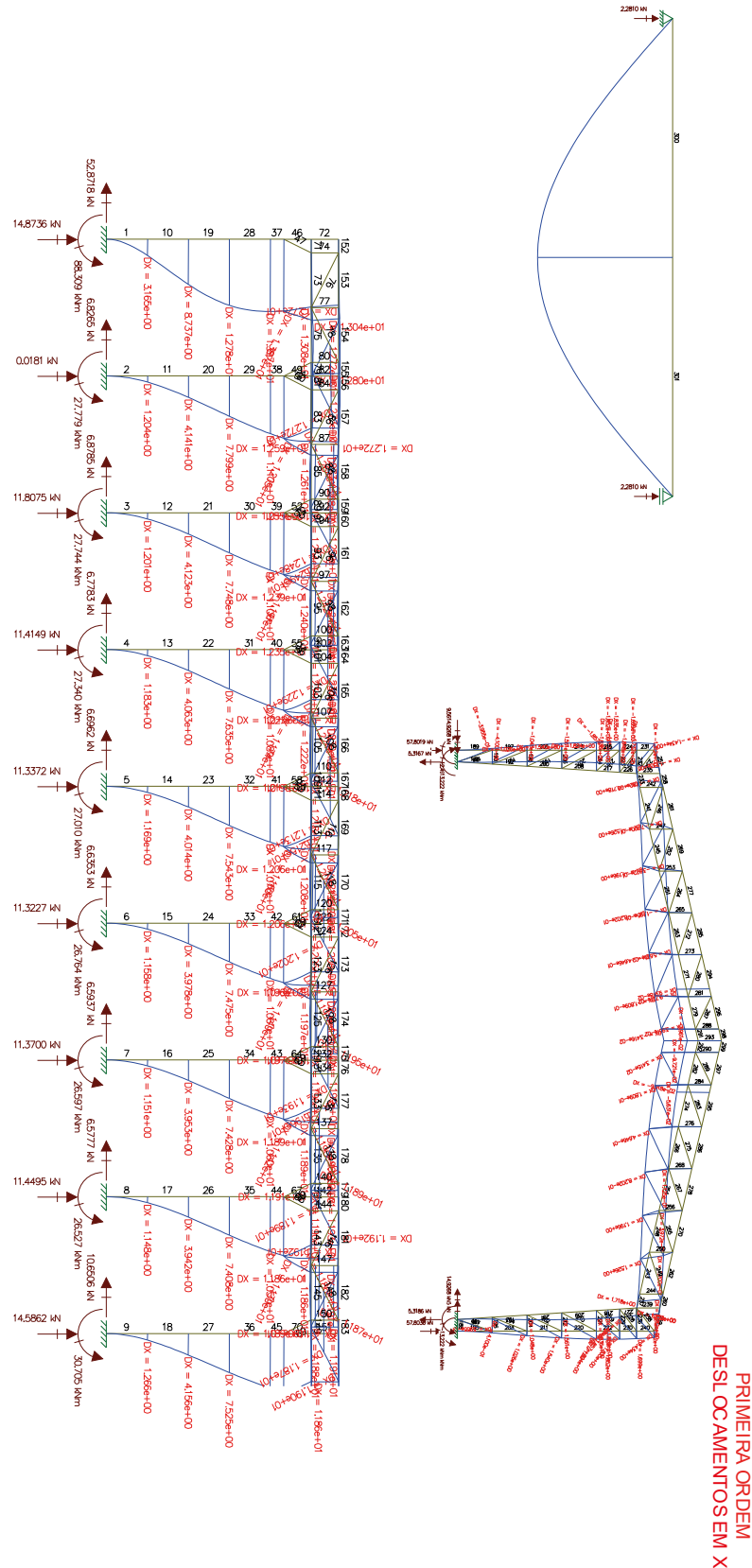


Figura 41 - Deslocamentos em X de primeira ordem



Autor: Próprio

7.2 Tabelas de cargas primeira ordem

Foram feitos os cálculos com o vento a 0° e 90° e estrada a pior situação de carga e assim feita a Tabela 17.

Tabela 17 – Tabela de esforços primeira ordem

PIOR SITUAÇÃO									
METODOLOGIA	AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	EIXO	MODELO PRIMEIRA ORDEM				COMPRIMENTO (m)
					NORMAL (kN)	CORTANTE (kN)	MOMENTO MÁXIMO (kN*m)	MOMENTO MÍNIMO (kN*m)	
MANUAL	A36	DOBRADO	U 200x75	Y	0	2,2825	3,503	0	5
MANUAL	A36	LAMINADO	U 152,4x5,1	Y	-32,015	4,1609	3,721	0,975	1,2
				Y	99,0965	0,368	0,28	0,239	2,3
MANUAL	A36	LAMINADO	U 203,2x5,6	Y	-43,208	19,1497	12,839	6,975	5
				Y	39,2305	0,6318	1,076	0,252	5
MANUAL	A36	LAMINADO	254,0x9,6	Y	-115,3562	16,0086	9,527	1,333	12,5
				Y	118,3186	24,0964	13,285	0,74	12,5
MANUAL	A36	LAMINADO	HP 250x73,0	Y	-154,07985	14,7912	13,669	5,721	7,5
				X	26,4359	44,1545	15,5715		
				Y	112,54085	4,9026	10,119	9,662	7,5
MANUAL	A36	LAMINADO	HP 250x73,0	X	26,4359	44,1545	15,5715		
				Y	-35,7654	6,649	1,875	1,431	0,6
MANUAL	A500	LAMINADO	RHS 120x80x5	Y	6,2778	7,9082	2,211	1,716	0,6
MANUAL	A36	LAMINADO	D 3/8"	Y	45	0	0	0	2,3
				Y	45	0	0	2,3	
MANUAL	A36	LAMINADO	D 1"	Y	45	0	0	0	6,5
				Y	45	0	0	6,5	

Autor: Própria

7.2.1 Tabela de carga segunda ordem:

Foram feitos os cálculos com o vento a 0° e 90° e estrada a pior situação de carga e assim feita a Tabela 18.

Tabela 18 – Tabela de esforços segunda ordem

METODOLOGIA	AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	EXO	PIOR SITUAÇÃO				MODELO SEGUNDA ORDEM it				COMPRIMENTO (m)
					MODELO SEGUNDA ORDEM nt	CORTANTE (KN)	nt	nt	MODELO SEGUNDA ORDEM it	CORTANTE (KN)	it	MOMENTO MÁXIMO (KN*m)	
MANUAL	A36	DOBRADO	U 200x75	Y	0	2,2825	2,2825	0	2,2825	2,2825	3,503	3,503	5
MANUAL	A36	DOBRADO	U 200x75	Y	0	2,2825	2,2825	0	2,2825	2,2825	3,503	3,503	5
MANUAL	A36	LAMINADO	U 152,4x5,1	Y	-19,6845	1,8	0,0594	-24,1955	3,9226	0,1576	3,305	0,282	1,2
MANUAL	A36	LAMINADO	U 152,4x5,1	Y	34,7722	0,0594	0,0594	20,7319	0,1576	0,1576	11,5991	8,744	2,3
MANUAL	A36	LAMINADO	U 203,2x5,6	Y	-5,8469	6,3611	0,2912	-37,5434	0,3513	0,3513	0,698	5,508	5
MANUAL	A36	LAMINADO	U 203,2x5,6	Y	12,7062	0,2912	0,2912	20,4085	0,3513	0,3513	9,0779	5,508	12,5
MANUAL	A36	LAMINADO	254,0x9,6	Y	-12,3195	6,1685	5,7269	-74,7914	6,6197	6,6197	6,235	6,235	12,5
MANUAL	A36	LAMINADO	254,0x9,6	Y	24,1281	5,7269	5,7269	63,6442	6,6197	6,6197	6,235	6,235	12,5
MANUAL	A36	LAMINADO	HP 250x73,0	Y	-48,2895	4,5604	24,0483	-65,5254	1,7781	2,39195	10,517	2,88	7,5
MANUAL	A36	LAMINADO	HP 250x73,0	X	-0,4849	9,6056	24,0483	51,8419	3,1715	2,39195	6,308	10,517	7,5
MANUAL	A36	LAMINADO	HP 250x73,0	Y	-0,4849	9,6056	24,0483	51,8419	3,1715	2,39195	6,308	10,517	7,5
MANUAL	A36	LAMINADO	HP 250x73,0	X	-0,4849	9,6056	24,0483	51,8419	3,1715	2,39195	6,308	10,517	7,5
MANUAL	A500	LAMINADO	RHS 120x80x5	Y	-36,8458	20,5517	0,0688	-0,0688	113,9282	113,9282	4,043	4,043	0,6
MANUAL	A500	LAMINADO	RHS 120x80x5	Y	5,0964	1,3561	57,289	6,5953	6,5953	6,5953	1,763	1,763	0,6
MANUAL	A36	LAMINADO	D 3/8"	Y	45	0	45	45	0	0	0	0	2,3
MANUAL	A36	LAMINADO	D 3/8"	Y	45	0	45	45	0	0	0	0	2,3
MANUAL	A36	LAMINADO	D 1"	Y	45	0	45	45	0	0	0	0	6,5

Autor: Própria

8 Dimensionamento das barras

8.1 Verificações das barras

Os resultados das piores cargas solicitantes de carga foram definidos através dos dados fornecidos pela tabela de segunda ordem Tabela 18, assim descobrindo os coeficientes B1 e B2 Conforme Equação 2 e Equação 3, assim obtemos o Momento fletor, força Normal e Cortante de cálculo através da Equação 4, Equação 5.

Equação 2 – Coeficiente B1

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{N_{sd1}}{N_e}} \geq 1,0$$

Autor: NBR 8800:2024

Equação 3 – Coeficiente B2

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{1}{R_s} \frac{\Delta_h}{h} \frac{\sum N_{sd}}{\sum H_{sd}}}$$

Autor: NBR 8800:2024

Equação 4 – Momento fletor e força Normal de cálculo

$$M_{sd} = B_1 M_{nt} + B_2 M_{\ell t}$$

$$N_{sd} = N_{nt} + B_2 N_{\ell t}$$

Autor: NBR 8800:2024

Equação 5 – Cortante de cálculo

$$V_{sd} = V_{nt} + V_{\ell t}$$

Autor: NBR 8800:2024

8.1.1 Índice de Esbeltez limite

Tabela 19 – Índice de esbeltez limite barras

ÍNDICE DE ESBELTEZ LIMITE BARRA					
NOME PERFIL	ÍNDICE DE ESBELTEZ	ÍNDICE DE ESBELTEZ LIMITE COMPRESSÃO λ	ÍNDICE DE ESBELTEZ LIMITE TRACÇÃO λ	VERIFICAÇÃO ÍNDICE DE ESBELTEZ LIMITE	VERIFICAÇÃO ÍNDICE DE ESBELTEZ LIMITE
U 200x75	64,4294	200	300	OK	OK
U 152,4x5,1	38,7205	200	300	OK	OK
U 203,2x5,6	63,5324	200	300	OK	OK
U 254,0x9,6	134,2642	200	300	OK	OK
HP 250x73,0	72,5953	200	300	OK	OK
D 1"	1023,622	200	300	NÃO SE APLICA	NÃO SE APLICA
D 3/8"	966,3866	200	300	NÃO SE APLICA	NÃO SE APLICA

Autor: Própria

8.1.2 Força Axial

Tabela 20 – Força Axial barras

FOÇA AXIAL BARRA			
NOME PERFIL	NORMAIS DE CÁLCULO - N, S_d (kN)	NORMAIS RESISTENTE - N, R_d (kN)	VERIFICAÇÕES NORMAIS
U 200x75	0	136,4028	OK
U 152,4x5,1	50,6151	231,4696	OK
	125,6377	231,4696	OK
U 203,2x5,6	53,841	323,7587	OK
	65,32	323,7587	OK
U 254,0x9,6	107,93	565,9804	OK
	105,4884	565,9804	OK
HP 250x73,0	132,0547	1593,2568	OK
	65,7878	1593,2868	OK
D 1"	45	93,8347	OK
D 3/8"	5	13,1817	OK

Autor: Própria

8.1.3 Momento fletor

Tabela 21 – Momento fletor barras

MOMENTO FLETOR BARRA					
NOME PERFIL	MOMENTO DE CÁLCULO EM X -	MOMENTO RESISTENTE EM X - M_x, R_d (kN*m)	MOMENTO DE CÁLCULO EM Y - M_y, S_d (kN*m)	MOMENTO RESISTENTE EM Y - M_y, R_d (kN*m)	VERIFICAÇÕES MOMENTO EM X
U 200x75	3,4113	8,6792	0,7876	2,499	OK
U 152,4x5,1	7,946	17,9959	0	4,9776	OK
	0,6405	17,9959	0	4,9776	OK
U 203,2x5,6	24,017	32,8911	0	8,0444	OK
	1,9683	32,8911	0	8,0444	OK
U 254,0x9,6	16,5682	60,7191	0	16,113	OK
	21,2556	60,7191	0	16,113	OK
HP 250x73,0	57,599	128,2341	17,3507	55,862	OK
	57,599	128,2341	18,1829	55,862	OK
D 1"	0	0	0	0	OK
D 3/8"	0	0	0	0	OK

Autor: Própria

8.1.4 Força Cortante

Tabela 22 – Cortante barras

CORTANTE BARRA			
NOME PERFIL	CORTANTE DE CÁLCULO - V,Sd (kN)	CORTANTE RESISTENTE - V,Rd (kN)	VERIFICAÇÕES CORTANTE
U 200x75	2,281	70,7233	OK
U 152,4x5,1	5,7226	105,5716	OK
	0,5256	105,5716	OK
U 203,2x5,6	17,9602	154,8938	OK
	0,9831	154,8938	OK
U 254,0x9,6	15,2464	333,5482	OK
	12,3466	333,5482	OK
HP 250x73,0	26,4402	296,7	OK
	27,2198	296,7	OK
D 1"	0	0	OK
D 3/8"	0	0	OK

Autor: Própria

8.1.5 Flecha limite

Tabela 23 – Flecha limite barras

FLECHA LIMITE BARRA				
NOME PERFIL	FLECHA DE CÁLCULO EM Y- w,y	FLECHA DE CÁLCULO EM X- w,x (mm)	FLECHA DE CÁLCULO EM X- w,lim (mm)	VERIFICAÇÕES FLECHA LIMITE
U 200x75	4,9727	13,1436	20	OK
U 152,4x5,1	0,6722	0	4,8	OK
	0,199	0	9,2	OK
U 203,2x5,6	14,3261	0	20	OK
	1,1741	0	20	OK
U 254,0x9,6	25,2587	0	50	OK
	32,3791	0	50	OK
HP 250x73,0	10,5036	9,1798	26,6667	OK
	10,5036	9,6201	32	OK
D 1"	0	0	26	OK
D 3/8"	0	0	9,2	OK

Autor: Própria

9 Dimensionamento das ligações

9.1 Metodologia

Foram dimensionado o nó mais carregado da treliça e a placa de base com o maior esforço de tração e compressão conforme NBR 8800 após isso foi otimizada através do IDEA Statica assim sendo uma ligação otimizada.

9.2 Verificações através da NBR 8800:2024

9.2.1 Ligação-2 (placa de base)

Tabela 24 – Verificação Ligação-2 (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-2								
METODOLOGIA	AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	TIPO DE ESFORÇO	V,Sd (kN)	V,Rd (kN)	Verificação
MANUAL	A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-2	BASE PILAR	COMPRESSÃO	26,4402	64,8999	OK
MANUAL	A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-2	BASE PILAR	TRAÇÃO	27,2198	50,5163	OK

Autor: Própria

9.2.2 Ligação-3 (nó Treliça)

9.2.2.1 Verificação tração no parafuso

Tabela 25 – Verificação tração no parafuso (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-3 TRAÇÃO NO PARAFUSO							
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	TIPO DE ESFORÇO	TRAÇÃO NO PARAFUSO - Ft,Sd (kN)	TRAÇÃO NO PARAFUSO - Ft,Rd (kN)	VERIFICAÇÃO TRAÇÃO NO PARAFUSO
	AMINADO	LIGAÇÃO-3	PILAR E TRELIÇA PRINCIPAL	COMPRESSÃO	118,5	260,4765	OK

Autor: Própria

9.2.2.2 Verificação cisalhamento no parafuso

Tabela 26 – Verificação cisalhamento no parafuso (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-3 CISALHAMENTO NO PARAFUSO							
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	TIPO DE ESFORÇO	CISALHAMENTO NO PARAFUSO - Fv,Sd (kN)	CISALHAMENTO NO PARAFUSO - Fv,Rd (kN)	VERIFICAÇÃO CISALHAMENTO NO PARAFUSO
	AMINADO	LIGAÇÃO-3	PILAR E TRELIÇA	COMPRESSÃO	24,05	313,7718	OK

Autor: Própria

9.2.2.3 Verificação esmagamento na chapa e viga

Tabela 27 – Verificação esmagamento na chapa e viga (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-3 ESMAGAMENTO NA CHAPA E VIGA								
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	TIPO DE ESFORÇO	ESMAGAMENTO CHAPA E VIGA - Fc,Sd (kN)	ESMAGAMENTO RESISTENTE CHAPA - Fc,Rd,chapa (kN)	ESMAGAMENTO RESISTENTE VIGA - Fc,Rd,viga (kN)	ESMAGAMENTO CHAPA E VIGA
-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-3	PILAR E TRELIÇA	COMPRESSÃO	118,5	864,7111	520,448	OK

Autor: Própria

9.2.2.4 Verificação cisalhamento na chapa e viga

Tabela 28 – Verificação cisalhamento na chapa e viga (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-3 CISALHAMENTO NA CHAPA E VIGA								
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	TIPO DE ESFORÇO	CISALHAMENTO CHAPA E VIGA - Fv,Sd (kN)	CISALHAMENTO RESISTENTE CHAPA - Fv,Rd,chapa (kN)	CISALHAMENTO RESISTENTE VIGA - Fv,Rd,viga (kN)	CISALHAMENTO CHAPA E VIGA
-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-3	PILAR E TRELIÇA	COMPRESSÃO	24,05	1745,4545	1164,16	OK

Autor: Própria

9.2.2.5 Verificação colapso por rasgamento

Tabela 29 – Verificação colapso por rasgamento (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-3 COLAPSO POR RASGAMENTO			
COLAPSO POR RAGAMENTO	COLAPSO POR RAGAMENTO ("BLOCL	COLAPSO POR RAGAMENTO ("BLOCL SHEAR") - Fr,Rd,viga	COLAPSO POR RAGAMENTO ("BLOCL SHEAR")
24,05	583,1111	1122,963	OK

Autor: Própria

9.2.2.6 Verificação solda

Tabela 30 – Verificação solda (NBR8800:2024)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÃO-3 SOLDA		
SOLDA - Fw,Sd (kN)	SOLDA - Fw,Rd (kN)	SOLDA
118,5	261,7021	OK

Autor: Própria

9.3 Ligações IDEA Statica

9.3.1 MEF Ligações

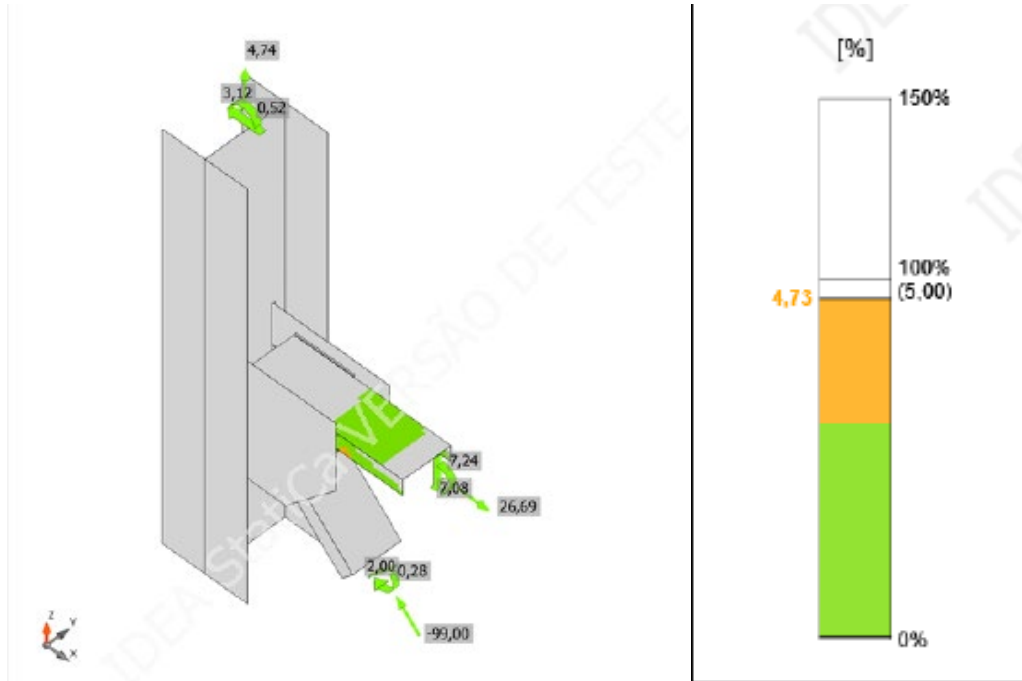
9.3.1.1 Ligação-1

Tabela 31 – Ligação-1 tipologia



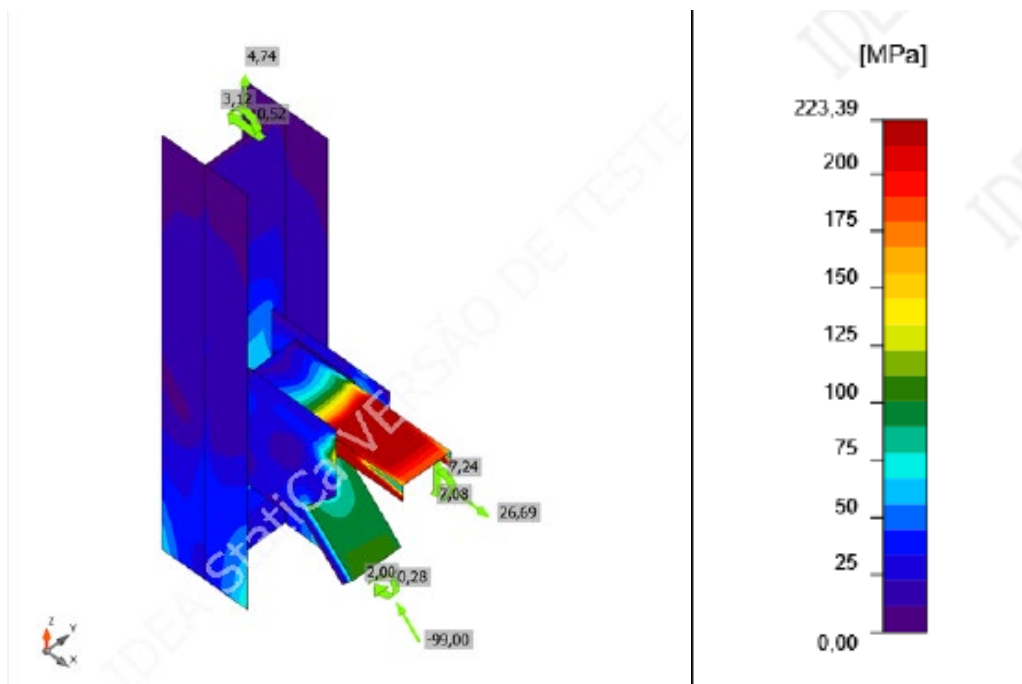
Autor: Própria

Figura 42 – Ligação-1 Deformação



Autor: Própria

Figura 43 – Ligação-1 Tensões submetidas



Autor: Própria

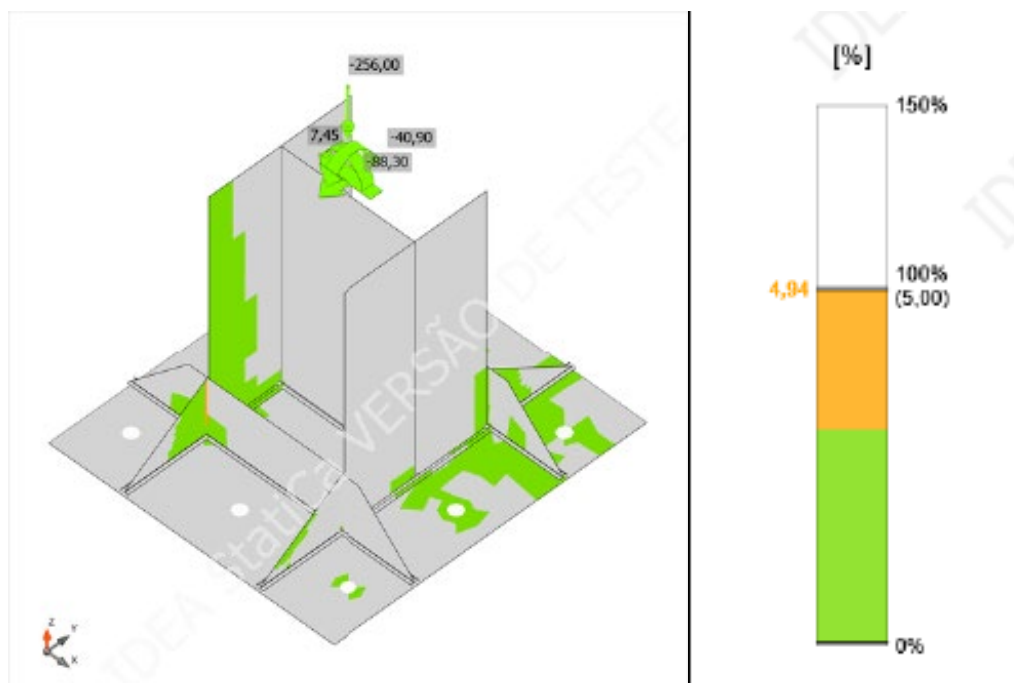
9.3.1.2 Ligação-2

Figura 44 – Ligação-2 tipologia

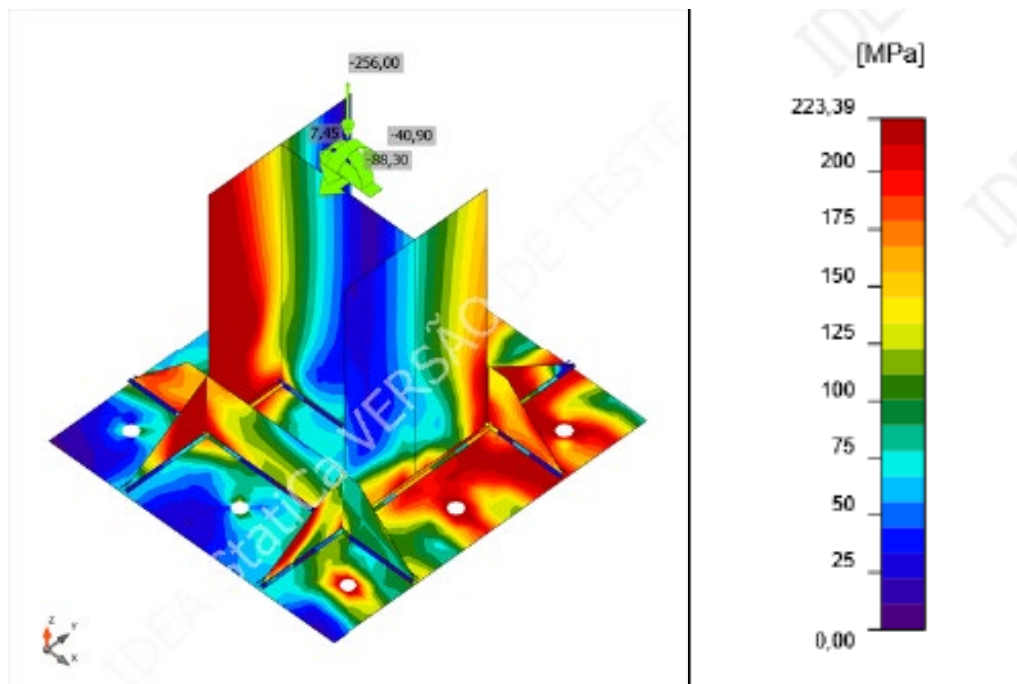


Autor: Própria

Figura 45 - Ligação-2 Deformação



Autor: Própria

Figura 46 – Ligação-2 Tensões submetidas

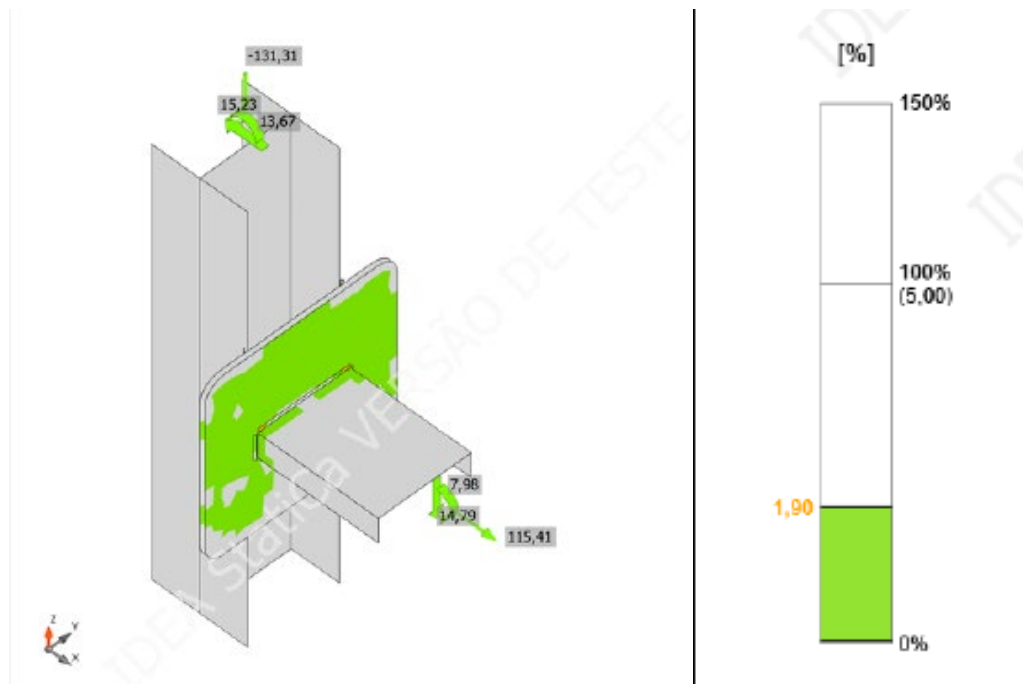
Autor: Própria

9.3.1.3 Ligação-3

Figura 47 – Ligação-3 tipologia

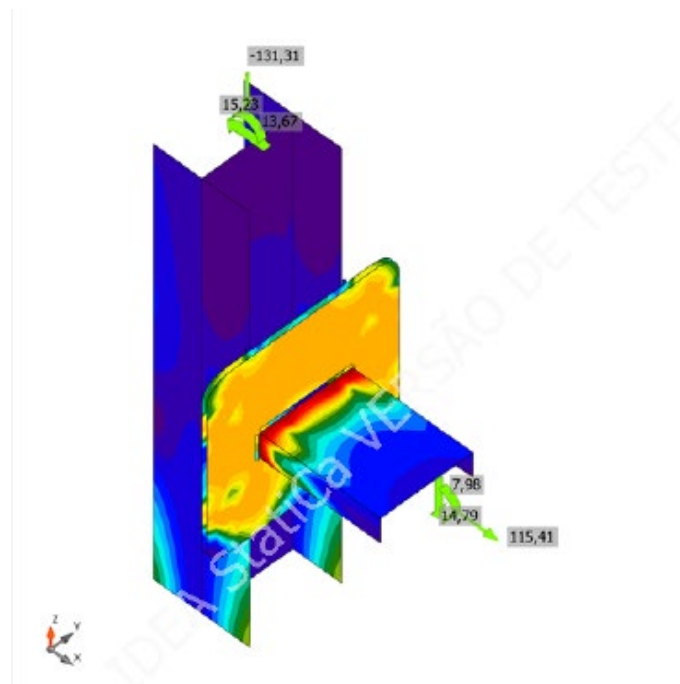
Autor: Própria

Figura 48 - Ligação-3 Deformação



Autor: Própria

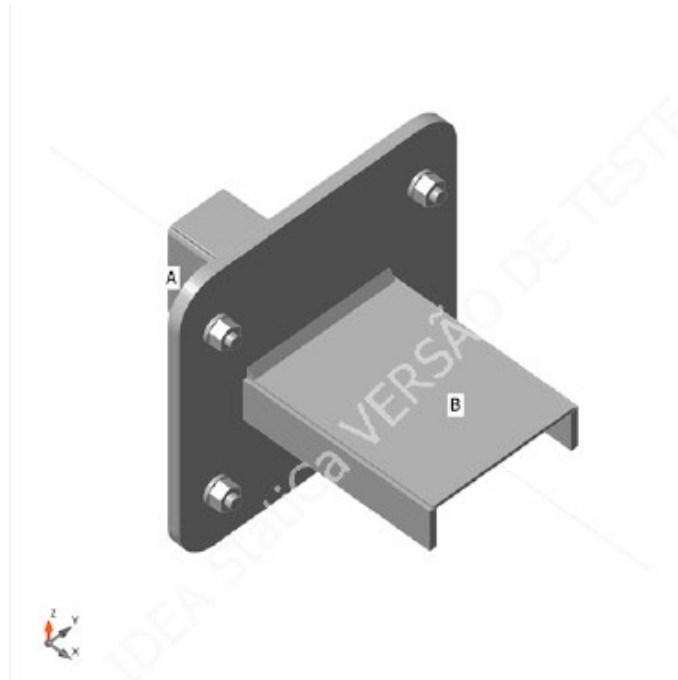
Figura 49– Ligação-3 Tensões submetidas



Autor: Própria

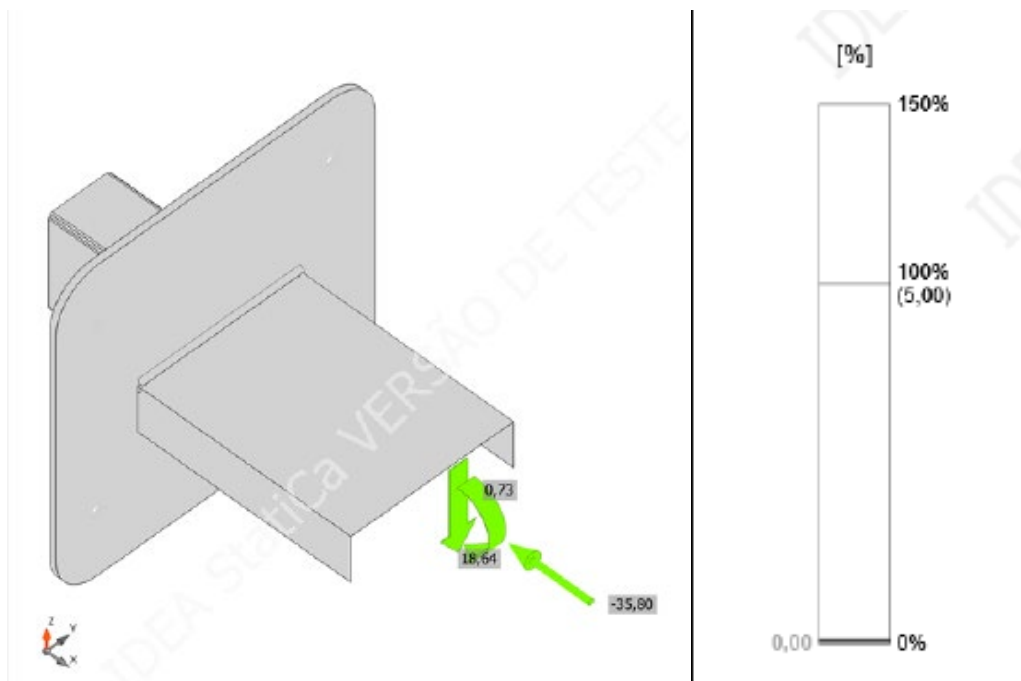
9.3.1.4 Ligação-4 (Compressão)

Figura 50 – Ligação-4 tipologia



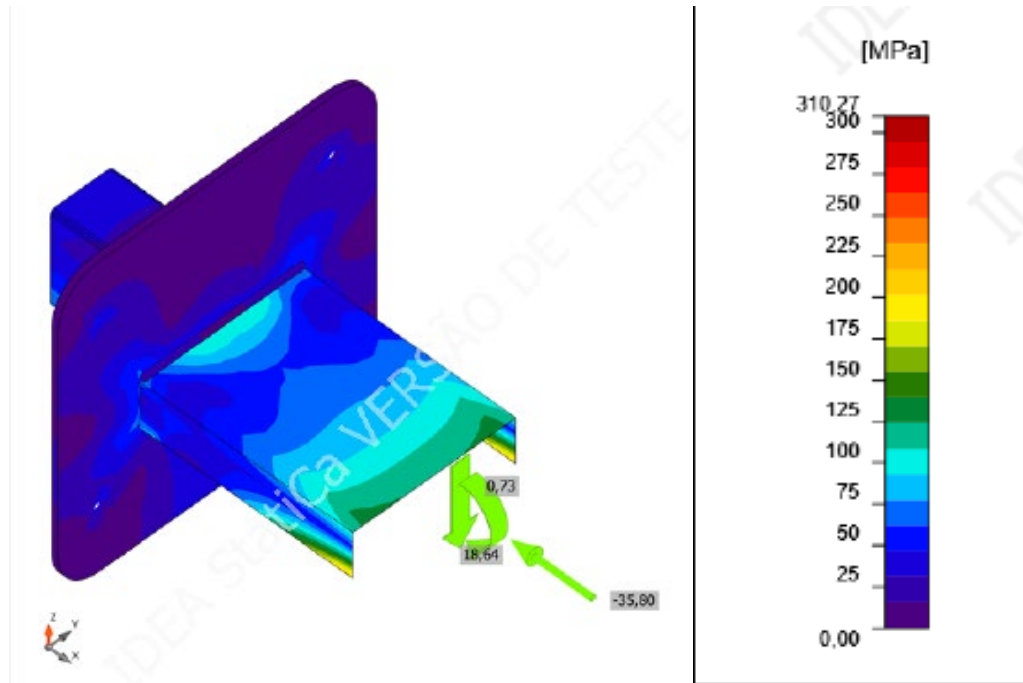
Autor: Própria

Figura 51 - Ligação-4 Deformação (Compressão)



Autor: Própria

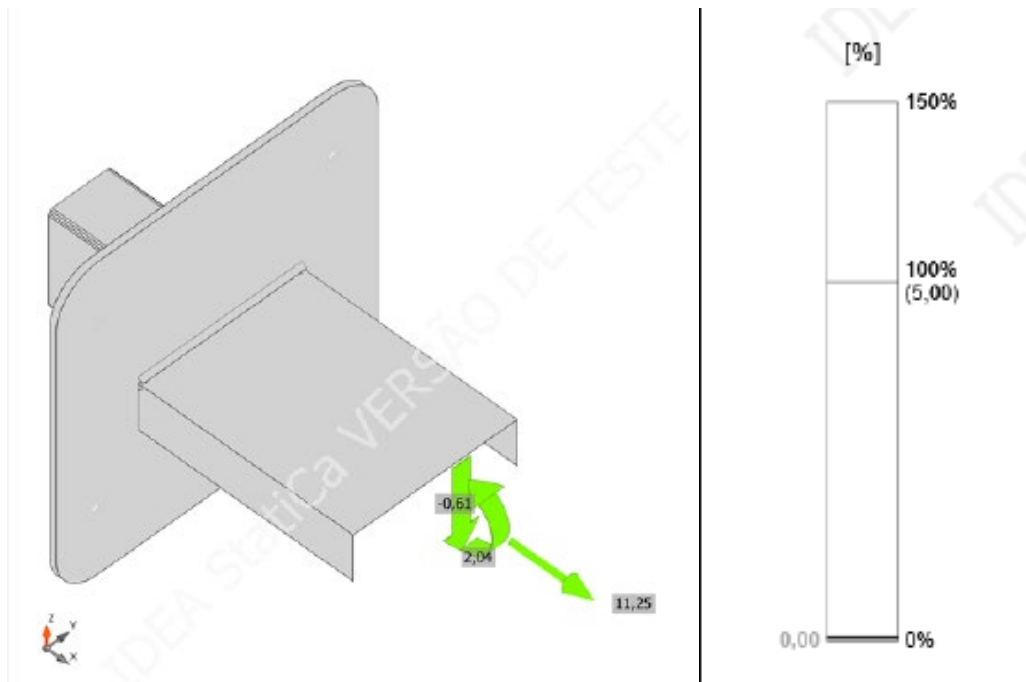
Figura 52 – Ligação-4 Tensões submetidas (Compressão)



Autor: Própria

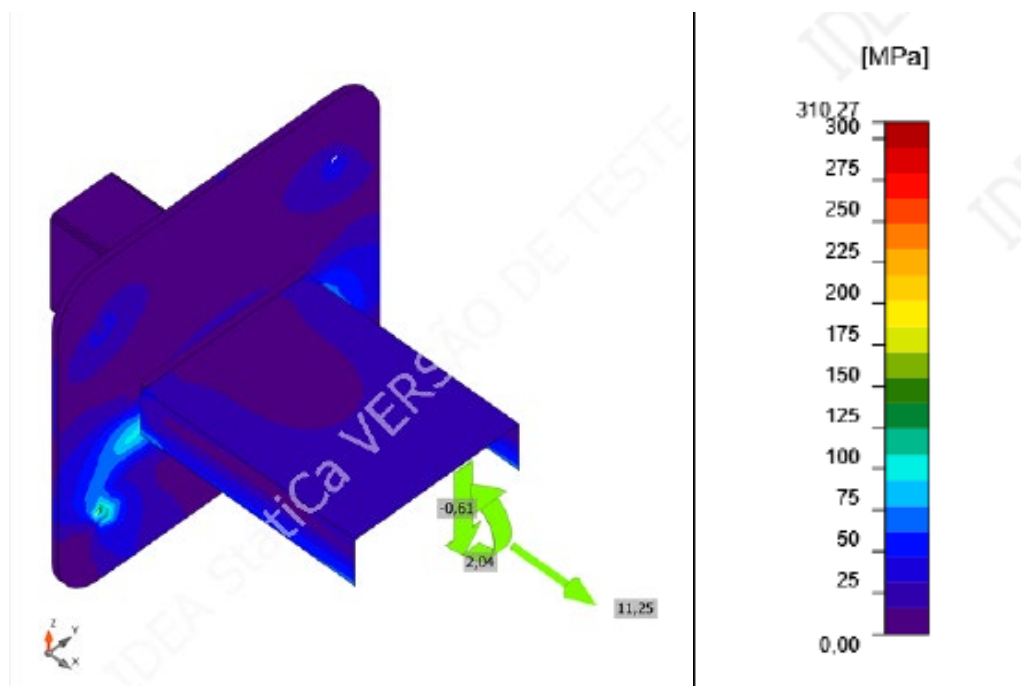
9.3.1.5 Ligação-4 (Tração)

Figura 53 - Ligação-4 Deformação (Tração)



Autor: Própria

Figura 54 – Ligação-4 Tensões submetidas (Compressão)



Autor: Própria

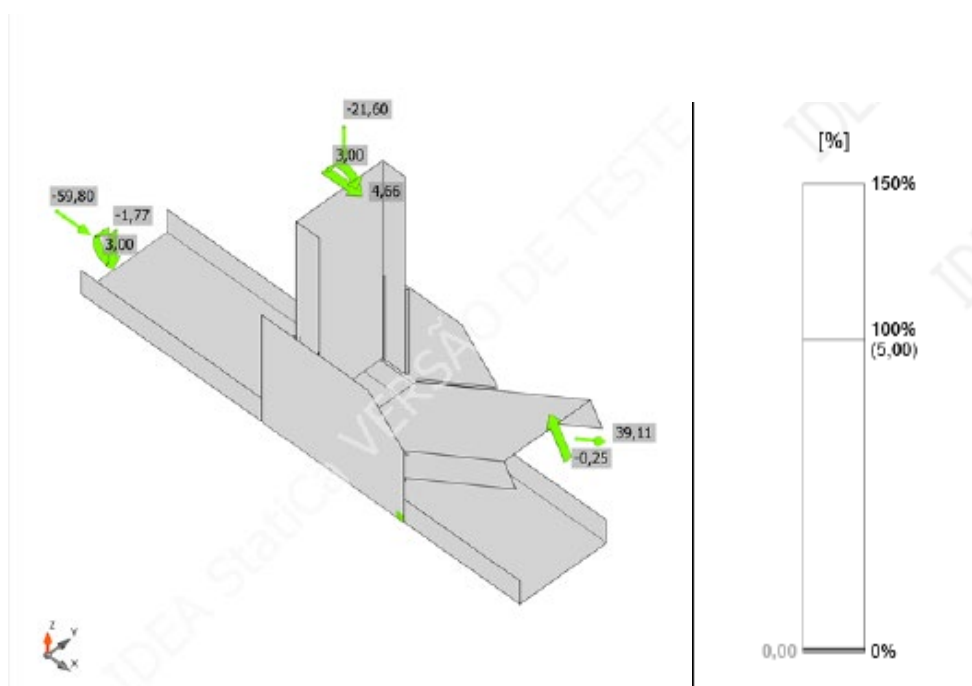
9.3.1.6 Ligação-5

Figura 55 – Ligação-5 tipologia



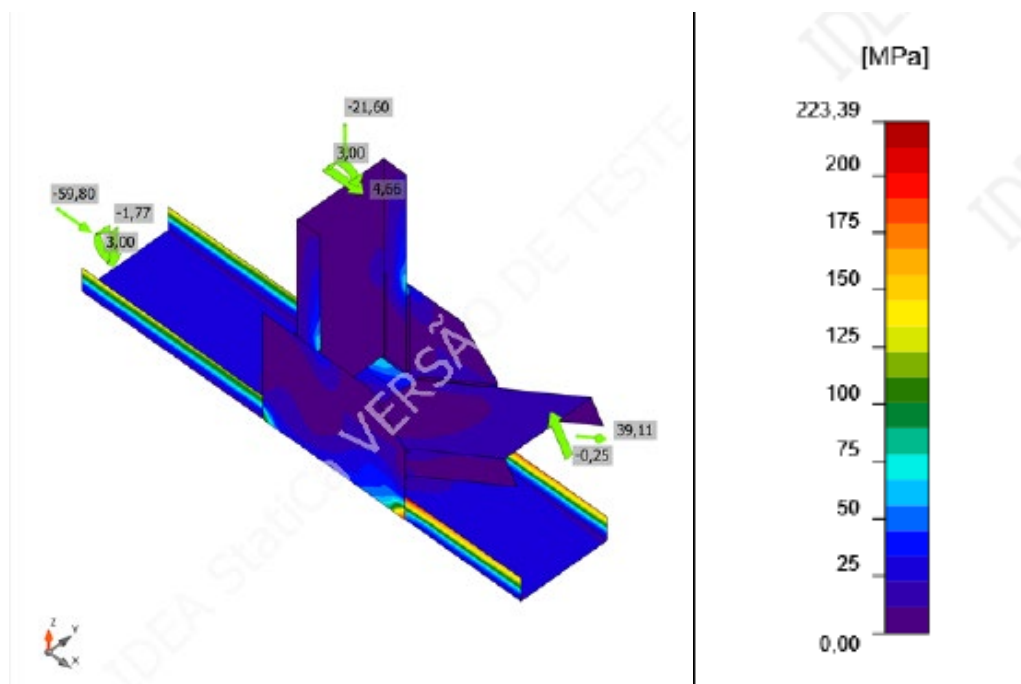
Autor: Própria

Figura 56 - Ligação-5 Deformação



Autor: Própria

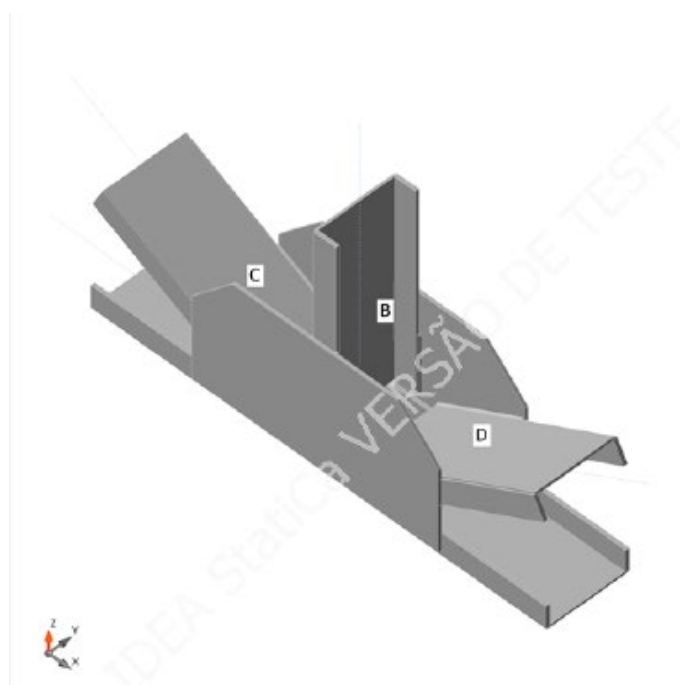
Figura 57 – Ligação-5 Tensões submetidas



Autor: Própria

9.3.1.7 Ligação-6 (Compressão)

Figura 58 – Ligação-1 tipologia



Autor: Própria

Figura 59 - Ligação-6 Deformação (Compressão)

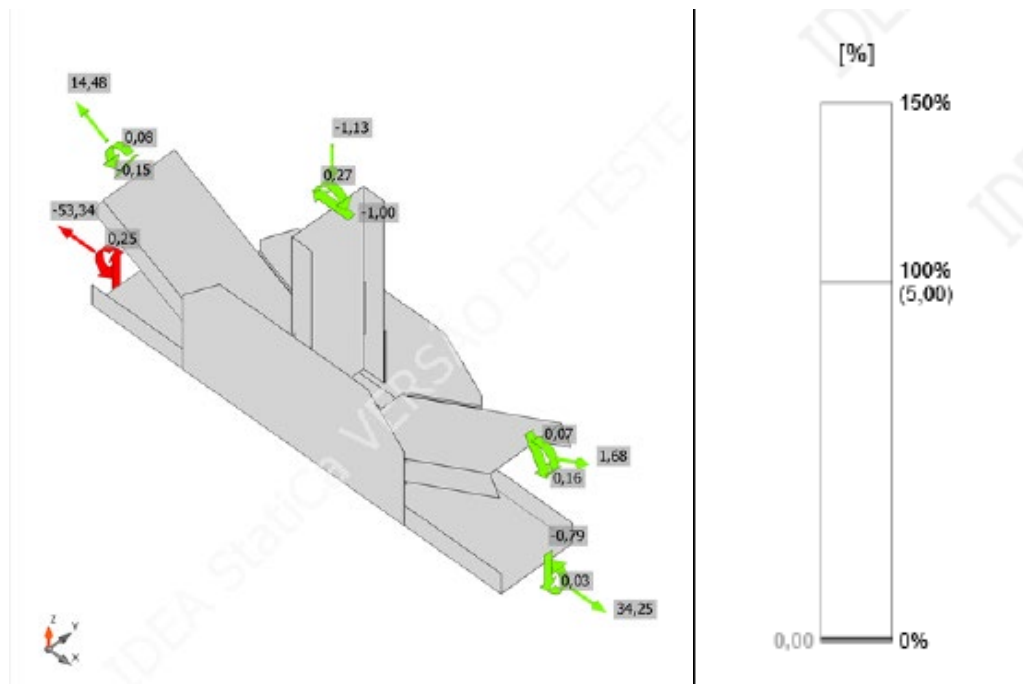
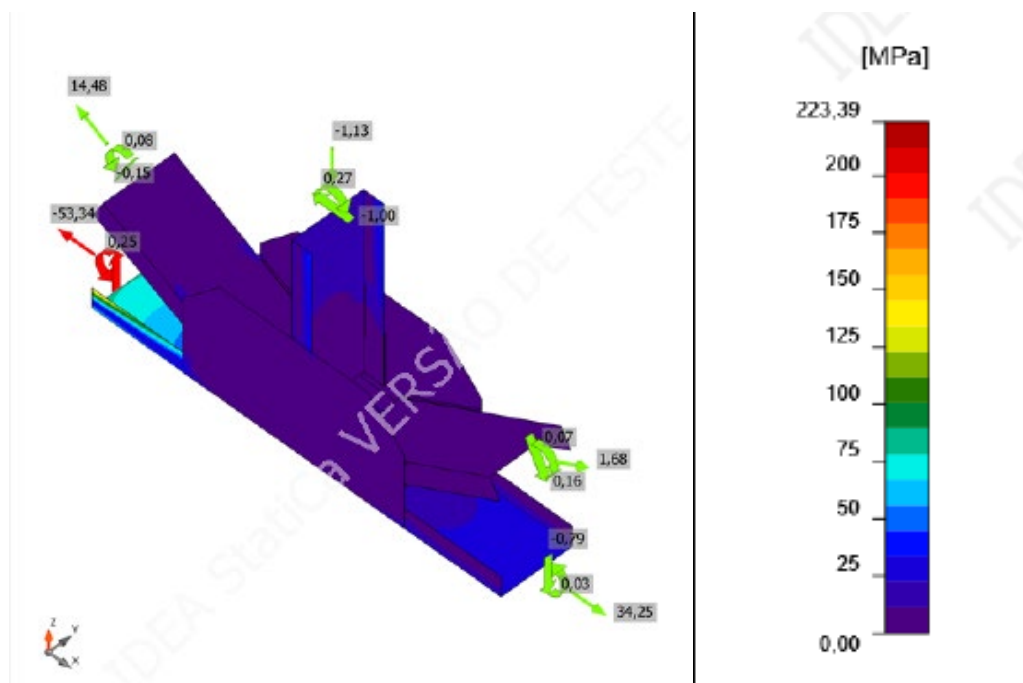
*Autor: Própria*

Figura 60 – Ligação-7 Tensões submetidas (Compressão)

*Autor: Própria*

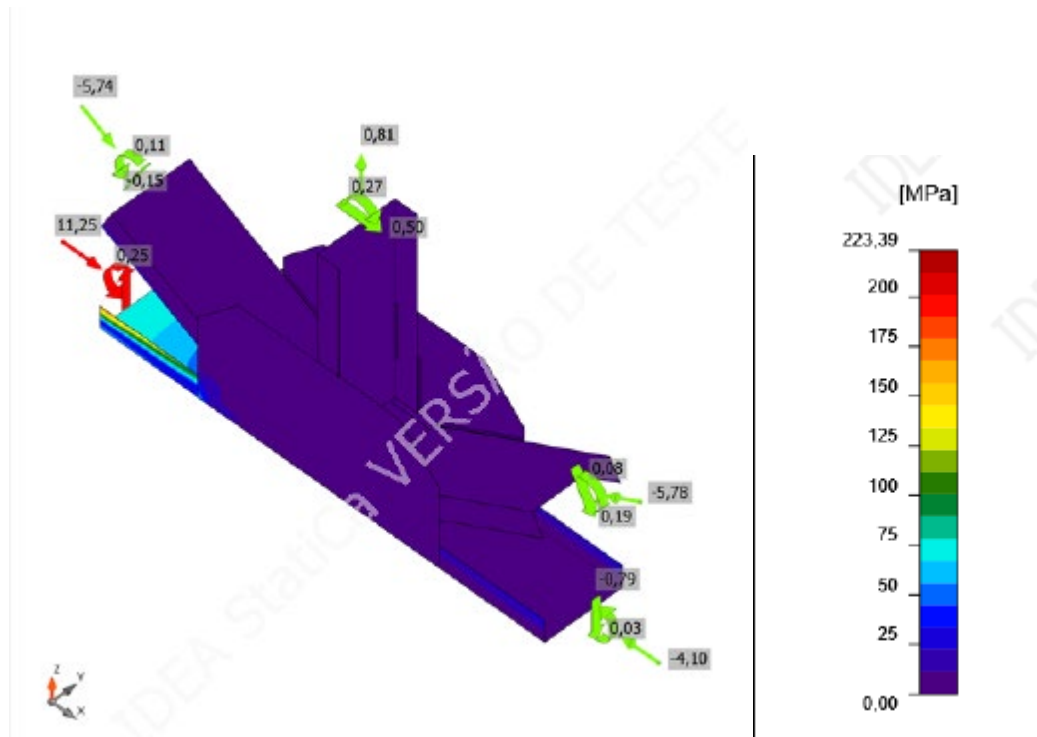
9.3.1.8 Ligação-6 (Tração)

Figura 61 - Ligação-6 Deformação (Tração)



Autor: Própria

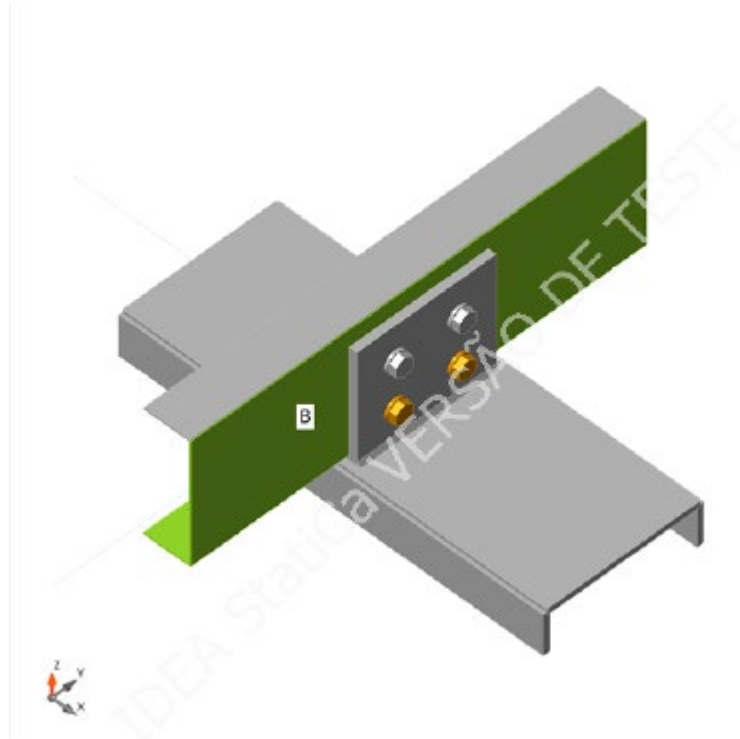
Figura 62 – Ligação-6 Tensões submetidas (Tração)



Autor: Própria

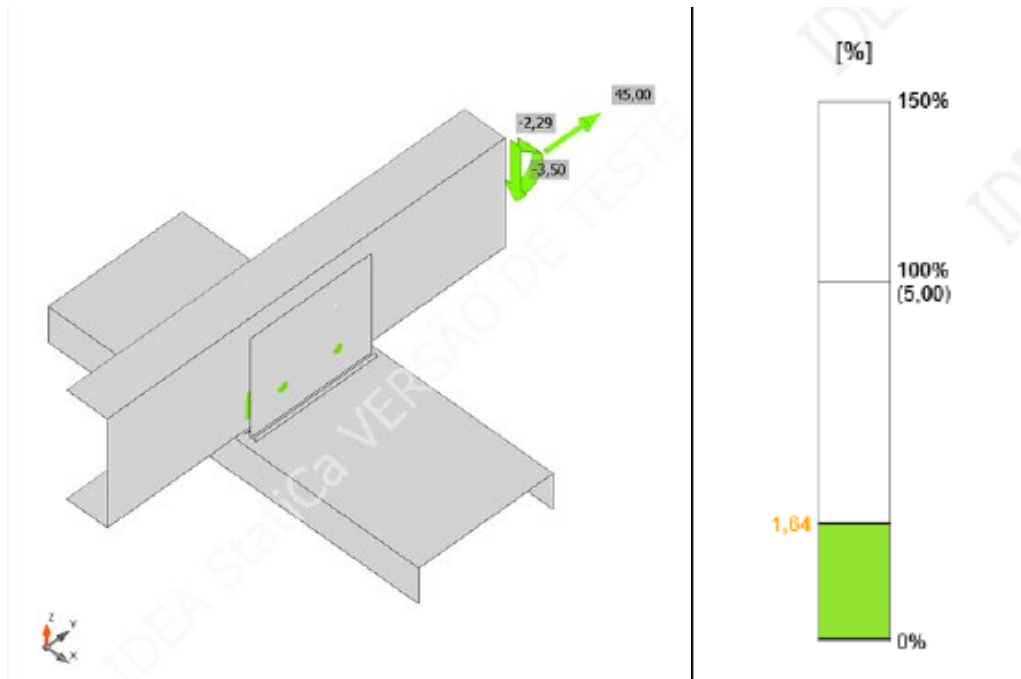
9.3.1.9 Ligação-7

Figura 63 – Ligação-7 tipologia



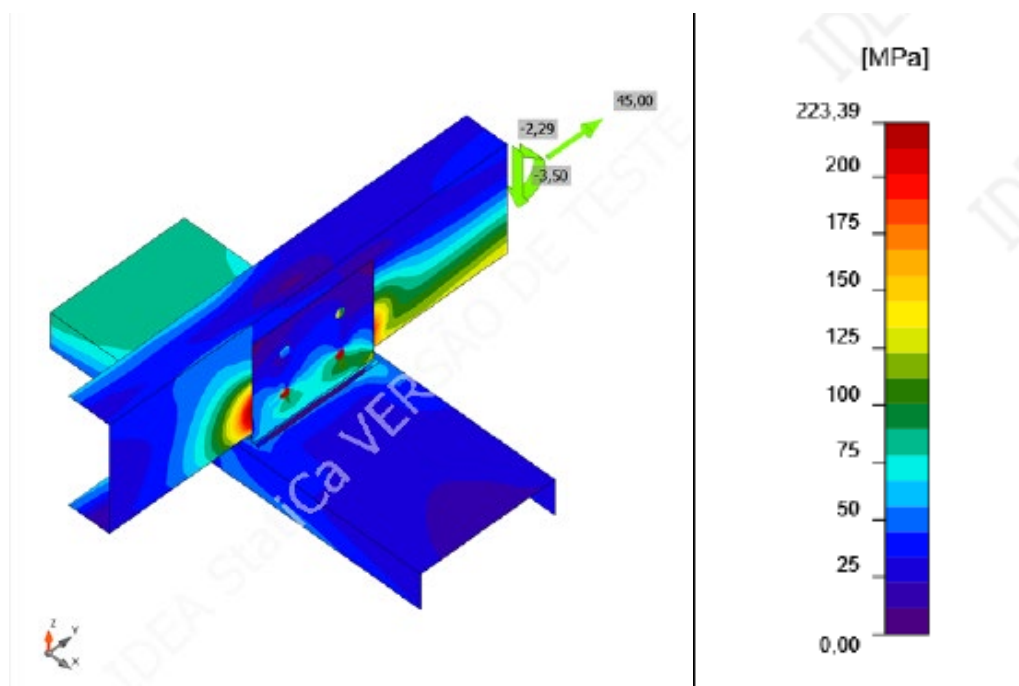
Autor: Própria

Figura 64 - Ligação-7 Deformação



Autor: Própria

Figura 65 – Ligação-7 Tensões submetidas



Autor: Própria

9.4 Verificações ligações através do IDEA Estática

9.4.1 Verificações ligações submetidas a tração

Tabela 32 – Verificações ligações submetidas a tração (IDEA Stática)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÕES SUBMETIDAS A TRAÇÃO						
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	VERIFICAÇÃO CHAPA	VERIFICAÇÃO PARAFUSO	VERIFICAÇÃO SOLDA
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-4	PILAR E TRELIÇA SECUNDÁRIA	OK	OK	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-6	NÓ CENTRAL TRELIÇA SECUNDÁRIA	OK	NÃO SE APLICA	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-7	TERÇA	OK	OK	OK

Autor: Própria

9.4.2 Ligações submetida a compressão

Tabela 33 – Verificações ligações submetidas a compressão (IDEA Stática)

VERIFICAÇÕES LIGAÇÕES SUBMETIDAS A COMPRESSÃO						
AÇO	TIPO DE AÇO	NOME PERFIL	PEÇA	VERIFICAÇÃO CHAPA	VERIFICAÇÃO PARAFUSO	VERIFICAÇÃO SOLDA
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-1	PILAR NÓ TRELIÇA	OK	NÃO SE APLICA	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-2	BASE PILAR	OK	OK	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-3	PILAR E TRELIÇA PRINCIPAL	OK	OK	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-4	PILAR E TRELIÇA SECUNDÁRIA	OK	OK	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-5	NÓ MAIS CARREGADO TRELIÇA PRINCIPAL	OK	NÃO SE APLICA	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-6	NÓ CENTRAL TRELIÇA SECUNDÁRIA	OK	NÃO SE APLICA	OK
A-36	LAMINADO	LIGAÇÃO-7	TERÇA	OK	OK	OK

Autor: Própria

10 Quantitativo de solda

10.1 Descrição soldas

A solda E70xx foi utilizada em todas as ligações.

Tabela 34 – Descrição solda

TABELA DE SOLDAS		
Peça	TIPO	w (mm)
LIGAÇÃO-1	E70xx	6
LIGAÇÃO-2	E70xx	7
LIGAÇÃO-3	E70xx	8
LIGAÇÃO-4	E70xx	10
LIGAÇÃO-5	E70xx	7
LIGAÇÃO-6	E70xx	6
LIGAÇÃO-7	E70xx	8
LIGAÇÃO-8	E70xx	8
LIGAÇÃO-9	E70xx	8

Autor: Própria

10.2 Quantitativo da solda na Cobertura

10.2.1 Total de solda utilizada por ligação cobertura

Tabela 35 – Quantidade total de solda por tipo de ligação Cobertura

TABELA DE QUANTIDADE DE LIGAÇÕES E SOLDAS TELHADO					
NOME	QUANTIDADE	TIPO DE SOLDA	W FILETE DE SOLDAS (mm)	COMPRIMENTO FILETE DE SOLDAS (mm)	COMPRIMENTO TOTAL DE SOLDAS (m)
ENRIJECEADOR	252	E70xx	6	900,000	226,800
LIGAÇÃO-3	132	E70xx	8	2006,150	264,812
LIGAÇÃO-5	896	E70xx	7	3457,457	3097,881
LIGAÇÃO-7	541	E70xx	8	420,000	227,220
LIGAÇÃO-8	300	E70xx	8	200,000	60,000
LIGAÇÃO-9	354	E70xx	8	200,000	70,800

Autor: Própria

10.2.2 Total de solda utilizada na cobertura

Tabela 36 – Total de solda Cobertura

TABELA TOTAL DE SOLDAS TELHADO		
W FILETE DE SOLDAS (mm)	TIPO DE SOLDAS	COMPRIMENTO TOTAL DE SOLDAS (m)
6	E70xx	226,800
7	E70xx	622,832
8	E70xx	3097,881

Autor: Própria

10.3 Quantitativo da solda Global

10.3.1 Total de solda utilizada por ligações global

Tabela 37 - Quantidade total de solda por tipo de ligação global

TABELA DE QUANTIDADE DE LIGAÇÕES E SOLDAS GLOBAIS					
NOME	QUANTIDADE	TIPO DE SOLDAS	W FILETE DE SOLDAS (mm)	COMPRIMENTO FILETE DE SOLDAS (mm)	COMPRIMENTO TOTAL DE SOLDAS (m)
ENRIJECEADOR	252	E70xx	6	900,000	226,800
LIGAÇÃO-1	684	E70xx	6	2790,108	1908,434
LIGAÇÃO-2	198	E70xx	7	2742,800	543,074
LIGAÇÃO-3	132	E70xx	8	2006,150	264,812
LIGAÇÃO-4	128	E70xx	10	673,968	86,268
LIGAÇÃO-5	896	E70xx	7	3457,457	3097,881
LIGAÇÃO-6	192	E70xx	6	4382,575	841,454
LIGAÇÃO-7	541	E70xx	8	420,000	227,220
LIGAÇÃO-8	300	E70xx	8	200,000	60,000
LIGAÇÃO-9	354	E70xx	8	200,000	70,800

Autor: Própria

10.3.2 Total global solda

Tabela 38 - Total de solda global

TABELA TOTAL DE SOLDAS GLOBAIS		
W FILETE DE SOLDAS (mm)	TIPO DE SOLDAS	COMPRIMENTO TOTAL DE SOLDAS (m)
6	E70xx	2976,688
7	E70xx	3640,956
8	E70xx	622,832
10	E70xx	86,268

Autor: Própria

11 Resistência ao incêndio

Tempo mínimo que a estrutura precisa suportar é igual a 30min adotado através da Tabela 39 e a tinta adotada para atender esse tempo tem que ser uma tinta intumescentes e sua espessura mínima de 0,49mm conforme Tabela 40.

Tabela 39 – Tabela de TRRF

Tabela A.1 – Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minuto

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
			Classe S ₂ h _s > 10 m	Classe S ₁ h _s ≤ 10 m	Classe P ₁ h ≤ 6 m	Classe P ₂ 6 m < h ≤ 12 m	Classe P ₃ 12 m < h ≤ 23 m	Classe P ₄ 23 m < h ≤ 30 m	Classe P ₅ h > 30 m
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	90	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120

/ANEXO B

Autor: NBR 14432

Tabela 40 – Espessura mínima película de tinta intumescente

u/A (m ⁻¹)	TRRF (minutos)			
	Calatherm 600			
	30	60	90	120
150	0,29	1,17	2,05	2,92
200	0,37	1,47	2,57	-
300	0,49	1,97	3,94	-

Fonte: Catálogo Tintas Calamar

Tabela 5.15 – Espessura (mm) da película de tinta intumescente aplicada em vigas com seção transversal em forma de "I", com três lados expostos ao fogo, para $t = 550\text{ }^{\circ}\text{C}$

Autor: Manua CBCA - resistência ao fogo estruturas de aço

12 Peso estrutura

12.1 Peso da estrutura cobertura

12.1.1 Barras Cobertura

Tabela 41 – Peso das Barras Cobertura

TABELA DE MATERIAL BARRAS TELHADO				
Tipo	Nome da montagem	Material	Comprimento (m)	Peso (kg)
D 3/8"	COBERTURA	Aço ASTM A36	293,82	164,53
L 1.3/4' - 1/8'	COBERTURA	Aço ASTM A36	342,41	732,74
U 200x75	COBERTURA	Aço ASTM A36	669,47	24769,28
COBERTURA			1305,7	25666,55
D 1"	CONTRAVENTAMENTO	Aço ASTM A36	269	1070,6
CONTRAVENTAMENTO			269	1070,6
U 200x75	FECHAMENTO	Aço ASTM A36	90,94	3364,66
FECHAMENTO			90,94	3364,66
U 10" 66,04	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	1317,32	29994,44
TRELIÇA PRINCIPAL			1317,32	29994,44
TOTAL			2982,96	60096,25

Autor: Própria

12.1.2 Ligações Cobertura

Tabela 42 – Peso ligações Cobertura

MATERIAL DE LIGAÇÕES TELHADO			
Marca de tipo	Nome da montagem	Material	Peso (kg)
Ligação-8	CONTRAVENTAMENTO	Aço ASTM A36	290,44
CONTRAVENTAMENTO			290,44
Ligação-3	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	3478,28
Ligação-5	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	6383,42
Ligação-7	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	1411,36
Ligação-8	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	83,1
Ligação-9	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	223
TRELIÇA PRINCIPAL			11579,16
TOTAL			11869,6

Autor: Própria

12.1.3 Parafuso Cobertura

Tabela 43 – Peso dos parafusos Cobertura

TABELA DE PARAFUSOS TELHADO					
Tipo	Peça	Comprimento do parafuso (unit)	Diametro (inch)	Quantidade (unit)	Peso (kg)
ASTM A307	LIGAÇÃO-3	40	3/4	136	14,69
ASTM A307	LIGAÇÃO-3	51	3/4	216	23,33
ASTM A325	LIGAÇÃO-7 e 10	44	5/8	1179	95,99
ASTM A325	LIGAÇÃO-8	51	5/8	224	20,03
Total geral				1755	154,04

Autor: Própria

12.1.4 Resultado cobertura

Peso total da cobertura é de 60096,25 kg sem as ligações e com elas 72119,89kg. A área adotada para a estrutura foi de 1000m², assim ficando 60,097 kg/m² de aço sem as ligações e 72,12 kg/m² da cobertura.

12.2 Peso da estrutura global

12.2.1 Barras global

Tabela 44 - Peso das Barras global

TABELA DE MATERIAL BARRAS GLOBAL				
Tipo	Nome da montagem	Material	Comprimento (m)	Peso (kg)
D 3/8"	COBERTURA	Aço ASTM A36	293,82	164,53
L1.3/4' - 1/8'	COBERTURA	Aço ASTM A36	342,41	732,74
U 200x75	COBERTURA	Aço ASTM A36	669,47	24769,28
COBERTURA			1305,7	25666,55
D 1"	CONTRAVENTAMENTO	Aço ASTM A36	269	1070,6
CONTRAVENTAMENTO			269	1070,6
U 200x75	FECHAMENTO	Aço ASTM A36	90,94	3364,66
FECHAMENTO			90,94	3364,66
HP250X73	PILAR	Aço ASTM A36	315,31	23015,34
RHS 80x120x5	PILAR	Aço ASTM A36	17,09	244,6
U 6" 51,66	PILAR	Aço ASTM A36	313,44	4895,48
U 8" 57,4	PILAR	Aço ASTM A36	54,44	930,78
PILAR			700,28	29086,2
U 10" 66,04	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	1317,32	29994,44
TRELIÇA PRINCIPAL			1317,32	29994,44
U 8" 57,4	TRELIÇA SECUNDARIA	Aço ASTM A36	260,68	4457,56
TRELIÇA SECUNDARIA			260,68	4457,56
TOTAL			3943,92	93640,01

Autor: Própria

12.2.2 Ligações global

Tabela 45 – Peso das ligações global

MATERIAL DE LIGAÇÕES GLOBAL			
Marca de tipo	Nome da montagem	Material	Peso (kg)
Ligação-8	CONTRAVENTAMENTO	Aço ASTM A36	290,44
CONTRAVENTAMENTO			290,44
Enrijecedor	PILAR	Aço ASTM A36	328,73
Ligação-1	PILAR	Aço ASTM A36	4238,03
Ligação-2	PILAR	Aço ASTM A36	1056,46
Ligação-3	PILAR	Aço ASTM A36	919,96
Ligação-4	PILAR	Aço ASTM A36	751,4
Ligação-7	PILAR	Aço ASTM A36	113,4
Ligação-9	PILAR	Aço ASTM A36	22,04
PILAR			7430,02
Ligação-3	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	3478,28
Ligação-5	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	6383,42
Ligação-7	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	1411,36
Ligação-8	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	83,1
Ligação-9	TRELIÇA PRINCIPAL	Aço ASTM A36	223
TRELIÇA_PRINCIPAL			11579,16
Ligação-4	TRELIÇA SECUNDARIA	Aço ASTM A36	751,4
Ligação-6	TRELIÇA SECUNDARIA	Aço ASTM A36	1763,3
TRELIÇA_SECUNDARIA			2514,7
TOTAL			21814,32

Autor: Própria

12.2.3 Parafuso global

Tabela 46 – Peso do parafuso global

TABELA DE PARAFUSOS GLOBAL					
Tipo	Peça	Comprimento do parafuso (unit)	Diametro (inch)	Quantidade (unit)	Peso (kg)
ASTM A307	LIGAÇÃO-3	40	3/4	136	14,69
ASTM A307	LIGAÇÃO-4	44	5/8	320	22,94
ASTM A307	LIGAÇÃO-3	51	3/4	216	23,33
ASTM A307	LIGAÇÃO-2	560	7/8	252	41,88
ASTM A325	LIGAÇÃO-7 e 10	44	5/8	1179	95,99
ASTM A325	LIGAÇÃO-8	51	5/8	224	20,03
Total geral				2327	218,86

Autor: Própria

12.2.4 Resultado global

Peso total global da estrutura é de 93640,01 kg sem as ligações e com elas 115673,19 kg. A área adotada para a estrutura foi de 1000m², assim ficando 93,65 kg/m² de aço sem as ligações e 115,674 kg/m² da estrutura global.

13 Conclusão:

Diante dos dados e análises apresentados, conclui-se que os perfis adotados atendem satisfatoriamente às solicitações provenientes das combinações de cargas propostas. As verificações de resistência, estabilidade e desempenho demonstraram que os elementos estruturais dimensionados estão dentro dos parâmetros normativos e de segurança exigidos. Portanto, os perfis selecionados são tecnicamente viáveis e adequados para a aplicação na situação específica da obra em questão, garantindo a segurança e o desempenho estrutural do sistema projetado.

Todas as ligações soldadas serão feitas nas fabricas, somente as ligações parafusadas serão instaladas in loco, assim trazendo agilidade na construção.

Foi feito um projeto de fácil visualização em 3D podendo ser acessado através da Figura 66 caso não entrar segue link: <https://autode.sk/435a0hG>

Figura 66 – QR Codes modelo 3D



Autor: Própria