

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

**PROJETO DA ESTRUTURA DE AÇO DE GALPÃO DE
PROTEÇÃO DE TANQUES DE EXCESSO DE PARTÍCULAS
DE MINÉRIO DE FERRO**

AUTORA: RITA DE CÁSSIA MENEZHIN
PROF. ORIENTADOR: RICARDO HALLAL FAKURY

2015



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

**PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30**

N° VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

1/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

REVISÕES

TE: TIPO
EMISSÃO

A - PRELIMINAR

C - PARA CONHECIMENTO

E - PARA CONSTRUÇÃO

G - CONFORME CONSTRUÍDO

B - PARA APROVAÇÃO

D - PARA COTAÇÃO

F - CONFORME COMPRADO

H - CANCELADO

[illegible]

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 2/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.0	INTRODUÇÃO	3
2.0	OBJETIVO	3
3.0	DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	3
4.0	CÓDIGOS E NORMAS	3
5.0	BIBLIOGRAFIAS ADOTADAS	4
6.0	SISTEMA DE UNIDADES	5
7.0	PROGRAMAS UTILIZADOS	5
8.0	MATERIAIS UTILIZADOS	5
9.0	COBERTURA	6
10.0	CARREGAMENTOS	12
11.0	COMBINAÇÕES	17
12.0	VERIFICAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS	22
13.0	DIMENSIONAMENTO GERAL DA ESTRUTURA	24
14.0	QUADRO DE CARGAS	66
15.0	DIMENSIONAMENTO DAS BASES	68
16.0	LISTA DE MATERIAIS	72
17.0	CONCLUSÃO DO TRABALHO	73

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 3/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 TRABALHO FINAL DE CURSO

Este trabalho de final de curso trata de uma memória de cálculo de um Galpão, no qual a cobertura foi projetada para proteger um tanque de excesso de partículas de minério de ferro.

Conforme tratado com o professor, este trabalho é um estudo de caso pelo qual pretende-se demonstrar a prática da engenharia em acordo com a teoria aprendida nos cursos de estruturas metálicas. Este trabalho valida o dimensionamento do SAP2000 comparando-se os resultados ao dimensionamento proposto na Norma NBR8800 (revisão 2008). Para facilitar os cálculos manuais o dimensionamento da NBR8800 foi realizado por meio de planilhas do Excel.

2.0 OBJETIVO

Esta memória refere-se ao dimensionamento da Cobertura em estrutura metálica para o tanque 6PP30 - EMA da Vale, situado em Vitória/ES, a qual foi projetada para suportar os diversos esforços atuantes, tendo o objetivo do cálculo definir as dimensões dos perfis estruturais para elaboração da planilha de quantidade.

3.0 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

CP-S-501 – R6	Critério de Projetos para Estruturas Metálicas;
DF-812P-40-00051/42-07604	Arranjo geral – Transportador de Correia TR - H32A
DF-812P-40-00051/42-07696	Arranjo geral – Transportador de Correia TR – H29
DF-812P-40-00051/42-07616	Planta de Chumbação – Transportador de Correia TR – H31
DF-812P-40-00051/42-06101	Conjunto Geral – Transportador de Correia TR – H28
DF-812P-40-00051/42-07601	Conjunto Geral – Transportador de Correia TR – H31

4.0 CÓDIGOS E NORMAS

Devem ser utilizadas as normas da ABNT descritas abaixo e outras contempladas no documento CP-S-501:

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 4/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

4.1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)

- NBR-5884 Perfil I estrutural soldado por arco elétrico;
- NBR-6120 Cargas para cálculo de estruturas de edificações;
- NBR-6123 Forças devidas ao vento em edificações;
- NBR-6355 Perfis estruturais de aço formados a frio – padronização;
- NBR-8681 Ações e segurança nas estruturas;
- NBR-8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço;
- NBR-9050 Acessibilidade e edificações;
- NBR-14323 Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio;
- NBR-14514 Telhas de aço revestido de seção trapezoidal;
- NBR-14762 Dimensionamento de Estrut. de Aço por perfis formados a frio;

4.2 ASSOCIAÇÃO AMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS

- AISC/ASD89 American Institute of Steel Construction (Allowable Stress Design)
- AWS American Welding Society
- AISI American Iron and Steel Institute
- ASTM American Society for Testing and Materials
- RCSC Research Council on Structural Connections

5.0 BIBLIOGRAFIAS ADOTADAS

- BELLEI, Ildony H. Edifícios Industriais em Aço. 2. Ed. Rio de Janeiro: PINI, 1998.
- BELLEI, Ildony H. Interfaces Aço-Concreto. 2. Ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / Centro Brasileiro da Construção, 2009.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 5/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

- FAKURY, SILVA, CALDAS, Dimensionamento Básico de Elementos Estruturais de Aço e Mistos de Aço Concreto. Parte 2. Versão 6. Escola de Engenharia UFMG, 2012. MG.
- QUEIROZ, Gílson. Ligações, regiões nodais e fadiga de aço. Belo Horizonte: Código Editora, 2012.

6.0 SISTEMA DE UNIDADES

Deverão ser usadas de um modo geral, unidades do Sistema Internacional, exceto onde a tradição de uso/disponibilidade de mercado tenha consagrado o uso de outras unidades. Assim, cotas, elevações e dimensões gerais, seguem o padrão métrico, enquanto as dimensões nominais de itens como parafusos, barras e chapas, poderão ser expressas em unidades inglesas.

7.0 PROGRAMAS UTILIZADOS

- SAP2000;
- Planilhas e *Softwares* próprios.

8.0 MATERIAIS UTILIZADOS

Material	Norma
Aço estrutural para perfis laminados W, H	ASTM A572 Grau 50 $f_y = 34,5 \text{ kN/m}^2$
Aço estrutural para perfis laminados C, L, barra redonda (tirantes, chumbadores, etc.).	ASTM A36 $f_y = 25 \text{ kN/m}^2$
Aço estrutural para perfis formados a frio	ASTM A570 Grau 36 $f_y = 25 \text{ kN/m}^2$
Aço para calha estrutural	ASTM A242 $f_y = 34,5 \text{ kN/m}^2$ Chapa Galvanizada
Aço para telha zincada para cobertura	ASTM A 653 Grau 40
Aço para parafusos comuns (ligações secundárias)	ASTM A307
Grade de Piso em Fibra de Vidro Reforçada	Fiberglass Reinforced Plastic

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 6/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1
Parafuso de alta resistência		ASTM A325 ASTM A490	
Eletrodos para solda SMAW		E70XX – AWS A5.1	
Aço para tubo de guarda-corpo		ASTM A53 Grau B	
Aço estrutural para chapa de piso (Chapa Xadrez)		ASTM A36 ASTM A1011	

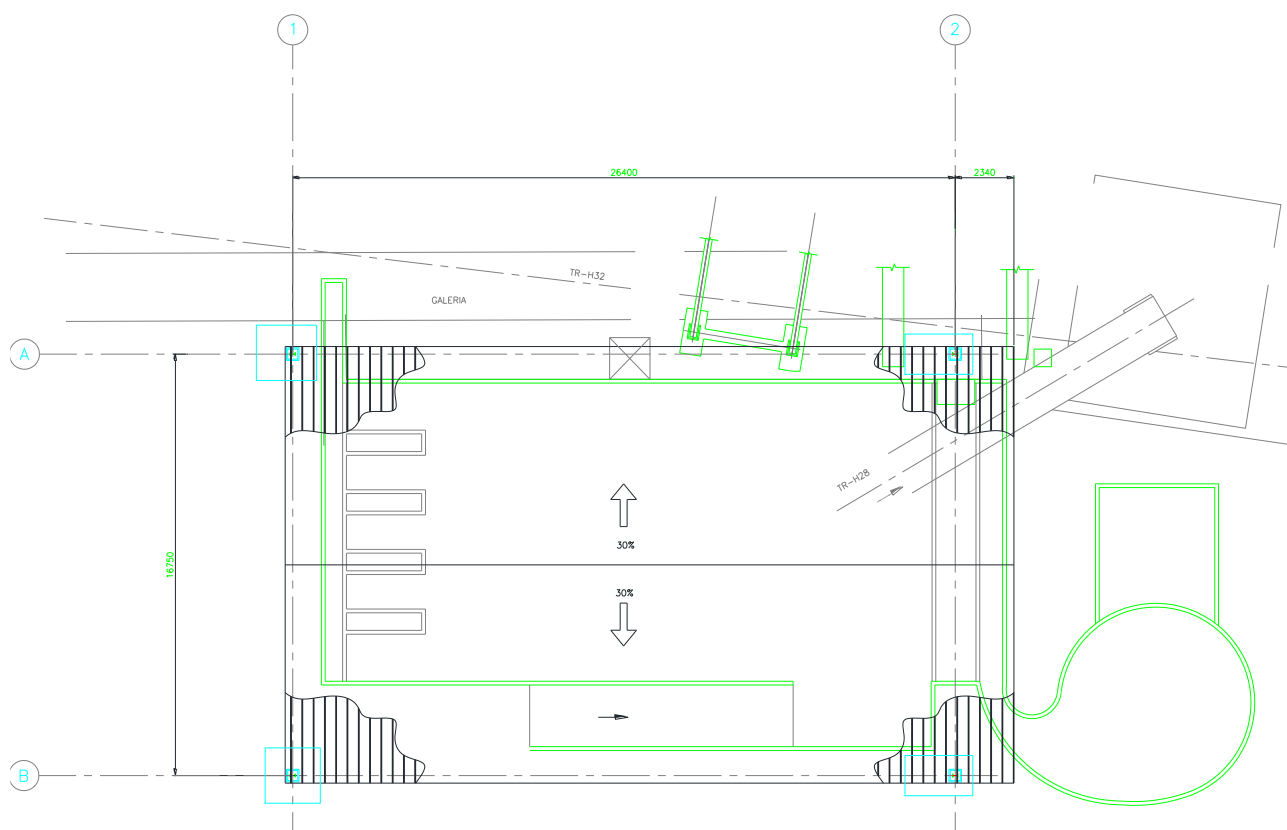
9.0 COBERTURA

Esta estrutura possui aproximadamente 481,5 m², sendo 28,75 metros de comprimento, 16,75 metros de largura e de 5,0 a 7,5 metros de altura, com a inclinação de 17°. A Cobertura tem as tesouras e as vigas mestras treliçadas e apoiadas em quatro colunas.

A solução estrutural foi feita de forma que não ocorra interferência com as paredes do tanque e com as estruturas existentes, exigindo da concepção estrutural vãos maiores e poucas colunas de sustentação.

A inclinação da Cobertura foi calculada para que não ocorra interferência com a transportadora de correia e para facilitar o escorregamento de partículas de maiores espessuras.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 7/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1



CROQUI - COBERTURA

Figura 1: Estrutura da cobertura – Estudo interferências

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 8/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

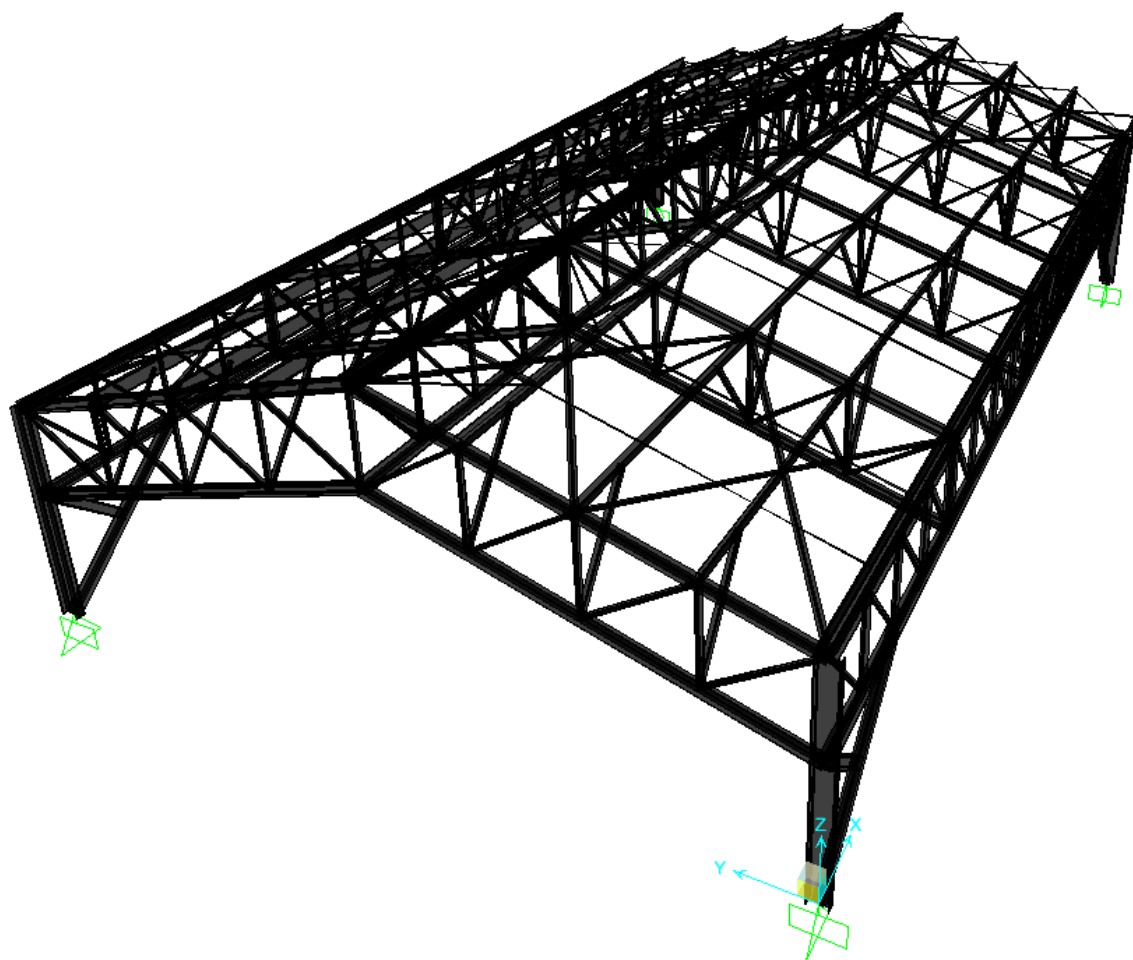


Figura 2: Estrutura da cobertura – vista lateral

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 9/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

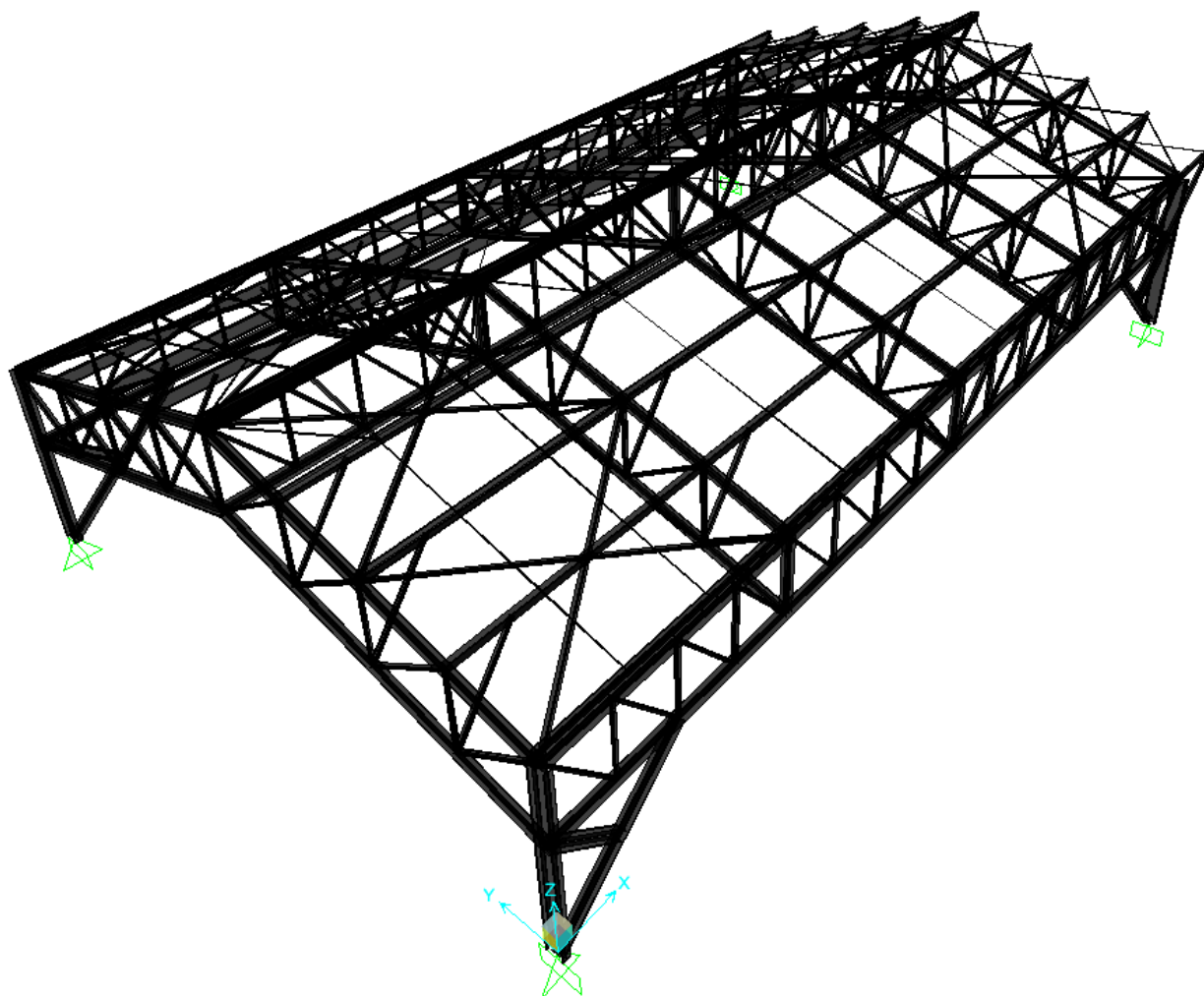


Figura 3: Plano da cobertura – vista superior

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 10/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

9.1 ELEVAÇÃO DOS EIXOS

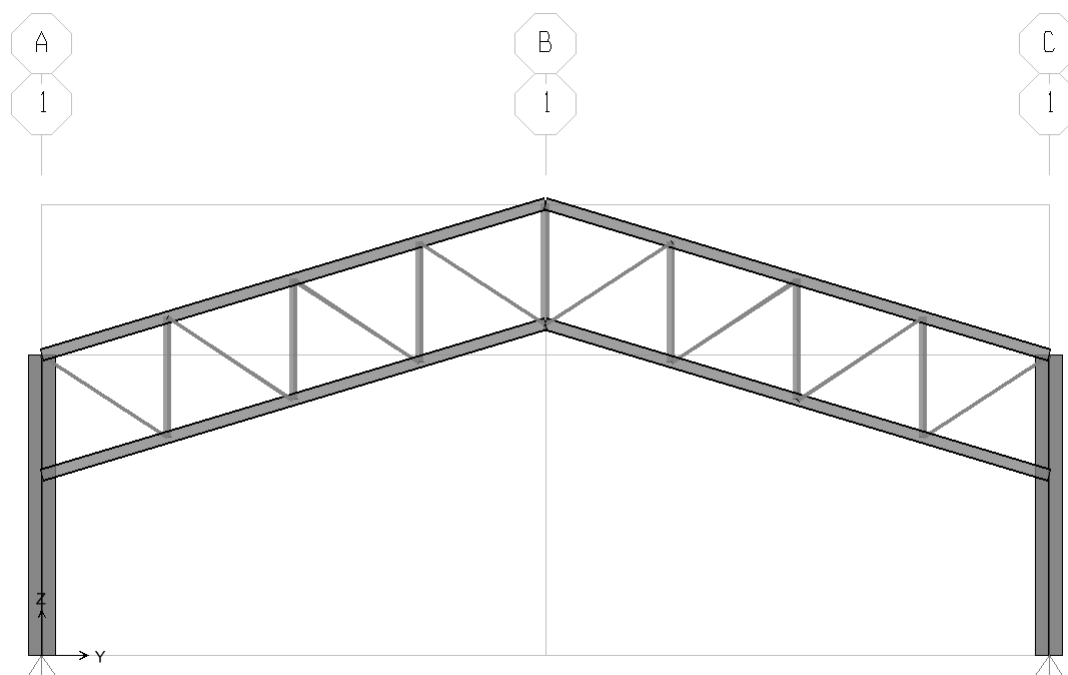


Figura 4: Elevação dos Eixos 1 a 5

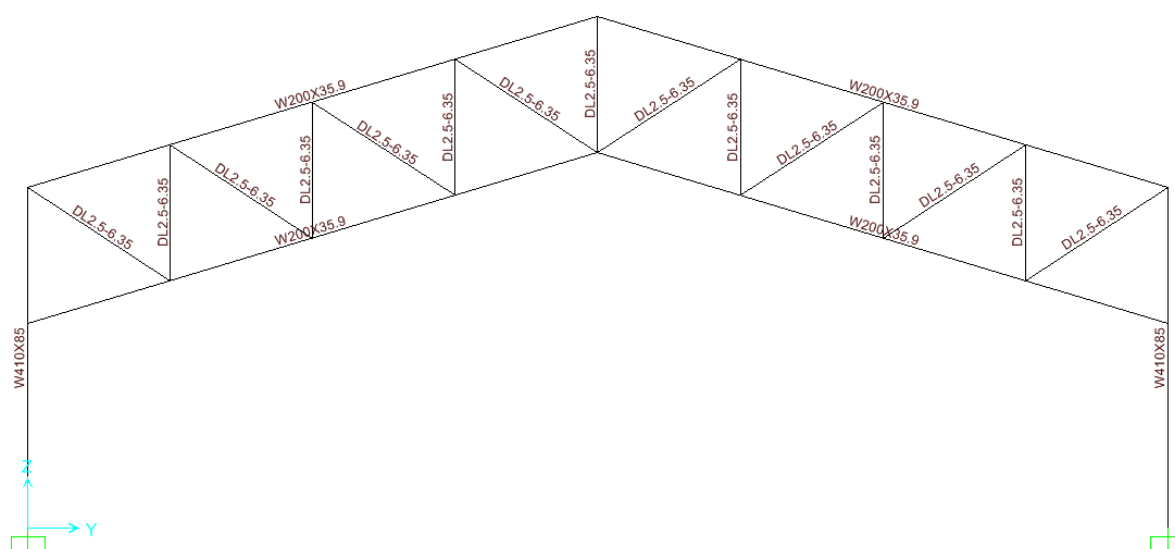


Figura 5: Elevação dos Eixos 1 a 5 – materiais utilizados

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 11/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

9.2 ELEVAÇÃO DAS FILAS

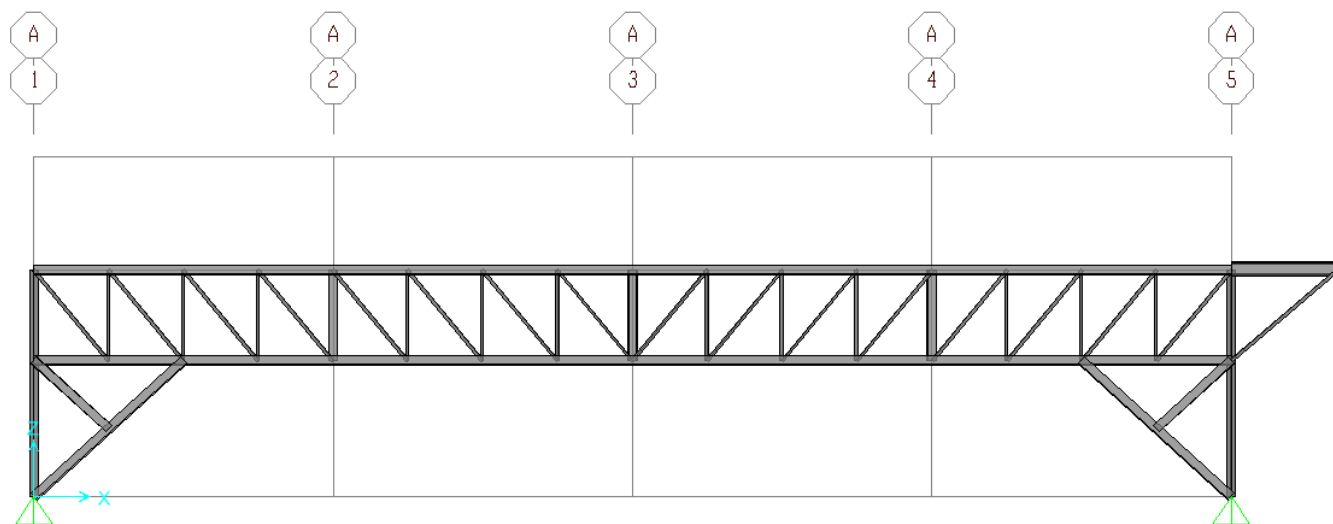


Figura 6: Elevação das Filas A e C

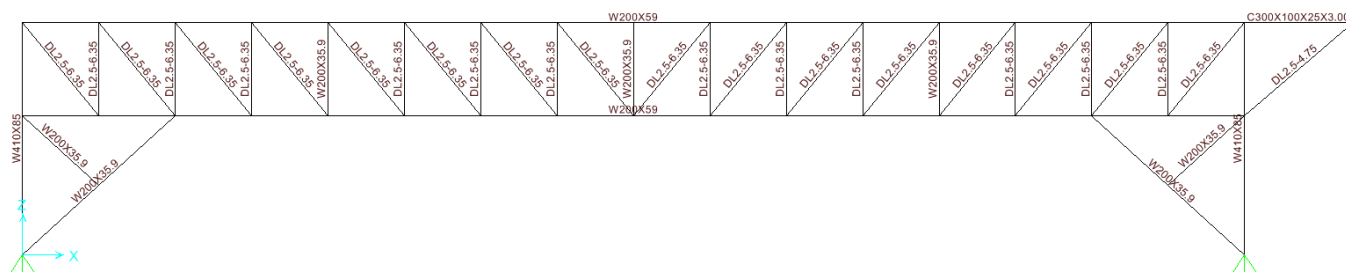


Figura 7: Elevação das Filas A e C – materiais utilizados

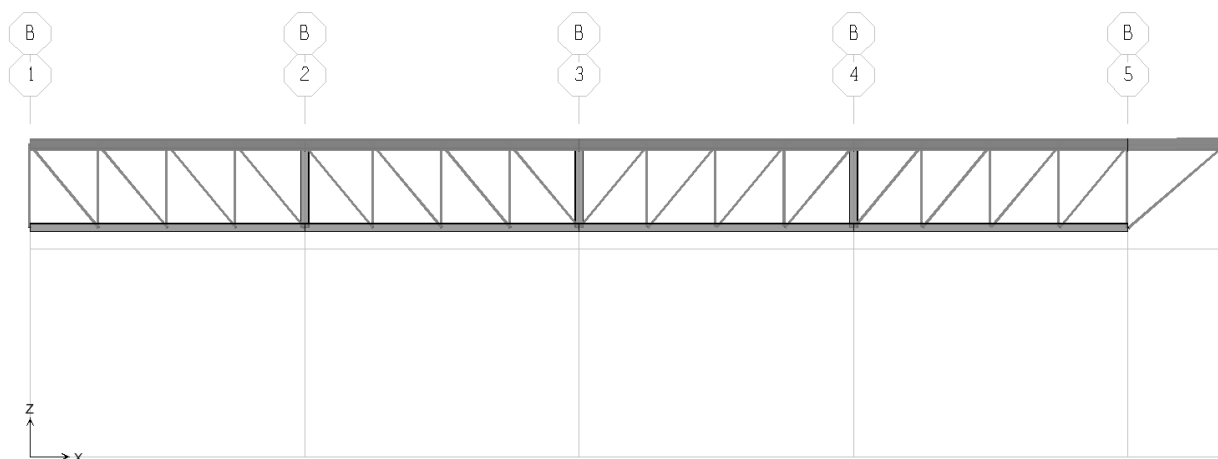


Figura 8: Elevação da Fila B

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 12/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

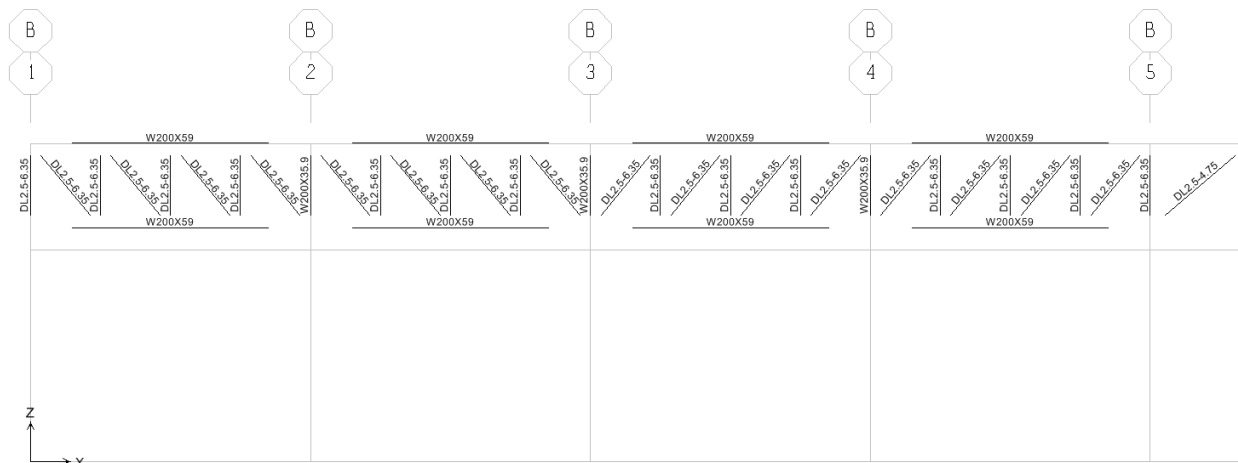


Figura 9: Elevação da Fila B – materiais utilizados

10.0 CARREGAMENTOS

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foi utilizado o *software* SAP2000 V15, no qual foi elaborado o modelo estrutural.

PESO PRÓPRIO (PP)

Os valores de peso próprio foram calculados automaticamente pelo software (SAP2000), através do carregamento DEAD.

CARGA PERMANENTE (CP)

COBERTURA (CP)

Telha Trapezoidal Metform MF40 (Espessura 0,95mm) = $9,31 \text{ kg/m}^2 = 0,093 \text{ kN/m}^2$

Acessórios de fixação = $5,0 \text{ kg/m}^2 = 0,050 \text{ kN/m}^2$

Espaçamento entre terças = 2,20 m

Distribuição do carregamento nas terças em metro linear = $0,143 \times 2,20 = \mathbf{0,315 \text{ kN/m}}$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 13/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

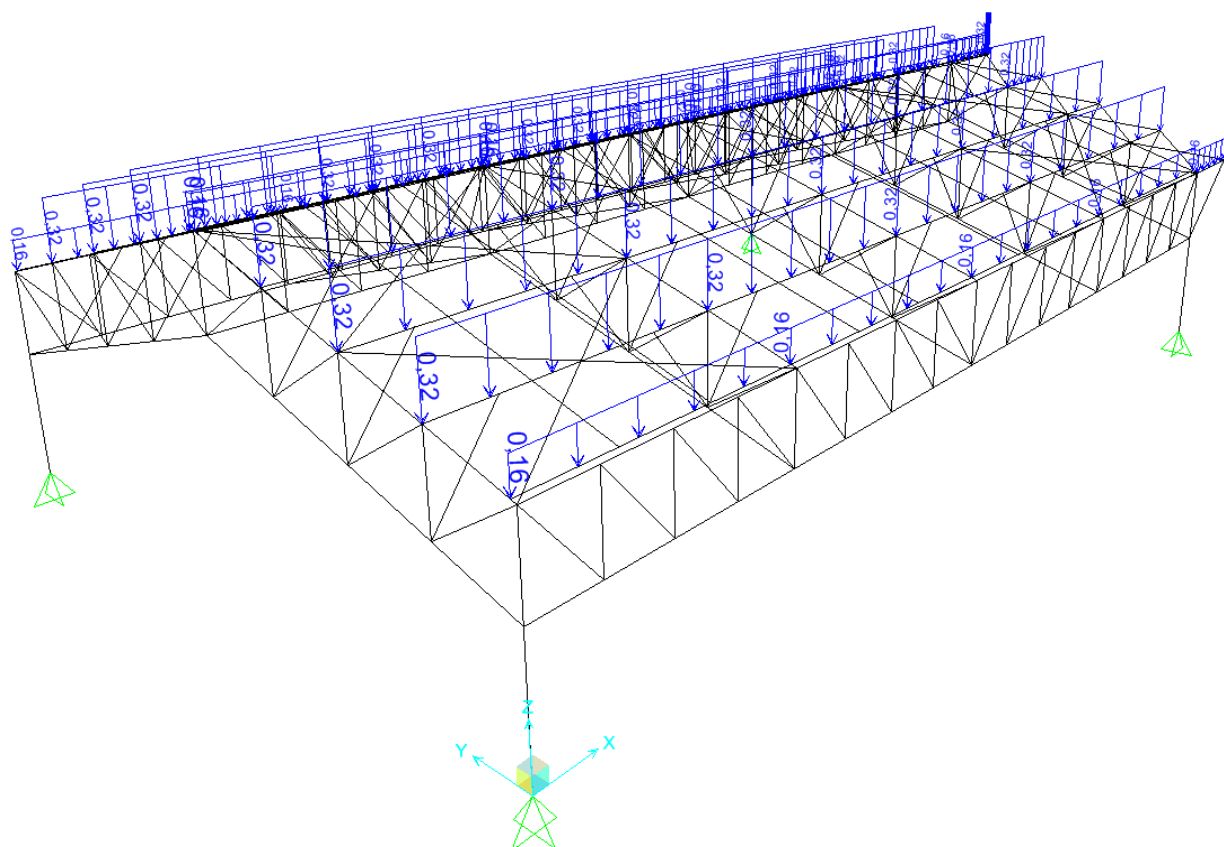


Figura 10: CP - Cobertura

SOBRECARGA (SC)

COBERTURA (SC) $V_z = 1,0 \text{ kN/m}$

Conforme Critério de Projeto CP-S-501 – R6: **$1,0 \text{ kN/m}^2$**

Distância entre terças: 2,2 metros

Distribuição do carregamento nas terças em metro linear: $1,0 \times 2,20 = \mathbf{2,2 \text{ kN/m}}$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 14/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

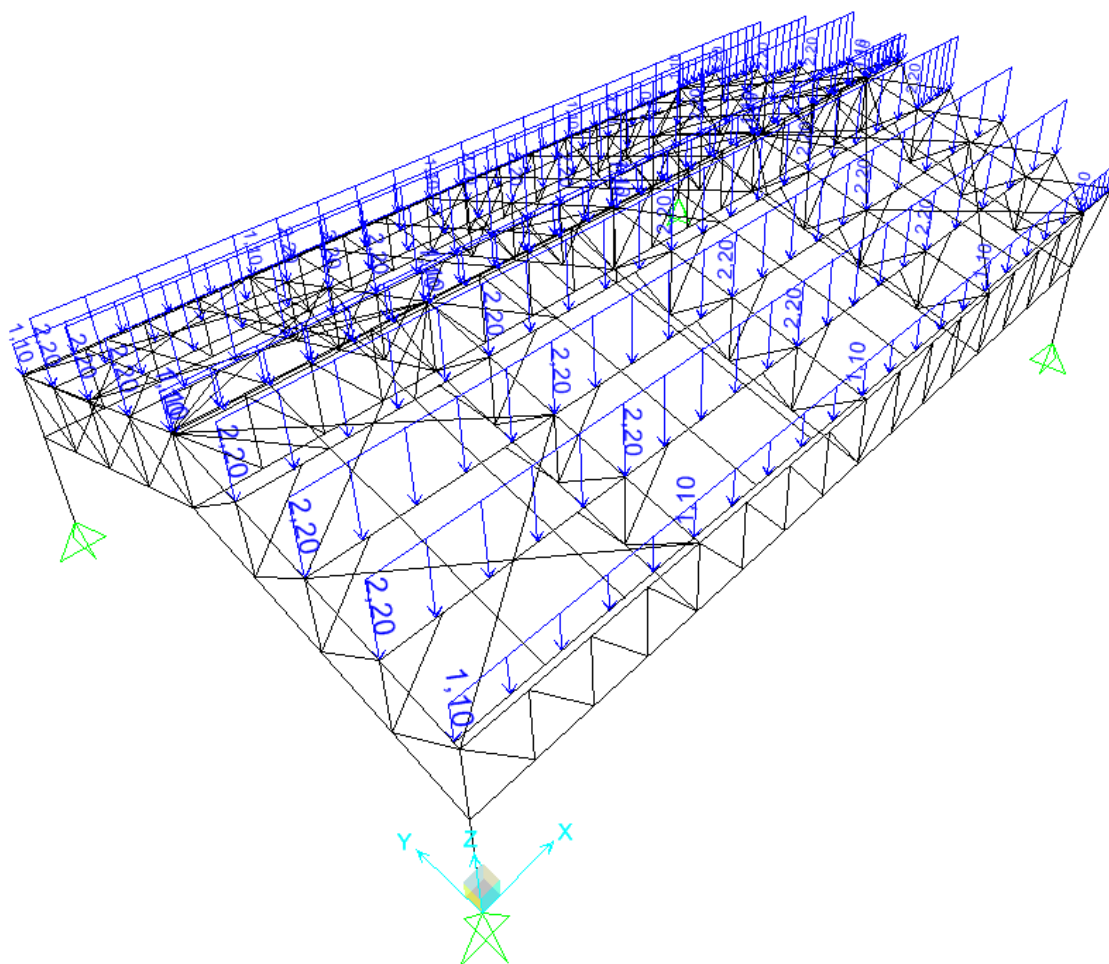


Figura 11: SC - Cobertura

Para esta sobrecarga de $1,0 \text{ kN/m}^2$ pode-se depositar uma camada de material fino de até 4,50 cm de altura, aproximadamente, sendo recomendável que seja feita a manutenção da cobertura para retirar acúmulo de material.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 15/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

VENTO

Premissas para o cálculo da carga de vento: **$V_o = 32 \text{ m/s}$**

Fator Topográfico	$S_1 = 1,0$
Terreno plano ou fracamente acidentado	
Fator de Rugosidade	$S_2 = 0,79$
Categoria IV – Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e poucos espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Classe A – Maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m. Altura igual a 5 metros.	
Fator Estatístico	$S_3 = 0,95$
Grupo 2 – Edificações e instalações industriais.	

Tabela 1: Fatores para cálculo do vento

Velocidade Básica do Vento: **$V_k = 32,0 \times 1,0 \times 0,79 \times 0,95 = 24,0 \text{ m/s}$**

Velocidade Característica do Vento: **$q_k = 0,613 \times V_k^2 = 0,35 \text{ kN/m}^2$**

Coeficientes de Pressão Interna ($C_{pi} = -0,3$ e 0) adotar mais nocivo;

Dimensões da estrutura: $a = 16 \text{ m}$, $b = 28$, e $h = 7,5 \text{ m}$;

Inclinação telhado = 17° ;

VENTO NA COBERTURA

Direção: $\alpha = 0^\circ$ e 90° (VTX e VTY);

$C_e = -0,8/-1,0$ e $-0,4$;

Distância entre terças = $2,2 \text{ metros}$;

VTX - Carregamento linear nas terças = $0,35 \times (-0,8) \times 2,2 = -0,62 \text{ kN/m}$;

VTY - Carregamento linear nas terças = $0,35 \times (-1,0) \times 2,2 = -0,77 \text{ kN/m}$;

VTY - Carregamento linear nas terças = $0,35 \times (-0,4) \times 2,2 = -0,31 \text{ kN/m}$;

VENTO NAS COLUNAS

Direção: $\alpha = 0^\circ$ (VTX);

$C_y = 1,9$;

Carregamento linear nas colunas = $1,9 \times 0,35 \times 1,0 \times 0,4 = 0,27 \text{ kN/m}$;

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 16/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

VENTO NAS COLUNAS

Direção: $\alpha = 90^\circ$ (VTY);

$C_x = 1,6$;

Carregamento linear nas colunas $= 1,6 \times 0,35 \times 1,0 \times 0,4 = \mathbf{0,23 \text{ kN/m}}$;

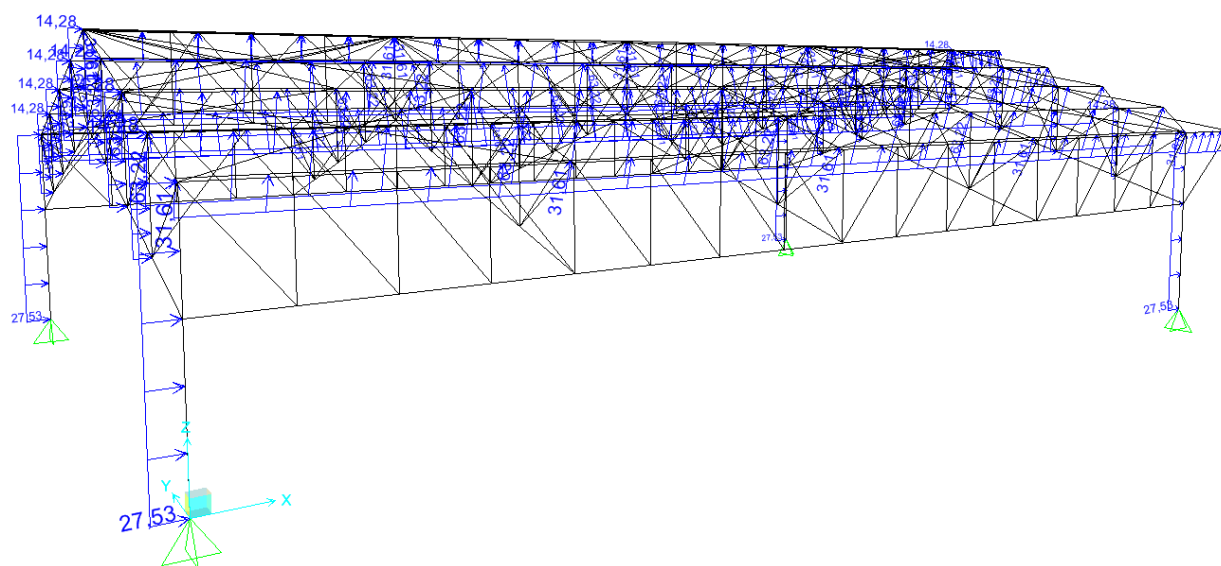


Figura 12: Carga de Vento - VTX+

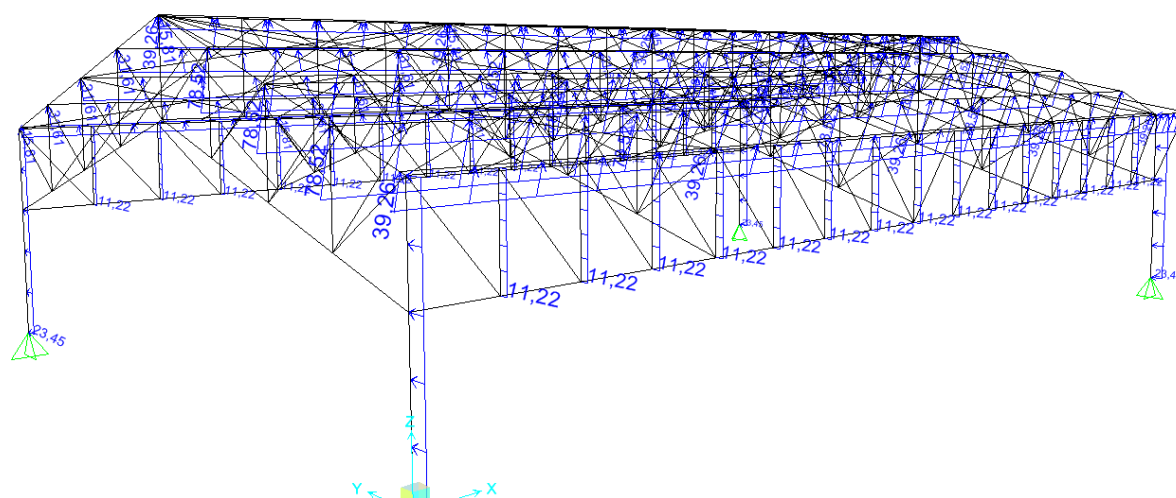


Figura 13: Carga de Vento - VTY+

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 17/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

11.0 COMBINAÇÕES

COMBINAÇÕES ÚLTIMAS DE AÇÕES		
COMBINAÇÃO	CARREGAMENTOS	COEFICIENTES
COMB1-NL	DEAD	1,25
COMB1-NL	CP	1,35
COMB1-NL	SC	1,5
COMB2-NL	DEAD	1,25
COMB2-NL	CP	1,35
COMB2-NL	TEMP +	1,2
COMB3-NL	DEAD	1,25
COMB3-NL	CP	1,35
COMB3-NL	TEMP -	1,2
COMB4-NL	DEAD	1,25
COMB4-NL	CP	1,35
COMB4-NL	SC	1,5
COMB4-NL	TEMP +	0,72
COMB4-NL	VTY+	0,84
COMB5-NL	DEAD	1,25
COMB5-NL	CP	1,35
COMB5-NL	SC	1,5
COMB5-NL	TEMP -	0,72
COMB5-NL	VTY+	0,84
COMB6-NL	DEAD	1,25
COMB6-NL	CP	1,35
COMB6-NL	SC	1,5
COMB6-NL	TEMP +	0,72
COMB6-NL	VTX+	0,84
COMB7-NL	DEAD	1,25
COMB7-NL	CP	1,35
COMB7-NL	SC	1,5
COMB7-NL	TEMP -	0,72
COMB7-NL	VTX+	0,84
COMB8-NL	DEAD	1,25
COMB8-NL	CP	1,35
COMB8-NL	SC	1,5
COMB8-NL	TEMP +	0,72
COMB8-NL	VTY-	0,84
COMB9-NL	DEAD	1,25
COMB9-NL	CP	1,35
COMB9-NL	SC	1,5



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

18/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

COMB9-NL	TEMP -	0,72
COMB9-NL	VTY-	0,84
COMB10-NL	DEAD	1,25
COMB10-NL	CP	1,35
COMB10-NL	SC	1,5
COMB10-NL	TEMP +	0,72
COMB10-NL	VTX-	0,84
COMB11-NL	DEAD	1,25
COMB11-NL	CP	1,35
COMB11-NL	SC	1,5
COMB11-NL	TEMP -	0,72
COMB11-NL	VTX-	0,84
COMB12-NL	DEAD	1,25
COMB12-NL	CP	1,35
COMB12-NL	SC	1,2
COMB12-NL	TEMP +	0,72
COMB12-NL	VTY+	1,4
COMB13-NL	DEAD	1,25
COMB13-NL	CP	1,35
COMB13-NL	SC	1,2
COMB13-NL	TEMP -	0,72
COMB13-NL	VTY+	1,4
COMB14-NL	DEAD	1,25
COMB14-NL	CP	1,35
COMB14-NL	SC	1,2
COMB14-NL	TEMP +	0,72
COMB14-NL	VTX+	1,4
COMB15-NL	DEAD	1,25
COMB15-NL	CP	1,35
COMB15-NL	SC	1,2
COMB15-NL	TEMP -	0,72
COMB15-NL	VTX+	1,4
COMB16-NL	DEAD	1,25
COMB16-NL	CP	1,35
COMB16-NL	SC	1,2
COMB16-NL	TEMP +	0,72
COMB16-NL	VTY-	1,4
COMB17-NL	DEAD	1,25
COMB17-NL	CP	1,35
COMB17-NL	SC	1,2
COMB17-NL	TEMP -	0,72



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

19/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

COMB17-NL	VTY-	1,4
COMB18-NL	DEAD	1,25
COMB18-NL	CP	1,35
COMB18-NL	SC	1,2
COMB18-NL	TEMP +	0,72
COMB18-NL	VTX-	1,4
COMB19-NL	DEAD	1,25
COMB19-NL	CP	1,35
COMB19-NL	SC	1,2
COMB19-NL	TEMP -	0,72
COMB19-NL	VTX-	1,4
COMB20-NL	DEAD	1,25
COMB20-NL	CP	1,35
COMB20-NL	SC	1,2
COMB20-NL	TEMP +	1,2
COMB20-NL	VTY+	0,84
COMB21-NL	DEAD	1,25
COMB21-NL	CP	1,35
COMB21-NL	SC	1,2
COMB21-NL	TEMP -	1,2
COMB21-NL	VTY+	0,84
COMB22-NL	DEAD	1,25
COMB22-NL	CP	1,35
COMB22-NL	SC	1,2
COMB22-NL	TEMP +	1,2
COMB22-NL	VTX+	0,84
COMB23-NL	DEAD	1,25
COMB23-NL	CP	1,35
COMB23-NL	SC	1,2
COMB23-NL	TEMP -	1,2
COMB23-NL	VTX+	0,84
COMB24-NL	DEAD	1,25
COMB24-NL	CP	1,35
COMB24-NL	SC	1,2
COMB24-NL	TEMP +	1,2
COMB24-NL	VTY-	0,84
COMB25-NL	DEAD	1,25
COMB25-NL	CP	1,35
COMB25-NL	SC	1,2
COMB25-NL	TEMP -	1,2
COMB25-NL	VTY-	0,84



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

20/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

COMB26-NL	DEAD	1,25
COMB26-NL	CP	1,35
COMB26-NL	SC	1,2
COMB26-NL	TEMP +	1,2
COMB26-NL	VTX-	0,84
COMB27-NL	DEAD	1,25
COMB27-NL	CP	1,35
COMB27-NL	SC	1,2
COMB27-NL	TEMP -	1,2
COMB27-NL	VTX-	0,84
COMB28-NL	DEAD	1
COMB28-NL	CP	1
COMB28-NL	VTX+	1,4
COMB29-NL	DEAD	1
COMB29-NL	CP	1
COMB29-NL	VTY+	1,4
COMB30-NL	DEAD	1
COMB30-NL	CP	1
COMB30-NL	VTX-	1,4
COMB31-NL	DEAD	1
COMB31-NL	CP	1
COMB31-NL	VTY-	1,4
COMB32-NL	DEAD	1
COMB32-NL	CP	1
COMB32-NL	TEMP +	1,2
COMB33-NL	DEAD	1
COMB33-NL	CP	1
COMB33-NL	TEMP -	1,2
COMB34-NL	DEAD	1,25
COMB34-NL	CP	1,35
COMB34-NL	VTY+	1,4
COMB35-NL	DEAD	1,25
COMB35-NL	CP	1,35
COMB35-NL	VTY-	1,4
COMB36-NL	DEAD	1,25
COMB36-NL	CP	1,35
COMB36-NL	VTX+	1,4
COMB37-NL	DEAD	1,25
COMB37-NL	CP	1,35
COMB37-NL	VTX-	1,4
COMB38 - desl-NL	DEAD	1

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 21/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

COMB38 - desl-NL	CP	1
COMB38 - desl-NL	SC	1
COMB38 - desl-NL	TEMP +	0,5
COMB39 - desl-NL	DEAD	1
COMB39 - desl-NL	CP	1
COMB39 - desl-NL	SC	1
COMB39 - desl-NL	TEMP -	0,5
COMB40 - desl-NL	DEAD	1
COMB40 - desl-NL	CP	1
COMB40 - desl-NL	SC	1
COMB41 - desl-NL	DEAD	1
COMB41 - desl-NL	CP	1
COMB41 - desl-NL	VTX+	0,3
COMB42 - desl-NL	DEAD	1
COMB42 - desl-NL	CP	1
COMB42 - desl-NL	VTX-	0,3
COMB43 - desl-NL	DEAD	1
COMB43 - desl-NL	CP	1
COMB43 - desl-NL	VTY+	0,3
COMB44 - desl-NL	DEAD	1
COMB44 - desl-NL	CP	1
COMB44 - desl-NL	VTY-	0,3

Tabela 2: Tabela de Combinações

DEAD	(PESO PRÓPRIO)
CP	(CARGA PERMANENTE)
SC	(SOBRECARGA)
VTX	(VENTO 0°)
VTY	(VENTO 90°)
TEMP +	(TEMPERATURA +30°C)
TEMP -	(TEMPERATURA - 30°C)

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 22/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

12.0 VERIFICAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS

12.1 DESLOCAMENTO VERTICAL - TESOURA

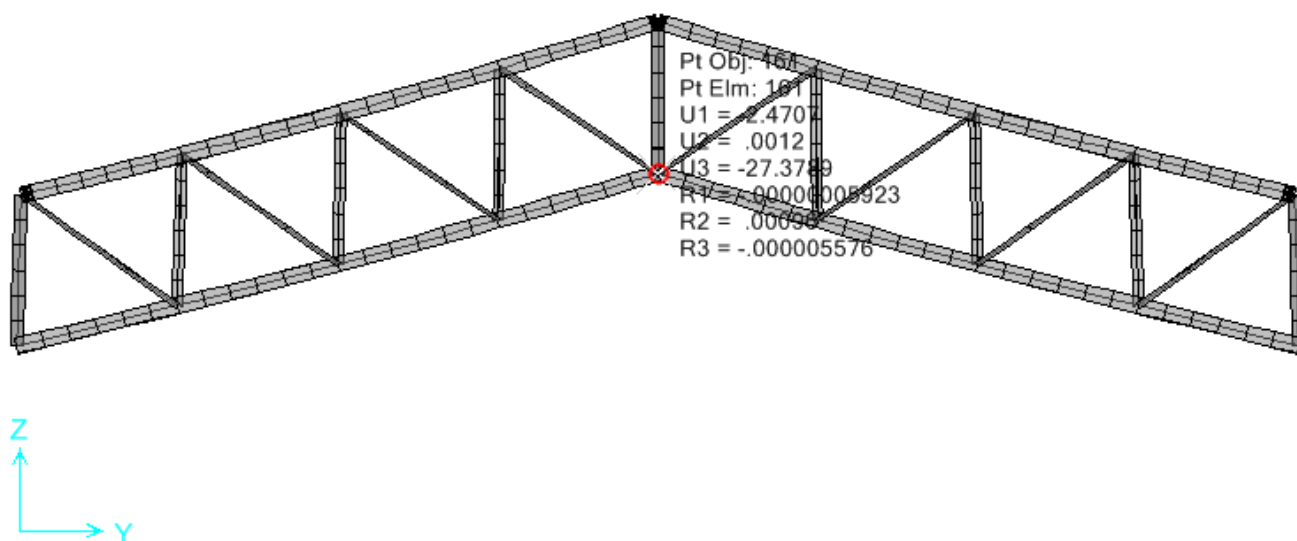


Figura 14: Deslocamento Vertical (mm)

Deslocamento Máximo Admissível para treliça – comb 39desl:

Viga: $\delta = 16750 \text{ mm} / 600 = 28,0 \text{ mm}$ $\rightarrow$ $> 27 \text{ mm}$ **(Deformação OK!)**

12.2 DESLOCAMENTO VERTICAL – VIGA MESTRA

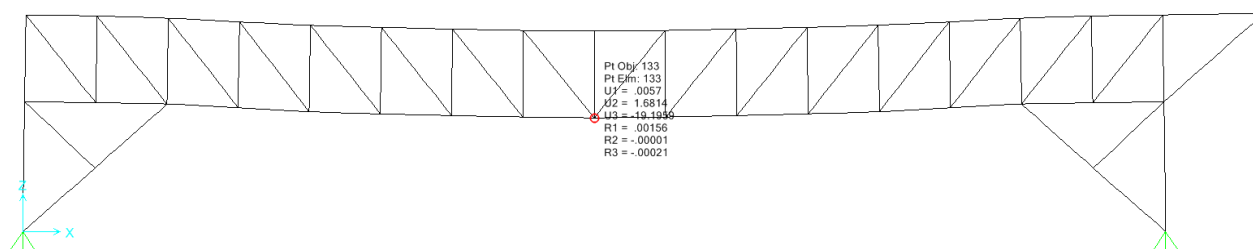


Figura 15: Deslocamento Vertical (mm)

Viga: $\delta = 26400 \text{ mm} / 600 = 44 \text{ mm}$ $\rightarrow$ $> 23 \text{ mm}$ **(Deformação OK!)**

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 23/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

12.3 DESLOCAMENTO HORIZONTAL DAS COLUNAS

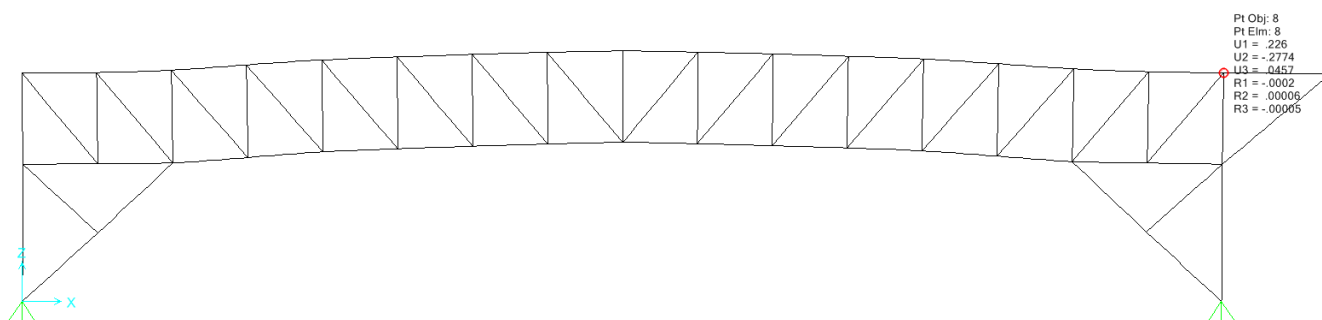


Figura 16: Deslocamento Horizontal – sentido x (mm)

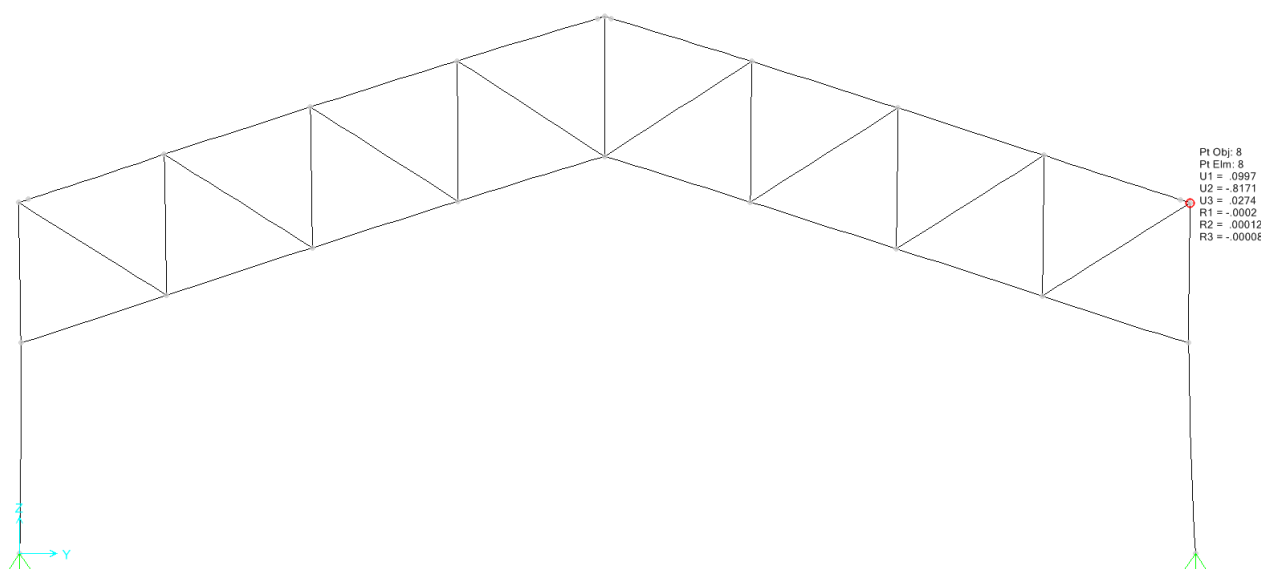


Figura 17: Deslocamento Horizontal – sentido y (mm)

Deslocamento Máximo Admissível:

Colunas: $\delta = 5000 \text{ mm} / 300 = 16,7 \text{ mm}$ $\rightarrow$ $> 0,81 \text{ mm}$ **(Deformação OK!)**

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 24/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

13.0 DIMENSIONAMENTO GERAL DA ESTRUTURA

O dimensionamento abaixo é para apresentar de forma geral o resultado do *software*, SAP 2000.

O coeficiente de aproveitamento estabelecido no *software* varia de zero a um, e exibe a máxima taxa de utilização para cada perfil da estrutura de acordo com os esforços calculados oriundos das supracitadas combinações de carregamento.

O dimensionamento feito nesta memória considera a resistência última de cálculo, a esbetez mínima especifica na norma de aço e as espessuras mínimas exigidas no critério de projeto.

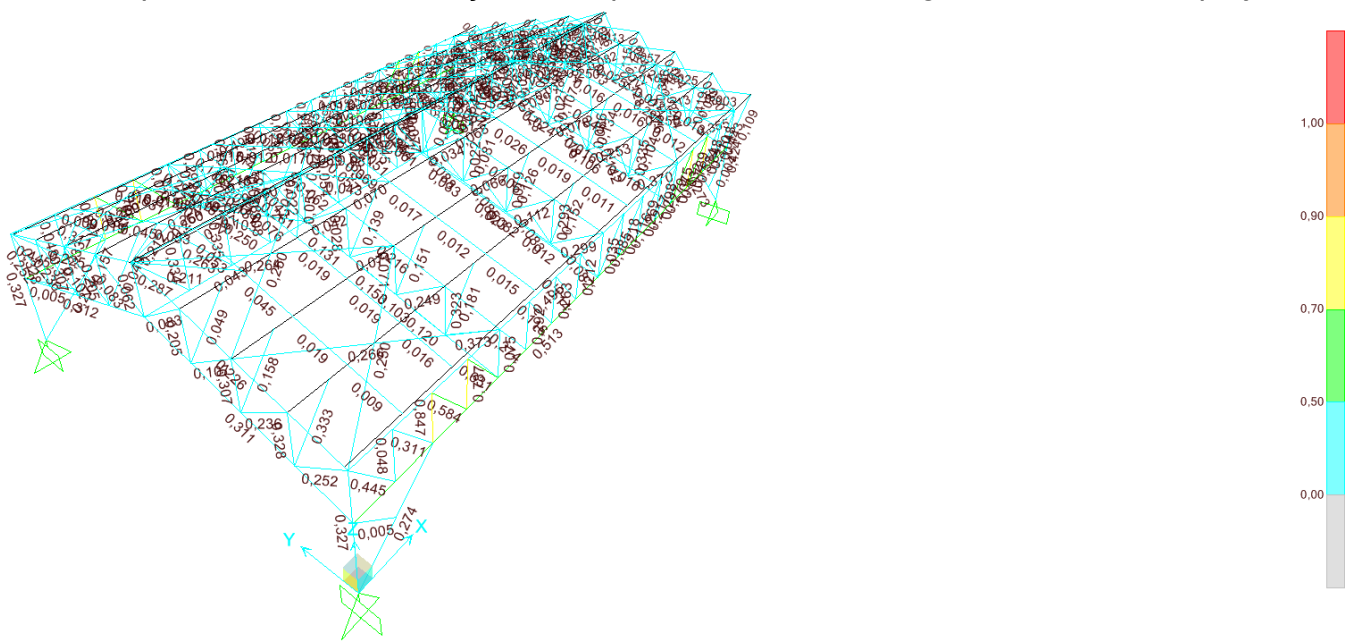
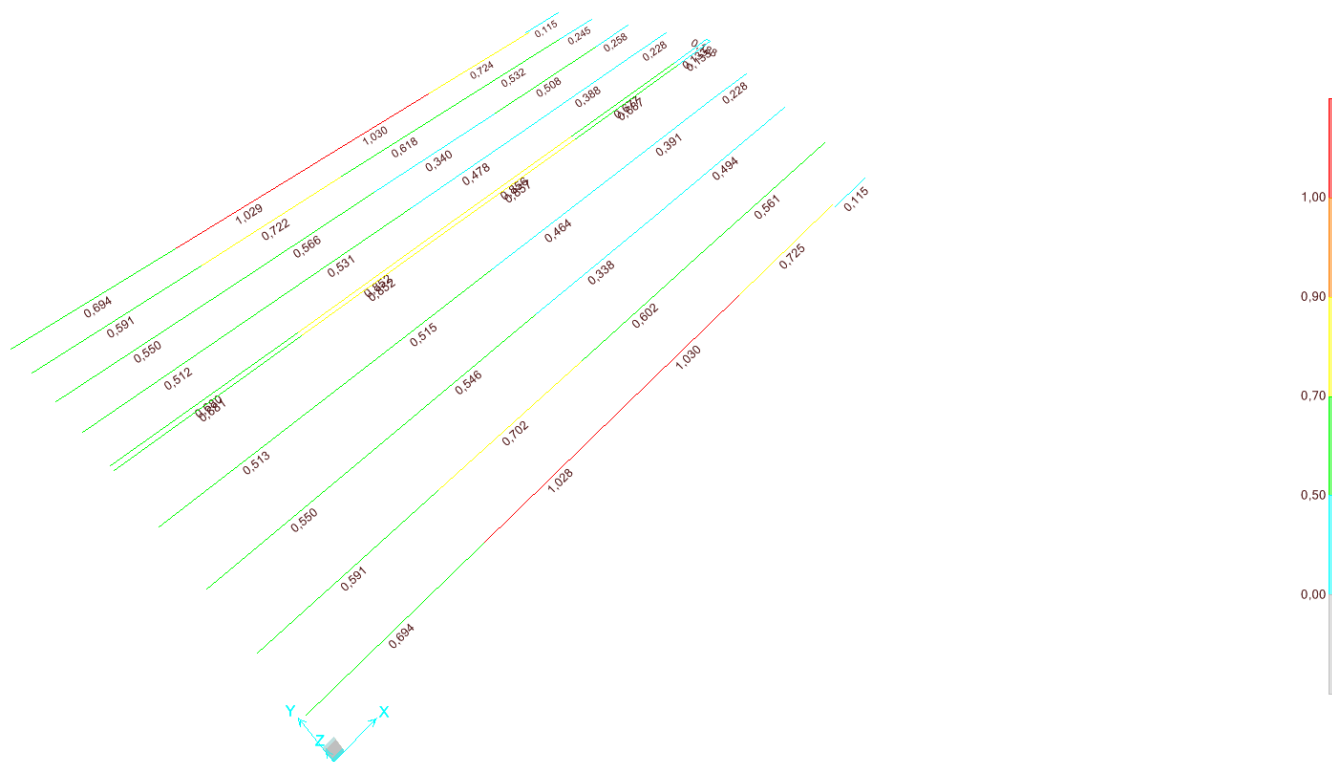


Figura 18: Verificação das barras

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 25/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

13.1 DIMENSIONAMENTO GERAL DAS TERÇAS



		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 26/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

13.2 DIMENSIONAMENTO DAS COLUNAS

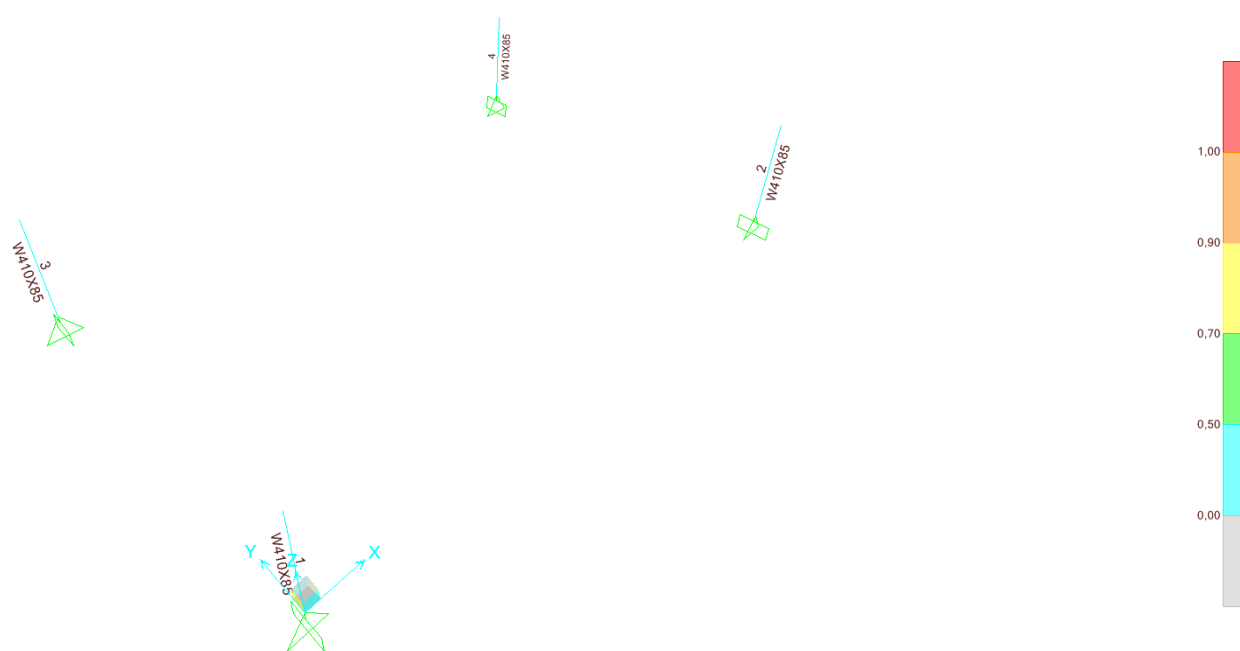


Figura 20: Verificação das colunas

Analisando o dimensionamento das colunas no *software*, obtém-se as combinações que geraram os esforços solicitantes máximos de cálculo, conforme tabela abaixo. Com os esforços retirou-se o dimensionamento detalhado do SAP 2000, tendo sido esse verificado por meio da planilha de dimensionamento de perfis, feita de acordo com a NBR8800.

ESFORÇOS SOLICITANTES DE CÁLCULO - COLUNAS								
COLUNA	LOCAL	COMBINAÇÃO	N	VX	Vx	T	My	Mx
	m		kN	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m
4	0	COMB5-NL	-121	54	0	0	0	76
2	0	COMB20-NL	-74	-77	-1	0	0	-132
2	3	COMB4-NL	-93	-80	-1	0	3	108
4	0	COMB8-NL	-97	79	-1	0	0	131
2	3	COMB8-NL	-94	-77	-1	0	3	106
4	3	COMB8-NL	-94	80	-1	0	3	-109



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

27/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, cm, C

Frame : 4	X Mid: 2640,000	Combo: COMB8	Design Type: Column
Length: 500,000	Y Mid: 1675,000	Shape: W410X85	Frame Type: SMF
Loc : 0,000	Z Mid: 250,000	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,027	AlphaPr/Pe=0,024	Tau_b=1,000	EA factor=0,800 EI factor=0,800

PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900	

A=107,369	I33=31221,755	r33=17,053	S33=1497,446	Av3=54,903
J=84,270	I22=1802,796	r22=4,098	S22=199,204	Av2=45,453
E=20103,633	Fy=33,833	Ry=1,100	z33=1708,461	Cw=716797,982
RLLF=1,000	Fu=44,130		z22=309,430	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB8)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0,000	-96,615	13105,021	-3,073E-05	79,432	-0,809	1,457

PMH DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.3a,H1-1b)

D/C Ratio: 0,277 = 0,025 + 0,252 + 0,000
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.3a,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	0,600	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	0,600	2,506	1,358

Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
Force	Capacity	Capacity
Axial	-96,615	1947,040
		3269,361

Mu	phi*Mn	phi*Mn
Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	13105,021	29219,665
Minor Moment	-3,073E-05	9422,031

SHEAR CHECK

Uu	phi*Un	Stress	Status
Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	79,432	0,096	OK
Minor Shear	0,809	0,001	OK

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 28/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Dimensionamento através da NBR 8800

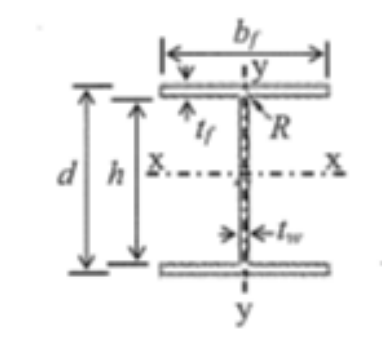
Flexo-compressão em perfis laminados e sem Travamento das mesas

Propriedades Geométricas

Dados:

Datos:

Perfil =>	W 410 x 85,0	lx =	31658	cm4	
Ag =	357	cm²	rx =	17,07	cm
Msd =	13100	KN.cm	ly =	1804	cm4
Vsd =	79,0	kN	Wx =	1518,4	cm³
Nsd =	97,0	kN	Zx =	1731,7	cm³
E =	20000	kN/cm²	J =	94,48	cm4
fy =	34,5	kN/cm²	Cw =	715165	cm6
L =	500	cm	ry =	4,08	cm
Mc =	5356,5	KN.cm	Bf =	181	mm
Mb =	10713	KN.cm	tf =	18,2	mm
Ma =	16069,5	KN.cm	tw =	10,9	mm
Mmax =	21426	KN.cm	H =	417	mm



d = altura total

R = raio de concordância entre a mesa e a alma

h = altura interna da alma

b_f = largura das mesas

t_f = espessura das mesas

t_w = espessura da alma

A_g = área bruta

I_x = momento de inércia em relação ao eixo x

W_x = módulo de resistência elástico em relação ao eixo x

r_x = raio de giração em relação ao eixo x

Z_x = módulo de resistência plástico em relação ao eixo x

I_y = momento de inércia em relação ao eixo y

W_y = módulo de resistência elástico em relação ao eixo y

r_y = raio de giração em relação ao eixo y

Z_y = módulo de resistência plástico em relação ao eixo y

J = constante de torção

C_w = constante de empenamento

Momento Fletor

FLT Flambagem Lateral por torção

Parâmetros de Esbetez

$\lambda =$ **122,55** = L_b/r_y

$I_r =$ **137,15**

$\lambda_p =$ **42,38**

$$\lambda_{cr} = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r) W_x}{EJ}$$

$\beta =$ **0,019** /cm

$$\lambda_r = \frac{L_r}{r_y} = \frac{1,38 C_b \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{C_b^2 I_y}}}$$

FLT em Regime Elastoplástico

$M_r =$ **36669** KN.cm

$M_{pl} =$ **59744** KN.cm

$M_{cr} =$ **67041** KN.cm

$C_b =$ **1,67**



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

29/76

Nº AUSENCO

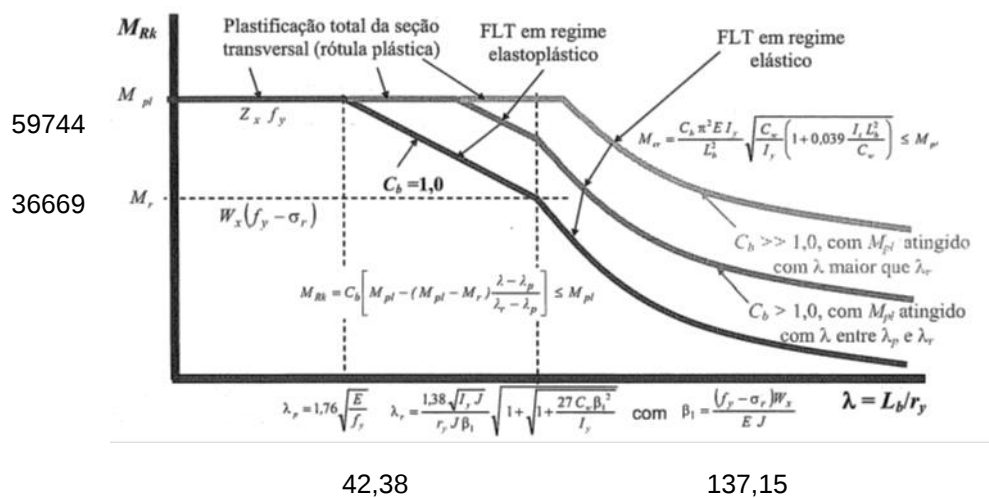
3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

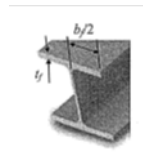
Mrk = **59744** KN.cm Mrk = Mpl porque Mcr > Mpl

MRd = **54312** KN.cm



Flambagem Local:

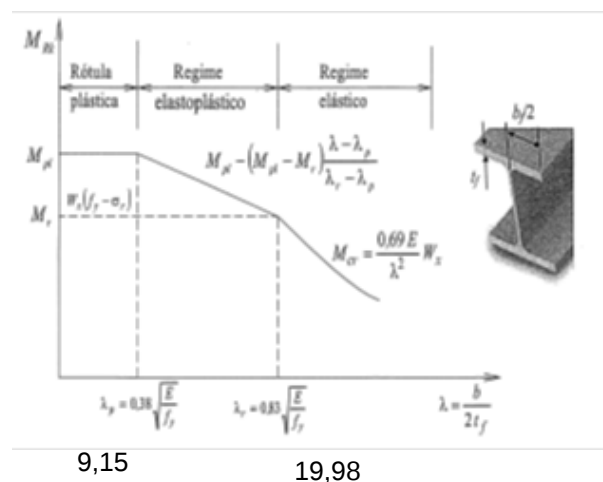
FLM Flambagem local da Mesa



$\lambda = 4,97 = b/t$
 $\lambda_r = 19,98$ perfis laminado
 $\lambda_p = 9,15$

Rotula Plástica

Mpl = **59744** KN.cm
 Mr = **36669** KN.cm



Mrk = **59743,65** KN.cm

FLA Flambagem Local da Alma

$\lambda = 34,92$



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

30/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

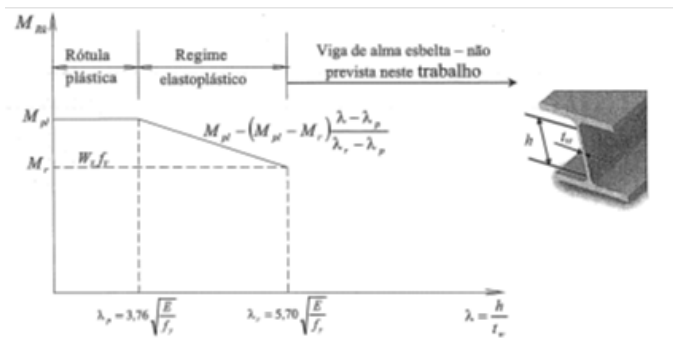
1

$$\lambda_r = 137,24$$

$$\lambda_p = 90,53$$

$$M_{pl} = 59743,65 \text{ KN.cm}$$

$$M_r = 36669,36 \text{ KN.cm}$$



$$M_{rk} = 59743,65 \text{ KN.cm}$$

$$M_{rk} = M_{pl}$$

Conclusão dos esforços:

Resistência de Cálculo		
FLA	54312	KN.cm
FLM	54312	KN.cm
FLT	54312	KN.cm

Portanto a resistência de cálculo da viga é **54312** KN.cm limitado por FLA

Aproveitamento de **24%**

Para o dimensionamento das colunas os valores obtidos pelo *software* estão próximos dos valores calculados através da planilha Excel. O aproveitamento é praticamente ao mesmo, quando se considera os erros devidos aos artifícios de cálculos diferentes.

A força resistente de cálculo fornecida pelo *software* é 52022 kN e a força resistente de cálculo calculada acima é 54312 kN, diferem em 4%.



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

PÁGINA

31/76

REV.

1

Compressão

FLAMBAGEM LOCAL:

Alma elemento AL

$$b/t = 34,92$$

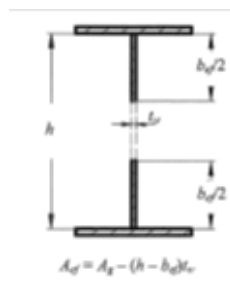
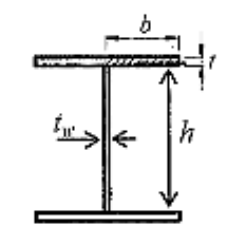
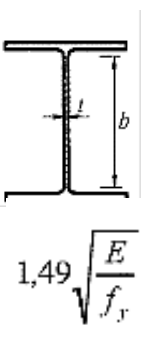
$$ca = 0,34$$

$$b/t_{lim} = 35,87$$

$$b_{ef} = b \quad \text{cm}$$

$$A_{ef} = A_g \quad \text{cm}^2$$

$$Q_a = 1,00$$



$$A_{ef} = A_g - t_w \cdot b_{ef}$$

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

Mesa elemento AA

$$b/t = 4,97$$

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}} \quad 0,64 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$$

$$b/t_{lim} = 12,68$$

$$K_c = 0,68$$

OK! $0,35 < K_c < 0,74$

$$b/t_{sup} = 23,18$$

$$Q_s = 1,00$$

$(b/t)_{lim}$	$(b/t)_{sup}$	Q_s
$0,64 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$	$1,17 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$	1
$1,415 - 0,65 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E k_c}}$	$1,415 - 0,65 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E k_c}}$	$\frac{A_{ef}}{A_g}$

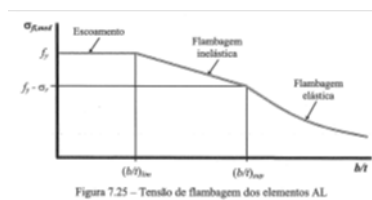


Figura 7.25 - Tensão de flambagem dos elementos AL

Fator de redução total:

$$Q = 1,00 = Q_a \times Q_s$$

INSTABILIDADE GLOBAL:

INSTABILIDADE GLOBAL X

$$K_x L_x = 300 \quad \text{cm}$$

$$N_{ex} = 69433,76 \quad \text{kN}$$

$$\lambda_x = 31,86 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 32/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

INSTABILIDADE GLOBAL Y:

$$K_y L_y = 300 \text{ cm}$$

$$N_{ey} = 3956,6 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = 133,46 < 200 \quad \lambda_y \text{ esta OK!}$$

Valores de N_e , λ_0 e χ

$$N_e \Rightarrow N_{ey} = 3956,6 \text{ kN (que é o menor dos valores entre } N_{ex} \text{ e } N_{ey})$$

$$\lambda_0 = 1,76$$

$$\chi = 0,281732$$

$$\text{- para } \lambda_0 \leq 1,5: \chi = 0,658 \lambda_0^2$$

$$\text{- para } \lambda_0 > 1,5: \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$$

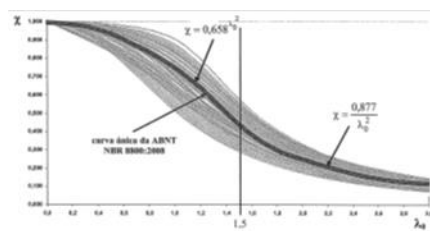


Figura 7.10 – Curva única da NBR 8800 para barras com curvatura inicial de $L/1500$

Força axial de Compressão Resistente de Cálculo ($N_{c,Rd}$)

Conclusão: de Esforço Normal

$$N_{c,Rd} = 3155 \text{ kN}$$

$$N_{c,Sd}/N_{c,Rd} \Rightarrow 3\% \quad \text{OK!}$$

$$\lambda_x = 31,86 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

$$\lambda_{yz} = 133,46 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

PÁGINA

33/76

REV.

1

Verificação da Força Cortante

$$\lambda = 34,92 \quad h/t_w$$

Supondo inicialmente a viga sem enrijecedores transversais, $K_v = 5,0$

$$\lambda_p = 59,2$$

$$\lambda_p = 73,8$$

$$A_w = 45,453 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{pl} = 940,9 \quad \text{kN}$$

$$V_r = 752,7 \quad \text{kN}$$

$$V_{rk} = 940,9 \quad \text{kN}$$

$$V_{rd} = 855,3 \quad \text{kN}$$

$$\lambda_r = 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}}$$

$$\lambda_r = 1,37 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}}$$

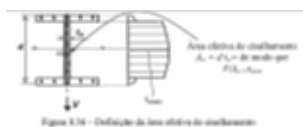
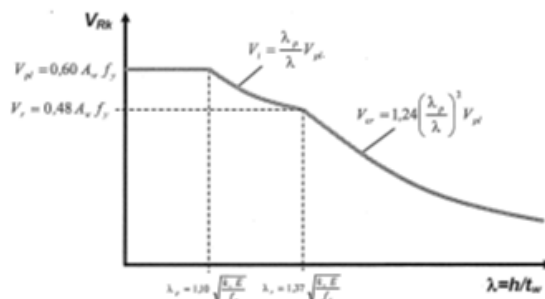


Figura 5.14 - Definição da área efetiva de cisalhamento



- para $\lambda \leq \lambda_p$: $V_{Rk} = V_{pl} = 0,60 A_w f_y$

- para $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$: $V_{Rk} = V_i = \frac{\lambda_p}{\lambda} V_{pl}$

- para $\lambda > \lambda_r$: $V_{Rk} = V_{cr} = 1,24 \left(\frac{\lambda_p}{\lambda} \right)^2 V_{pl}$

Conclusão

Conclusão: de Esforço Normal

$$N_{c,Rd} = 3155 \quad \text{kN}$$

$$N_{c,Sd}/N_{c,Rd} \Rightarrow 3\% \quad \text{OK!}$$

$$\lambda_x = 31,85764 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

$$\lambda_{yz} = 133,4557 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

Efeito Combinado

$$\text{- para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2: \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{- para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2: \frac{N_{Sd}}{2 N_{Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{Aproveitamento do perfil} = 26\%$$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 34/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Força Cortante

Na região do diagrama de cortante que apresentar um esforço maior que =>

$$V_{rd} = 855,3428 \text{ kN}$$

Acrescentar enrijecedores e reverificar o Colapso Sob Força Cortante

A força resistente de cálculo fornecida pelo *software* é 3269 kN e a força resistente de cálculo calculada acima é 3155 kN, diferem em 4%. O aproveitamento comparando os dimensionamentos é praticamente o mesmo.

13.3 DIMENSIONAMENTO DOS MONTANTES DAS TRELIÇAS – PERFIL W200X35,9

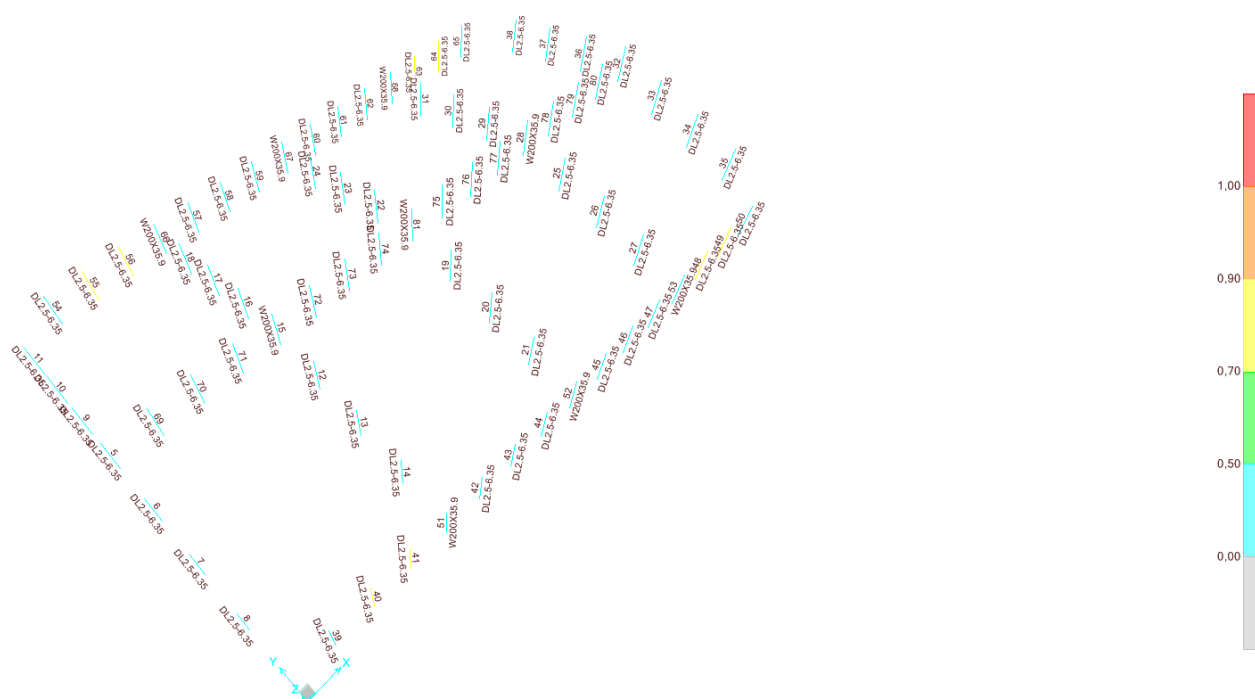


Figura 21: Verificação dos montantes

Analisando o dimensionamento dos montantes no *software*, obtém-se as combinações que geraram os esforços solicitantes máximos de cálculo, conforme abaixo.

Com os esforços retirou-se o dimensionamento detalhado do SAP 2000, tendo sido esse verificado por meio da planilha de dimensionamento de perfis, feita de acordo com a NBR8800.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 35/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

ESFORÇOS SOLICITANTES DE CÁLCULO – MONTANTES – W200X35,9S								
COLUNA	LOCAL	COMBINAÇÃO	N	VX	Vx	T	My	Mx
	m		kN	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m
53	0	COMB1-NL	-173	0	0	0	0	0
66	0	COMB1-NL	-172	0	0	0	0	0
51	0	COMB1-NL	-172	0	0	0	0	0
67	0	COMB1-NL	-81	0	0	0	0	0
52	1	COMB1-NL	-81	0	0	0	0	0
4	3	COMB8-NL	-94	0	0	0	0	0



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

PÁGINA

36/76

REV.

1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : KN, cm, C						
Frame : 53	X Mid: 1980,000	Combo: COMB1	Design Type: Column			
Length: 200,000	Y Mid: 0,000	Shape: W200X35.9	Frame Type: SMF			
Loc : 0,000	Z Mid: 400,000	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis					
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed			
AlphaPr/Py=0,112	AlphaPr/Pe=0,046	Tau_b=1,000	EA factor=0,800		EI factor=0,800	
PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750			
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900				
A=44,857	I33=3370,712	r33=8,669	S33=335,394	Av3=28,050		
J=12,622	I22=764,020	r22=4,127	S22=92,608	Av2=12,462		
E=20000,000	Fy=34,500	Ry=1,079	z33=371,672	Cw=69534,677		
RLLF=1,000	Fu=45,000		z22=140,583			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0,000	-173,093	0,000	0,000	0,154	-0,354	0,000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio:	0,074 = 0,074 + 0,000 + 0,000					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Lltb	Kltb	Cb			
LTB	1,000	1,000	1,000			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	-173,093	1172,956	1392,816			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn			
	Moment	Capacity	No LTB			
Major Moment	0,000	11268,429	11540,408			
Minor Moment	0,000	4365,104				
SHEAR CHECK						
	Uu	phi*Un	Stress	Status		
	Force	Capacity	Ratio	Check		
Major Shear	0,154	232,167	0,001	OK		
Minor Shear	0,354	627,086	0,001	OK		

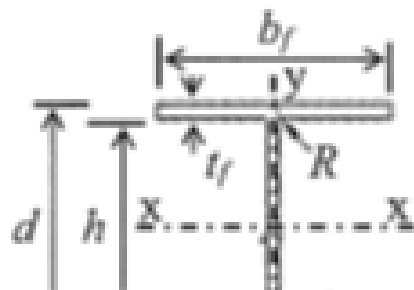
Dimensionamento através da NBR 8800

Compressão em perfis laminados e sem Travamento das mesas

Propriedades Geométricas

Dados:

Perfil =>	W 200 x 35,9 (H)		Ix =	3437	cm ⁴
Ag =	161	cm ²	rx =	8,67	cm
Msd =	0	KN.cm	Iy =	764	cm ⁴





ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

37/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

Vsd =	0	kN	Wx =	342	cm ³			
Nsd =	173,0	kN	Zx =	379,2	cm ³			
E =	20000	kN/cm ²	J =	14,51	cm ⁴			
f _y =	34,5	kN/cm ²	Cw =	69502	cm ⁶			
L =	200	cm	r _y =	4,09	cm			
M _c =		KN.cm	Bf =	165	mm			
M _b =		KN.cm	t _f =	10,2	mm			
M _a =		KN.cm	t _w =	6,2	mm			
M _{max} =		KN.cm	H =	201	mm			

d = altura total

R = raio de concordância entre a mesa e a alma

h = altura interna da alma

b_f = largura das mesas

t_f = espessura das mesas

t_w = espessura da alma

A_g = área bruta

I_x = momento de inércia em relação ao eixo x

W_x = módulo de resistência elástico em relação ao eixo x

r_x = raio de giração em relação ao eixo x

Z_x = módulo de resistência plástico em relação ao eixo x

I_y = momento de inércia em relação ao eixo y

W_y = módulo de resistência elástico em relação ao eixo y

r_y = raio de giração em relação ao eixo y

Z_y = módulo de resistência plástico em relação ao eixo y

J = constante de torção

C_w = constante de empennamento

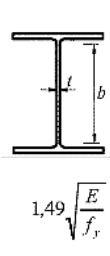
Compressão

FLAMBAGEM LOCAL:

Alma elemento AL

b/t =

29,13



ca = 0,34



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

38/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

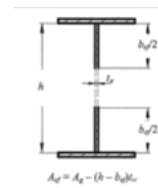
$$b/t \text{ lim} = \mathbf{35,87}$$

$$b_{ef} = \mathbf{b} \quad \text{cm}$$

$$A_{ef} = \mathbf{A_g} \quad \text{cm}^2 \quad A_{ef} = A_g - t_w \cdot b_{ef}$$

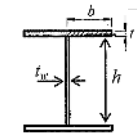
$$Q_a = \mathbf{1,00}$$

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$



Mesa elemento AA

$$b/t = \mathbf{8,09}$$



$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$$

$$0,64 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$$

$$b/t \text{ lim} = \mathbf{13,27}$$

Kc

0,74

OK! $0,35 < K_c < 0,74$

$$b/t \text{ sup} = \mathbf{24,25}$$

$$Q_s = \mathbf{1,00}$$

$(b/t)_{lim}$	$(b/t)_{sup}$	Q_s
$0,64 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$	$1,17 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$	1
		$1,415 - 0,65 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E k_c}}$
		$\frac{0,90 E k_c}{f_y \left(\frac{b}{t} \right)^2}$

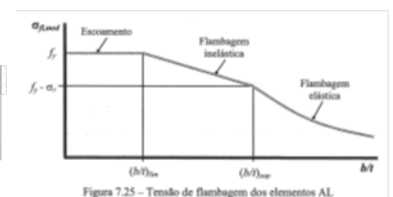


Figura 7.25 – Tensão de flambagem dos elementos AL

Fator de redução total:

$$Q = \mathbf{1,00} = Q_a \times Q_s$$

INSTABILIDADE GLOBAL:

INSTABILIDADE GLOBAL X

$$K_x L_x = \mathbf{200} \quad \text{cm}$$

$$N_{ex} = \mathbf{13568,7} \quad \text{kN}$$

$$\lambda_x = \mathbf{48,40} < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

INSTABILIDADE GLOBAL Y:

$$K_y L_y = \mathbf{200} \quad \text{cm}$$

$$N_{ey} = \mathbf{3016,2} \quad \text{kN}$$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 39/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

$\lambda_y =$ **102,65** < 200 λ_y esta OK!

Valores de N_e , λ_0 e χ

$N_e \Rightarrow$ **Ney = 3016,2** kN (que é o menor dos valores entre N_{ex} e N_{ey})

$\lambda_0 =$ **1,36**

$\chi =$ **0,462644549**

- para $\lambda_0 \leq 1,5$: $\chi = 0,658 \lambda_0^2$

- para $\lambda_0 > 1,5$: $\chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$

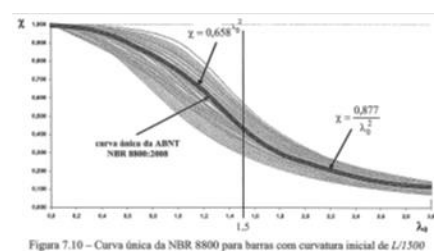


Figura 7.10 – Curva única da NBR 8800 para barras com curvatura inicial de $L/1500$

Força axial de Compressão Resistente de Cálculo ($N_{c,Rd}$)

Conclusão: de Esforço Normal

$N_{c,Rd} =$ **1869** kN

$N_{c,Sd}/N_{c,Rd} \Rightarrow$ **9%** **OK!**

$\lambda_x =$ **48,40** < 200 λ_x esta **OK!**

$\lambda_{yz} =$ **102,65** < 200 λ_x esta **OK!**

Conclusão: de Esforço Normal

$N_{c,Rd} =$ **1869** kN

$N_{c,Sd}/N_{c,Rd} \Rightarrow$ **9%** **OK!**

$\lambda_x =$ 48,39585581 < 200 λ_x esta OK!

$\lambda_{yz} =$ 102,6481817 < 200 λ_x esta OK!

13.4 **DIMENSIONAMENTO DOS MONTANTES DAS TRELIÇAS – PERFIL 2L 64,5X6,35**

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 40/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

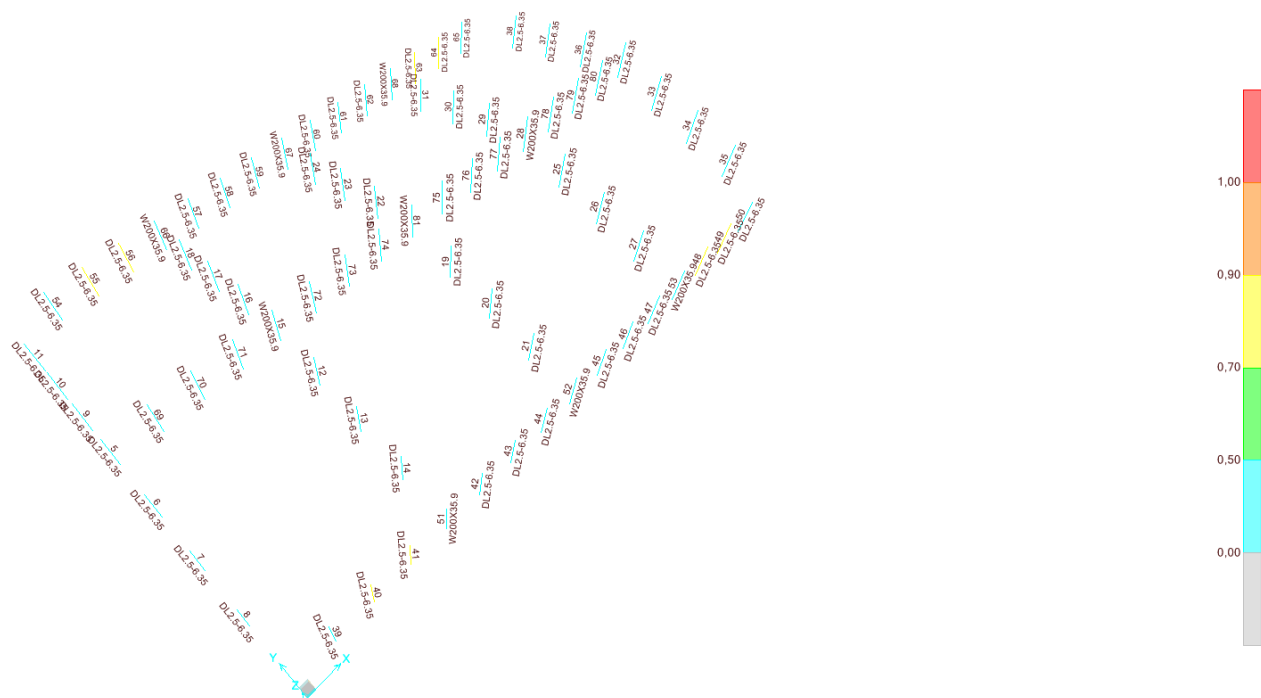


Figura 22: Verificação dos montantes

Analisando o dimensionamento dos montantes no *software*, obtêm-se as combinações que geraram os esforços solicitantes máximos de cálculo, veja abaixo.

Com os esforços retirou-se o dimensionamento detalhado do SAP 2000, tendo sido esse verificado através da planilha de dimensionamento de perfis, feita de acordo com a NBR8800.

ESFORÇOS SOLICITANTES DE CÁLCULO – MONTANTES – W200X35,9S								
COLUNA	LOCAL	COMBINAÇÃO	N	VX	Vx	T	My	Mx
	m		kN	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m
49	0	COMB1-NL	-166	0	0	0	0	0
55	0	COMB4-NL	-156	0	0	0	0	0
48	2	COMB1-NL	-154	0	0	0	0	0
32	0	COMB21-NL	44	0	0	0	0	0
32	2	COMB27-NL	43	0	0	0	0	0
32	0	COMB5-NL	42	0	0	0	0	0



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

41/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : KN, cm, C						
Frame : 32	X Mid: 2640,000	Combo: COMB21	Design Type: Column			
Length: 200,000	Y Mid: 837,500	Shape: DL2.5-6.35	Frame Type: SMF			
Loc : 200,000	Z Mid: 651,250	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 90,000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis					
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed			
AlphaPr/Py=0,117	AlphaPr/Pe=0,152	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800		
PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750			
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900				
A=15,323	I33=58,534	r33=1,955	S33=12,926	Av3=8,065		
J=1,980	I22=139,340	r22=3,016	S22=20,416	Av2=8,065		
Ixy=0,000	Imax=139,340	rmax=3,016	Smax=20,416			
Rot= 90 deg	Imin=58,534	rmin=1,955	Smin=12,926			
E=19994,798	fy=24,517	Ry=1,518	z33=23,288			
RLLF=1,000	Fu=39,227		z22=35,187			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB21)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
200,000	43,978	0,000	0,000	0,057	1,575E-04	0,000
PHM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)						
D/C Ratio:	0,130 = 0,130 + 0,000 + 0,000					
	= fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H2-1)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1,000	1,000	1,000			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
	Force	Capacity	Capacity			
Axial	43,978	196,143	338,091			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn			
	Moment	Capacity	No LTB			
Major Moment	0,000	456,322	456,322			
Minor Moment	0,000	585,181				
SHEAR CHECK						
	Uu	phi*Un	Stress	Status		
	Force	Capacity	Ratio	Check		
Major Shear	0,057	106,766	0,001	OK		
Minor Shear	1,575E-04	106,766	1,476E-06	OK		

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 42/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Tração simples em cantoneiras duplas

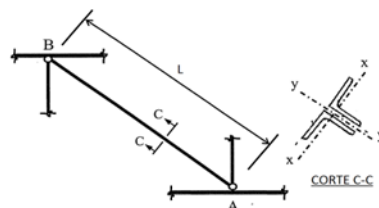
Dados:

Barras:

Cantoneira:

Valores Tabelados para uma cantoneira

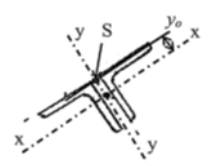
$b^1 =$	6,35	cm
$t^1 =$	0,635	cm
$Ag^1 =$	7,67	cm ²
$Ix^1 = Iy^1 =$	29	cm ⁴
$rx^1 =$	1,24	cm
$Xg^1 = Yg^1$	1,83	cm
$ece =$	0,95	cm
f_y	25,00	MPa
$E =$	20000	MPa
$G =$	7700	MPa
$L =$	340,00	cm
$Nsd =$	150,00	kN



espessura da chapa espaçadora
Aço: ASTM A36

Propriedades Geométricas para cantoneiras duplas de seção T:

$I_x =$	58,00	cm ⁴	$I_x = 2 \cdot I_x^1 =$
$I_y =$	139,50	cm ⁴	$I_y = 2 \cdot [I_y^1 + Ag^1(Yg^1 + ece/2)^2] =$
$Ag =$	15,34	cm ²	$Ag = Ag^1 \cdot 2$
$r_y =$	3,02	cm	$r_y = (I_y/Ag)^{1/2}$
$J =$	2,06	cm ⁴	$J = 2/3[b \cdot t^3 + (b - t) \cdot T^3]$
$X_0 =$	0,00	cm	
$Y_0 =$	1,51	cm	$Y_0 = Yg^1 - t/2$
$r_0 =$	3,59	cm	



$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2}$$

$C_w =$ **0,00** cm⁶ (seção similar à seção T) pag176



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

43/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

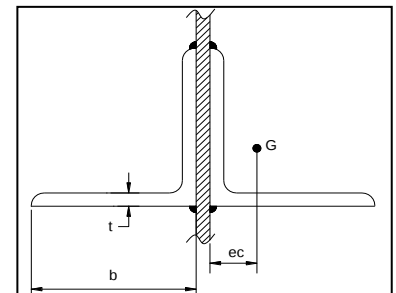
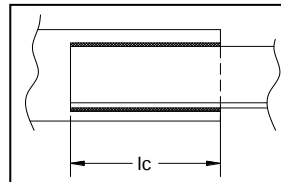
REV.

1

Verificação das cantoneiras duplas submetidas à Tração para Ligações Soldadas

Dados:

Barra Nº 32
Cantoneira **2 L 63,5x6,35**
b= 6,35 cm
t= 0,635 cm



Aço: ASTM A36 $f_y = 25 \text{ kn/m}^2$
 $f_u = 40 \text{ kn/m}^2$

$N_{t,sd} = 44 \text{ kN}$
 $l_c = 15 \text{ cm}$
 $r_{min} = 1,91 \text{ cm}$ $r_{x'}$
 $L = 200 \text{ cm}$
 $r_{min} = 1,24 \text{ cm}$ de uma cantoneira

Conclusão

$N_{t,sd}/N_{t,rd} \cdot 100 = 13 \% \text{ OK}$

Escoamento da seção bruta

Esbeltez = **105** **OK! Condição atendida**

Não há Necessidade de Chapas espaçadoras

Escoamento da Seção Bruta.

$N_{t,rd} = A_g \cdot f_y / 1,10$
 $N_{t,rd} = 348,24 \text{ kN}$
 $A_g = 15,32 \text{ cm}^2$
 $N_{t,sd}/N_{t,rd} = 12,63 \% \text{ ok}$

Ruptura da Seção Líquida.

$N_{t,rd} = A_e \cdot f_u / 1,35 =$
 $N_{t,rd} = 398,9 \text{ kn}$
 $A_e = C_t \cdot A_n$
 $A_e = 13,46 \text{ cm}^2$
 $C_t = 1 - e_c / l_c$
 $c_t = 0,88 \text{ OK valor entre } 0,6 < C_t < 0,9$
 $e_c = (b \cdot t \cdot b / 2 + (b - t) \cdot t \cdot t / 2) / b \cdot t + (b - t) \cdot t$
 $e_c = 1,82 \text{ cm}$
 $N_{t,sd}/N_{t,rd} = 11,03 \% \text{ ok}$

Esbeltez.

$l_{max} = L / r_{min} \leq 300$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 44/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

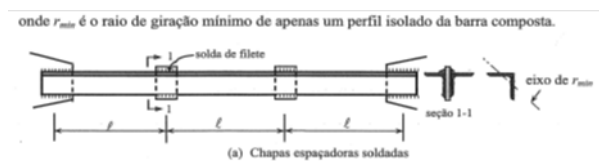
$l = 104,71$ OK! Condição atendida

Chapas Espaçadoras.

$l = L/r_{\min}$ de uma cantoneira ≤ 300

$l = 372$ cm

Nº de chapas **Não há Necessidade**



Para o dimensionamento a tração e o aproveitamento, quando comparados, são praticamente os mesmos.

A força resistente de cálculo a tração, escoamento da seção bruta, calculada pela NBR8800 foi igual a 348,32 kN, e a força fornecida pelo SAP2000 foi de 338,09 kN. Estes resultados diferem aproximadamente de 3%.



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE	PÁGINA
MC-3599TU-S-00000	45/76
Nº AUSENCO	REV.
3017-02-0000-CAL-S-0000	1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, cm, C

Frame : 49	X Mid: 2310,000	Combo: COMB1	Design Type: Column
Length: 200,000	Y Mid: 0,000	Shape: DL2.5-6.35	Frame Type: SMF
Loc : 0,000	Z Mid: 400,000	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 90,000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,443	AlphaPr/Pe=0,576	Tau_b=1,000	EA factor=0,800 EI factor=0,800

PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900	

A=15,323	I33=58,534	r33=1,955	S33=12,926	Av3=8,065
J=1,980	I22=139,340	r22=3,016	S22=20,416	Av2=8,065
Ixy=0,000	Imax=139,340	rmax=3,016	Smax=20,416	
Rot= 90 deg	Imin=58,534	rmin=1,955	Smin=12,926	
E=19994,798	fy=24,517	Ry=1,518	z33=23,288	
RLLF=1,000	Fu=39,227		z22=35,187	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0,000	-166,296	0,000	0,000	0,132	-0,169	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)

D/C Ratio: 0,848 = 0,848 + 0,000 + 0,000
= fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H2-1)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	1,000

	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-166,296	196,143	338,091

	Mu	phi*Mn	phi*Mn
	Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	0,000	285,201	285,201
Minor Moment	0,000	585,181	

SHEAR CHECK

	Uu	phi*Un	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	0,132	106,766	0,001	OK
Minor Shear	0,169	106,766	0,002	OK



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

46/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

Compressão simples em cantoneiras duplas

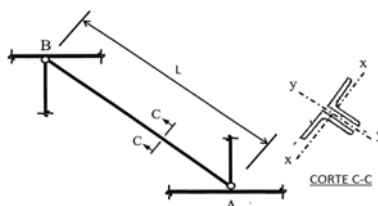
Dados:

Barras: 49

Cantoneira: 2L 63,5 x 6,35

Valores Tabelados para uma cantoneira

$b^1 =$	6,35	cm
$t^1 =$	0,635	cm
$Ag^1 =$	7,67	cm ²
$Ix^1 = Iy^1 =$	29	cm ⁴
$rx^1 =$	1,96	cm
$Xg^1 = Yg^1 =$	1,83	cm
$ece =$	0,95	cm
$f_y =$	25,00	MPa
$E =$	20000	MPa
$G =$	7700	MPa
$L =$	200,00	cm
$Nsd =$	166,00	kN



Aproveitamento: 83%

$$\lambda_x = 102,86 < 200$$

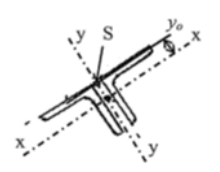
$$\lambda_{yz} = 72,30 < 200$$

espessura da chapa espaçadora

Aço: ASTM A36

Propriedades Geométricas para cantoneiras duplas de seção T:

$I_x =$	58,00	cm ⁴	$I_x = 2 \cdot I_x^1 =$
$I_y =$	139,50	cm ⁴	$I_y = 2 \cdot [I_y^1 + Ag^1(Yg^1 + ece/2)^2] =$
$Ag =$	15,34	cm ²	$Ag = Ag^1 \cdot 2$
$r_y =$	3,02	cm	$r_y = (I_y/Ag)^{1/2}$
$J =$	2,06	cm ⁴	$J = 2/3[b \cdot t^3 + (b - t) \cdot T^3]$
$X_0 =$	0,00	cm	$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2}$
$Y_0 =$	1,51	cm	$Y_0 = Yg^1 - t/2$
$r_0 =$	3,90	cm	
$C_w =$	0,00	cm ⁶	(seção similar à seção T) pag 176



FLAMBAGEM LOCAL:

$$b/t = 10,00$$

3	- Abas de cantoneiras simples ou múltiplas providas de chapas espaçadoras		$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
---	---	--	-----------------------------

$$b/t \text{ lim} = 12,73$$

$$b/t \text{ sup} = 25,46$$

$$Q_s = 1,00 \quad b/t < (b/t)_{\text{lim}}$$

$(b/t)_{\text{lim}}$	$(b/t)_{\text{sup}}$	Q_s		
		$b/t \leq (b/t)_{\text{lim}}$	$(b/t)_{\text{lim}} < b/t \leq (b/t)_{\text{sup}}$	$b/t > (b/t)_{\text{sup}}$
$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	1	$1,340 - 0,76 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$	$\frac{0,52 E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 47/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

INSTABILIDADE GLOBAL X:

$$K_x L_x = 200,00 \text{ cm}$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} = \mathbf{286,22 \text{ kN}}$$

$$\lambda_x = \mathbf{102,86} < 200$$

$$\lambda_x = \pi \sqrt{\frac{E A_g}{N_{ex}}}$$

λ_x esta OK!

Compressão simples em cantoneiras duplas

Barras: 49 0 Cantoneira:

INSTABILIDADE GLOBAL YZ:

$$K_y L_y = 200,00 \text{ cm}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} = \mathbf{688,41 \text{ kN}}$$

$$N_{ez} = \mathbf{1041,70 \text{ kN}}$$

$$N_{eyz} = \mathbf{579,33 \text{ kN}}$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + G J \right]$$

Por causa do C_w ser igual a 0
 $N_{ez} = 1/r_o^2 \cdot G \cdot J$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 [1 - (y_o/r_o)^2]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ey} N_{ez} [1 - (y_o/r_o)^2]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$\lambda_{yz} = \mathbf{72,30} < 200$$

$$\lambda_{yz} = \pi \sqrt{\frac{E A_g}{N_{eyz}}}$$

λ_x esta OK!

Valores de N_e , λ_0 e χ

$$N_e \Rightarrow N_{ex} = \mathbf{286,22 \text{ kN}}$$

(que é o menor dos valores entre N_{ex} e N_{eyz})

$$\lambda_0 = \mathbf{1,16}$$

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q A_g f_y}{N_e}}$$

$$\chi = \mathbf{0,571}$$

- para $\lambda_0 \leq 1,5$: $\chi = 0,658 \lambda_0^2$
- para $\lambda_0 > 1,5$: $\chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 48/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Força axial de Compressão Resistente de Cálculo (Nc,Rd)

$$N_{c,Rd} = 198,98 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{af}}$$

Conclusão:

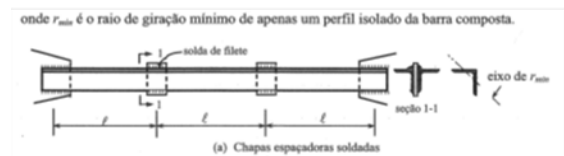
$$N_{c,Sd}/N_{c,Rd} = 83\% \quad \text{OK!}$$

$$\lambda_x = 102,86 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

$$\lambda_{yz} = 72,30 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

Chapas Espaçadoras

$$\ell = 64,99 \quad \frac{\ell}{r_{min}} \leq \frac{1}{2} \frac{KL}{r}$$



Para o dimensionamento a compressão o aproveitamento, quando comparado, é praticamente o mesmo.

As forças resistentes de cálculo diferem aproximadamente de 1,5%.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 49/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

13.5 DIMENSIONAMENTO DAS DIAGONAIS DAS TRELIÇAS – PERFIL 2L 63,5X6,35

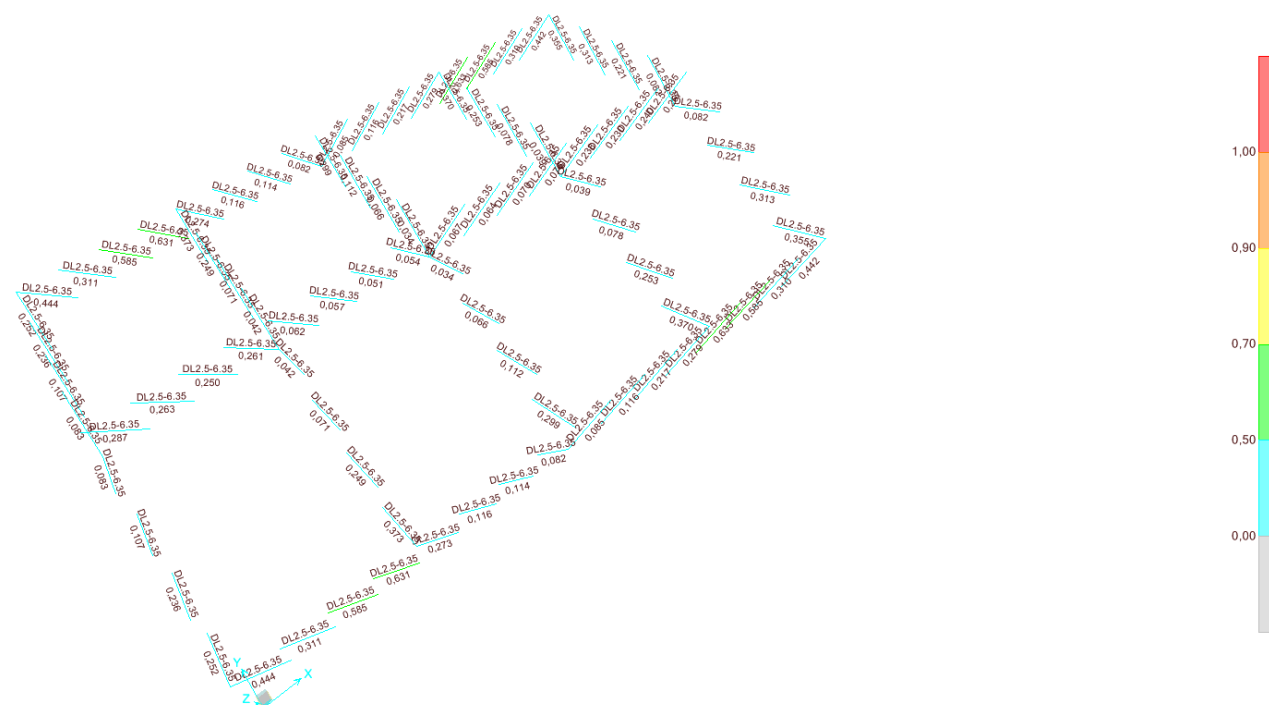


Figura 23: Verificação das diagonais

Analisando o dimensionamento das diagonais no *software*, obtêm-se as combinações que geraram os esforços solicitantes máximos de cálculo, veja abaixo.

Com os esforços retirou-se o dimensionamento detalhado do SAP 2000, este foi verificado através da planilha de dimensionamento de perfis feita de acordo com a norma NBR8800.

ESFORÇOS SOLICITANTES DE CÁLCULO – MONTANTES – 2L 63,5X6,35								
COLUNA	LOCAL	COMBINAÇÃO	N	VX	Vx	T	My	Mx
	m		kN	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m
139	259	COMB20-NL	-58	0	0	0	0	0
146	130	COMB22-NL	-57	0	0	0	0	0
139	0	COMB24-NL	-56	0	0	0	0	0
137	259	COMB1-NL	209	0	0	0	0	0
148	0	COMB1-NL	208	0	0	0	0	0
137	259	COMB8-NL	197	0	0	0	0	0



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE	PÁGINA
MC-3599TU-S-00000	50/76
Nº AUSENCO	REV.
3017-02-0000-CAL-S-0000	1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : KN, cm, C						
Frame : 139	X Mid: 82,500	Combo: COMB20	Design Type: Brace			
Length: 259,278	Y Mid: 1675,000	Shape: DL2.5-6.35	Frame Type: SMF			
Loc : 0,000	Z Mid: 400,000	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 90,000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			Reduction: Tau-b Fixed		
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order			EA factor=0,800 EI factor=0,800		
AlphaPr/Py=0,154	AlphaPr/Pe=0,337	Tau_b=1,000				
PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750			
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900				
A=15,323	I33=58,534	r33=1,955	S33=12,926	Av3=8,065		
J=1,980	I22=139,340	r22=3,016	S22=20,416	Av2=8,065		
Ixy=0,000	Imax=139,340	rmax=3,016	Smax=20,416			
Rot= 90 deg	Imin=58,534	rmin=1,955	Smin=12,926			
E=19994,798	fy=24,517	Ry=1,518	z33=23,288			
RLLF=1,000	Fu=39,227		z22=35,187			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB20)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0,000	-57,954	0,000	0,000	-0,125	-0,015	0,000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)						
D/C Ratio:	0,428 = 0,428 + 0,000 + 0,000					
	= fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H2-1)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1,000	1,000	1,316			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	-57,954	135,404	338,091			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
Minor Moment	0,000	285,201	285,201			
	0,000	585,181				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
Minor Shear	0,125	106,766	0,001	OK		
	0,015	106,766	0,000	OK		
BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS						
Axial	P Comp	P Tens				
	-57,954	N/C				



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

PÁGINA

51/76

REV.

1

Compreensão simples de cantoneiras duplas

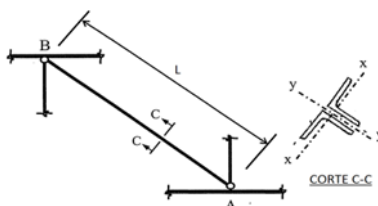
Dados:

Barras: 58

Cantoneira: 2L 63,5 x 6,35

Valores Tabelados para uma cantoneira

$b^1 =$	6,35	cm
$t^1 =$	0,635	cm
$Ag^1 =$	7,67	cm ²
$Ix^1 = Iy^1 =$	29	cm ⁴
$rx^1 =$	1,96	cm
$Xg^1 = Yg^1$	1,83	cm
$ece =$	0,95	cm
f_y	25,00	MPa
$E =$	20000	MPa
$G =$	7700	MPa
$L =$	259,30	cm
$Nsd =$	58,00	kN



Aproveitamento: 43%

$$\lambda_x = 133,35 < 200$$

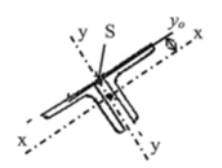
$$\lambda_{yz} = 89,58 < 200$$

espessura da chapa espaçadora

Aço: ASTM A36

Propriedades Geométricas para cantoneiras duplas de seção T:

$I_x =$	58,00	cm ⁴	$I_x = 2 \cdot I_x^1 =$
$I_y =$	139,50	cm ⁴	$I_y = 2 \cdot [I_y^1 + Ag^1(Yg^1 + ece/2)^2] =$
$Ag =$	15,34	cm ²	$Ag = Ag^1 \cdot 2$
$r_y =$	3,02	cm	$r_y = (I_y/Ag)^{1/2}$
$J =$	2,06	cm ⁴	$J = 2/3[b \cdot t^3 + (b - t) \cdot T^3]$
$X_0 =$	0,00	cm	



$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2 + y_o^2}$$

$$Y_0 = Yg^1 - t/2$$

$Y_0 =$	1,51	cm
$r_0 =$	3,90	cm
$C_w =$	0,00	cm ⁶

(seção similar à seção T) pag 176

FLAMBAGEM LOCAL:

$$b/t = \mathbf{10,00}$$

3	- Abas de cantoneiras simples ou múltiplas providas de chapas espaçadoras		$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
---	---	--	-----------------------------

$$b/t \text{ lim} = \mathbf{12,73}$$

$(b/t)_{lim}$	$(b/t)_{sup}$	Q_s		
		$b/t \leq (b/t)_{lim}$	$(b/t)_{lim} < b/t \leq (b/t)_{sup}$	$b/t > (b/t)_{sup}$
$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	1	$1,340 - 0,76 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$	$\frac{0,52E}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 52/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

$$b/t \text{ sup} = 25,46$$

$$Q_s = 1,00 \quad b/t < (b/t)_{lim}$$

INSTABILIDADE GLOBAL X:

$$K_x L_x = 259,30 \text{ cm} \quad N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(K_x L_x)^2}$$

$$N_{ex} = 170,28 \text{ kN}$$

$$\lambda_x = 133,35 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

$$\lambda_x = \pi \sqrt{\frac{E A_g}{N_{ex}}}$$

Compressão simples em cantoneiras duplas

Barras: 58 0 Cantoneira:

INSTABILIDADE GLOBAL YZ:

$$K_y L_y = 259,30 \text{ cm} \quad N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2}$$

$$N_{ey} = 409,55 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = 1041,7 \text{ kN}$$

$$N_{ez} = 0 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = 377,34 \text{ kN}$$

$$\lambda_{yz} = 89,58 < 200 \quad \lambda_{yz} \text{ esta OK!}$$

$$\lambda_{yz} = \pi \sqrt{\frac{E A_g}{N_{eyz}}}$$

Por causa do C_w ser igual a 0
 $N_{ez} = 1/r_o^2 \cdot G \cdot J$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 [1 - (y_o/r_o)^2]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 N_{ey} N_{ez} [1 - (y_o/r_o)^2]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

Valores de N_e , λ_0 e χ

$$N_e \Rightarrow N_{ex} = 170,28 \text{ kN (que é o menor dos valores entre } N_{ex} \text{ e } N_{eyz})$$

$$\lambda_0 = 1,50 \quad \lambda_0 = \sqrt{\frac{Q A_g f_y}{N_e}}$$

$$\chi = 0,389$$

- para $\lambda_0 \leq 1,5$: $\chi = 0,658 \lambda_0^2$
- para $\lambda_0 > 1,5$: $\chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$

Força axial de Compressão Resistente de Cálculo ($N_{c,Rd}$)

$$N_{c,Rd} = 135,76 \text{ kN} \quad N_{c,Rd} = \frac{\chi Q A_g f_y}{\gamma_{al}}$$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 53/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Conclusão:

Nc,Sd/Nc,R

d **43%** OK!

$$\lambda_x = 133,35 < 200$$

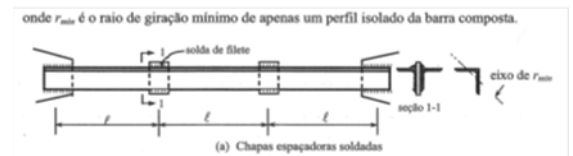
λ_x esta OK!

$$\lambda_{yz} = 89,58 < 200$$

λ_x esta OK!

Chapas Espaçadoras

$$\ell = 84,27 \quad \frac{\ell}{r_{min}} \leq \frac{1}{2} \frac{KL}{r}$$



Os valores obtidos nos dois dimensionamentos, quando comparados, não diferem.

A força resistente de cálculo pela NBR8800 vale 135,76 kN e a força resistente de cálculo pelo SAP2000 é 134,4 kN.

O aproveitamento, quando comparado, é praticamente o mesmo. As forças resistentes de cálculo diferem aproximadamente de 1,0%.



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

54/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, cm, C

Frame : 137 X Mid: 2062,500 Combo: COMB1 Design Type: Brace
Length: 259,278 Y Mid: 0,000 Shape: DL2.5-6.35 Frame Type: SMF
Loc : 0,000 Z Mid: 400,000 Class: Non-Compact Princpl Rot: 90,000 degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis
D/C Limit=1,000 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
AlphaPr/Py=0,555 AlphaPr/Pe=1,214 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

PhiB=0,900 PhiC=0,900 PhiTY=0,900 PhiTF=0,750
PhiS=0,900 PhiS-RI=1,000 PhiST=0,900

A=15,323 I33=58,534 r33=1,955 S33=12,926 Av3=8,065
J=1,980 I22=139,340 r22=3,016 S22=20,416 Av2=8,065
Ixy=0,000 Imax=139,340 rmax=3,016 Smax=20,416
Rot= 90 deg Imin=58,534 rmin=1,955 Smin=12,926
E=19994,798 fy=24,517 Ry=1,518 z33=23,288
RLLF=1,000 Fu=39,227 z22=35,187

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)

Location Pu Mu33 Mu22 Uu2 Uu3 Tu
0,000 208,552 0,000 0,000 0,240 -0,230 0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H2-1)

D/C Ratio: 0,617 = 0,617 + 0,000 + 0,000
= fa/Fa + fbw/Fbw + fbz/Fbz

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H2-1)

Factor L K1 K2 B1 B2 Cm
Major Bending 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000
Minor Bending 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000 1,000

Ltb Kltb Cb
1,000 1,000 1,316

Pu phi*Pnc phi*Pnt
Force Capacity Capacity
208,552 135,404 338,091

Mu phi*Mn phi*Mn
Moment Capacity No LTB
Major Moment 0,000 285,201 285,201
Minor Moment 0,000 585,181

SHEAR CHECK

Uu phi*Un Stress Status
Force Capacity Ratio Check
Major Shear 0,240 106,766 0,002 OK
Minor Shear 0,230 106,766 0,002 OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

P P
Comp Tens
Axial 208,552 N/C

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 55/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Tração de cantoneiras duplas

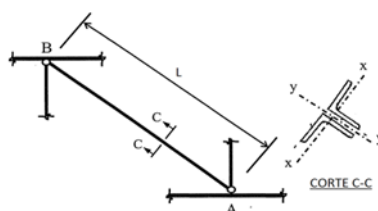
Dados:

Barras: 137

Cantoneira:

Valores Tabelados para uma cantoneira

$b^1 =$	6,35	cm
$t^1 =$	0,635	cm
$Ag^1 =$	7,67	cm ²
$Ix^1 = Iy^1 =$	29	cm ⁴
$rx^1 =$	1,24	cm
$Xg^1 = Yg^1$	1,83	cm
$ece =$	0,95	cm
f_y	25,00	MPa
$E =$	20000	MPa
$G =$	7700	MPa
$L =$	340,00	cm
$Nsd =$	150,00	kN



espessura da chapa espaçadora

Aço: ASTM A36

Propriedades Geométricas para cantoneiras duplas de seção T:

$I_x =$	58,00	cm ⁴
$I_y =$	139,50	cm ⁴
$Ag =$	15,34	cm ²
$r_y =$	3,02	cm
$J =$	2,06	cm ⁴
$X_0 =$	0,00	cm
$Y_0 =$	1,51	cm
$r_0 =$	3,59	cm
$C_w =$	0,00	cm ⁶

$$I_x = 2 \cdot I_x^1 =$$

$$I_y = 2 \cdot [I_y^1 + Ag^1(Yg^1 + ece/2)^2] =$$

$$Ag = Ag^1 \cdot 2$$

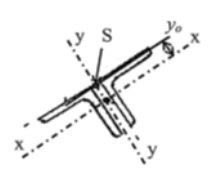
$$r_y = (I_y/Ag)^{1/2}$$

$$J = 2/3[b \cdot t^3 + (b - t) \cdot T^3]$$

$$Y_0 = Yg^1 - t/2$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2}$$

(seção similar à seção T) pag 176





ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

56/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

Verificação das cantoneiras duplas submetidas à Tração para Ligações Soldadas

Dados:

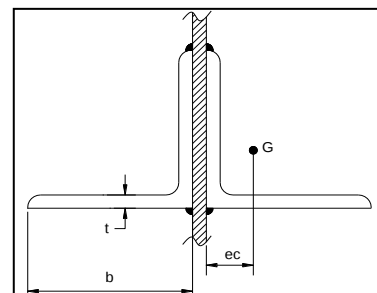
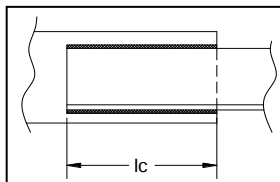
Barra Nº 137

2 L

Cantoneira **63,5x6,35**

b = 6,35 cm

t = 0,635 cm



Aço: ASTM A36 $f_y = 25 \text{ kn/m}^2$

$f_u = 40 \text{ kn/m}^2$

Conclusão

$N_{t,sd}/N_{t,rd} \cdot 100 =$

60 % OK

Escoamento da seção bruta

Dimensionado por

Esbeltez = **136**

OK! Condição atendida

$N_{t,sd} = 208 \text{ kN}$

$l_c = 15 \text{ cm}$

$r_{min} = 1,91 \text{ cm}$ $r_{x'}$

$L = 259,3 \text{ cm}$

$r_{min} = 1,24 \text{ cm}$ de uma cantoneira

Não há Necessidade de
Chapas espaçadoras

Escoamento da Seção Bruta.

$$N_{t,rd} = A_g \cdot f_y / 1,10$$

$$N_{t,rd} = 348,24 \text{ kN}$$

$$A_g = 15,32 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,sd}/N_{t,rd} = 59,73 \% \text{ ok}$$

Ruptura da Seção Líquida.

$$N_{t,rd} = A_e \cdot f_u / 1,35 =$$

$$N_{t,rd} = 398,9 \text{ kn}$$

$$A_e = C_t \cdot A_n$$

$$A_e = 13,46 \text{ cm}^2$$

$$C_t = 1 - e_c /$$

$$l_c$$

$$c_t = 0,88 \text{ OK valor entre } 0,6 < C_t < 0,9$$

$$e_c = (b \cdot t \cdot b / 2 + (b - t) \cdot t \cdot t / 2) / b \cdot t + (b - t) \cdot t$$

$$e_c = 1,82 \text{ cm}$$

$$N_{t,sd}/N_{t,rd} = 52,15 \% \text{ ok}$$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 57/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Esbetez.

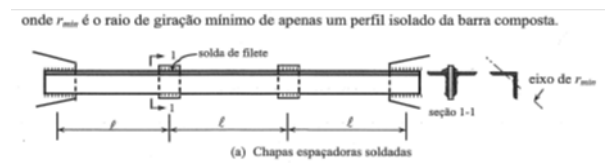
$$l_{\max} = L/r_{\min} \leq 300$$

$$l = \mathbf{135,76} \quad \text{OK! Condição atendida}$$

Chapas Espaçadoras.

$$l = L/r_{\min} \text{ de uma cantoneira} \leq 300$$

$$l = \mathbf{372} \quad \text{cm}$$



Não há Necessidade de
Chapas espaçadoras

Os valores obtidos nos dois dimensionamentos não diferem quando comparados.

A força resistente de cálculo pela NBR8800 vale 348,24 kN e a força resistente de cálculo pelo SAP2000 é de 338,09 kN.

O aproveitamento, quando comparado, é praticamente o mesmo. As forças resistentes de cálculo diferem aproximadamente de 2,8%.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 58/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

13.6 DIMENSIONAMENTO DOS BANZOS – PERFIL W200X35,9

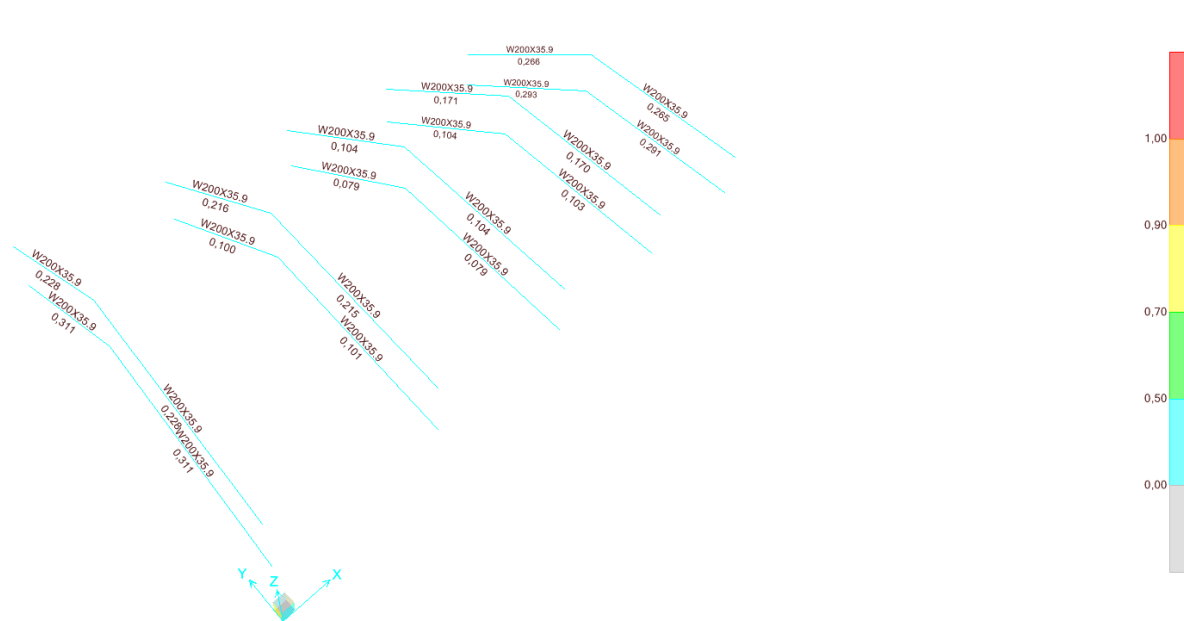


Figura 24: Verificação das diagonais

Analisando o dimensionamento dos banzos no *software*, obtém-se as combinações que geraram os esforços solicitantes máximos de cálculo, veja abaixo.

Com os esforços retirou-se o dimensionamento detalhado do SAP 2000, tendo sido esse verificado através da planilha de dimensionamento de perfis, conforme a NBR8800.

ESFORÇOS SOLICITANTES DE CÁLCULO – MONTANTES – 2L 63,5X6,35								
COLUNA	LOCAL	COMBINAÇÃO	N	VX	Vx	T	My	Mx
	m		kN	kN	kN	kN*m	kN*m	kN*m
236	0,0	COMB1	-92	-7	-4	2	-693	-1289
244	0,0	COMB1	-122	-10	3	-1	377	-1744
242	874,4	COMB1	203	0	0	-1	2	221



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE	PÁGINA
MC-3599TU-S-00000	59/76
Nº AUSENCO	REV.
3017-02-0000-CAL-S-0000	1

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : KN, cm, C						
Frame : 236	X Mid: 0,000	Combo: COMB1	Design Type: Brace			
Length: 874,376	Y Mid: 418,750	Shape: W200X35.9	Frame Type: SMF			
Loc : 0,000	Z Mid: 425,625	Class: Compact	Princpl Rot: 0,000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis					
D/C Limit=1,000	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed			
AlphaPr/Py=0,059	AlphaPr/Pe=0,029	Tau_b=1,000	EA factor=0,800	EI factor=0,800		
PhiB=0,900	PhiC=0,900	PhiTY=0,900	PhiTF=0,750			
PhiS=0,900	PhiS-RI=1,000	PhiST=0,900				
A=44,857	I33=3370,712	r33=8,669	S33=335,394	Av3=28,050		
J=12,622	I22=764,020	r22=4,127	S22=92,608	Av2=12,462		
E=20000,000	Fy=34,500	Ry=1,079	z33=371,672	Cw=69534,677		
RLLF=1,000	Fu=45,000		z22=140,583			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0,000	-91,698	-1289,218	-692,902	-7,251	-4,260	2,238
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio:	0,311 = 0,040 + 0,112 + 0,159					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0,250	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	0,250	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Lltb	Kltb	Cb			
LTB	0,250	1,000	1,732			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
Axial	Force	Capacity	Capacity			
	-91,698	1134,393	1392,816			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn			
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB			
Minor Moment	-1289,218	11540,408	11540,408			
	-692,902	4365,104				
SHEAR CHECK						
	Uu	phi*Un	Stress	Status		
Major Shear	Force	Capacity	Ratio	Check		
Minor Shear	7,251	232,167	0,031	OK		
	4,260	627,086	0,007	OK		
BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS						
	P	P				
Axial	Comp	Tens				
	-91,698	N/C				



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

60/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

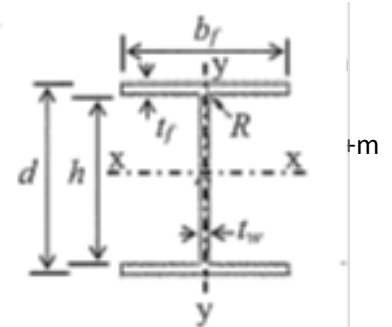
REV.

1

Propriedades geométricas:

Dados:

Perfil =>	W 200 x 35,9 (H)		
$I_x =$	3437	cm ⁴	
$A_g =$	161	cm ²	
$r_x =$	8,67	cm	
$M_{sd} =$	1289	KN.cm	
$I_y =$	764	cm ⁴	
$V_{sd} =$	4	kN	
$W_x =$	342	cm ³	
$N_{sd} =$	92,0	kN	
$Z_x =$	379,2	cm ³	
$E =$	20000	kN/cm ²	
$J =$	14,51	cm ⁴	
$f_y =$	34,5	kN/cm ²	
$C_w =$	69502	cm ⁶	
$L =$	330	cm	
$r_y =$	4,09	cm	
$M_c =$	5356,5	KN.cm	
$B_f =$	165	mm	
$M_b =$	10713	KN.cm	
$t_f =$	10,2	mm	
$M_a =$	16069,5	KN.cm	
$tw =$	6,2	mm	
$M_{max} =$	21426	KN.cm	
$H =$	201	mm	



d = altura total
 R = raio de concordância entre a mesa e a alma
 h = altura interna da alma
 b_f = largura das mesas
 t_f = espessura das mesas
 t_w = espessura da alma
 A_g = área bruta
 I_x = momento de inércia em relação ao eixo x

W_x = módulo de resistência elástico em relação ao eixo x
 r_x = raio de giração em relação ao eixo x
 Z_x = módulo de resistência plástico em relação ao eixo x
 I_y = momento de inércia em relação ao eixo y
 W_y = módulo de resistência elástico em relação ao eixo y
 r_y = raio de giração em relação ao eixo y
 Z_y = módulo de resistência plástico em relação ao eixo y
 J = constante de torção
 C_w = constante de empenamento

Flexão

FLT Flambagem Lateral por torção

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r) W_x}{EJ}$$

Parametros de Esbetez

$$\lambda = \frac{L_b}{r_y} = 80,68$$

$$\lambda_r = 142,11$$

$$\lambda_p = 42,38$$

$$\lambda_r = \frac{L_r}{r_y} = \frac{1,38 C_b \sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{C_b^2 I_y}}}$$

$$\beta = 0,028 / \text{cm}$$

FLT em Regime Elastoplástico

$$\lambda_w = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$M_r = 8259 \text{ KN.cm}$$

$$M_{pl} = 13082 \text{ KN.cm}$$

$$M_{cr} = 18716 \text{ KN.cm}$$

$$C_b = 1,67$$

$$M_{rk} = 13082 \text{ KN.cm} \quad M_{rk} = M_{pl} \text{ porque } M_{cr} > M_{pl}$$



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

61/76

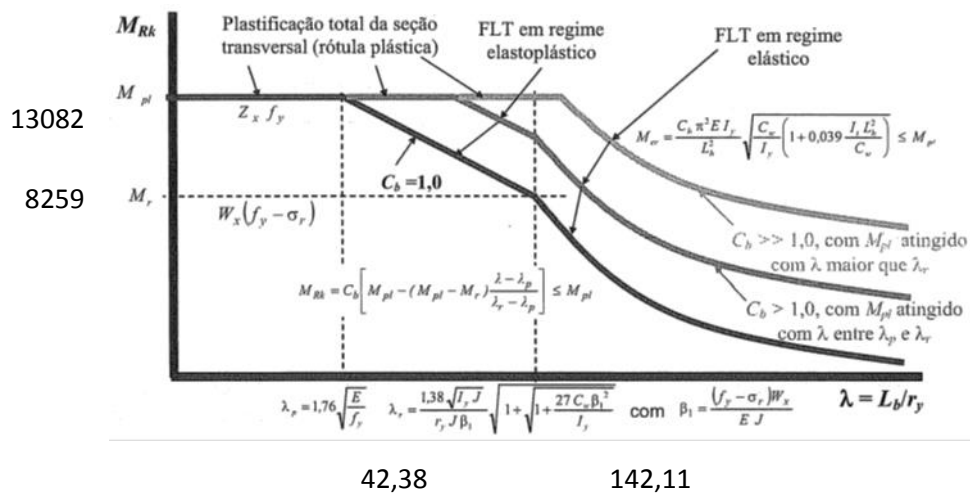
Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

MRd = 11893 KN.cm

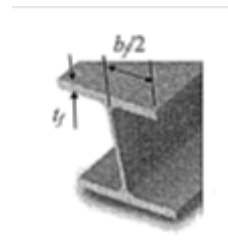


Flambagem Local:

FLM

Flambagem local da Mesa

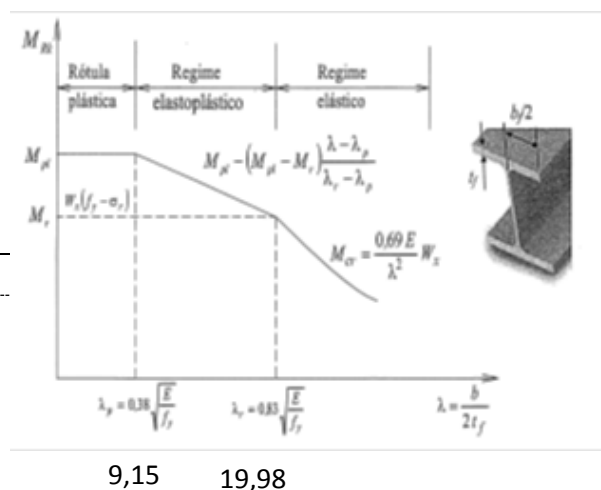
$\lambda = 8,09 = b/t$
 $\lambda_r = 19,98$ perfis laminado
 $\lambda_p = 9,15$



Rotula Plástica

Mpl = 13082 KN.cm

Mr = 8259 KN.cm



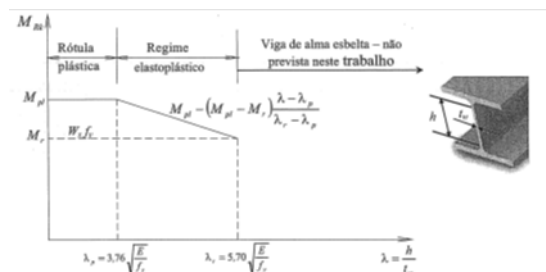
9,15 19,98

Mrk = 13082,40 KN.cm

FLA

Flambagem Local da Alma

$\lambda = 29,13$
 $\lambda_r = 137,24$
 $\lambda_p = 90,53$



		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 62/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Mpl = **13082,4** KN.cm

Mr = **8259,3** KN.cm

Mrk = **13082,4** KN.cm Mrk = Mpl

Conclusão dos esforços momento fletor:

Resistência de Cálculo		
FLA	11893	KN.cm
FLM	11893	KN.cm
FLT	11893	KN.cm

Portanto a resistência de calculo da viga é **11893** KN.cm limitado por FLA

Aproveitamento de **11%**



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

63/76

Nº AUSENCO

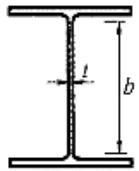
3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

Compressão

FLAMBAGEM LOCAL:



Alma elemento AL

$b/t = 29,13$

$ca = 0,34$

$b/t_{lim} = 35,87$

$$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$b_{ef} = b$ cm

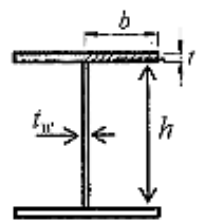
$A_{ef} = A_g$ cm²

$A_{ef} = A_g - t_w \cdot b_{ef}$

$Q_a = 1,00$

Mesa elemento AA

$b/t = 8,09$



$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g}$$

$b/t_{lim} = 13,27$

$b/t_{sup} = 24,25$

$Q_s = 1,00$

$$0,64 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$$

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$$

$K_c = 0,74$

OK! $0,35 < K_c < 0,74$

$(b/t)_{lim}$	$(b/t)_{sup}$	Q_s		
$b/t \leq (b/t)_{lim}$	$(b/t)_{lim} < b/t \leq (b/t)_{sup}$	$b/t > (b/t)_{sup}$		
$0,64 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$	$1,17 \sqrt{\frac{E k_c}{f_y}}$	1	$1,415 - 0,65 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{f_y}{E k_c}}$	$\frac{0,90 E k_c}{f_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$

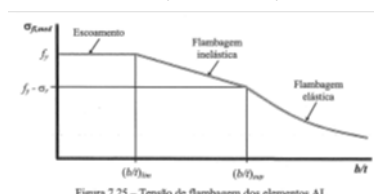


Figura 7.25 – Tensão de flambagem dos elementos AL

Fator de redução total:

$Q = 1,00 = Q_a \times Q_s$

INSTABILIDADE GLOBAL:

INSTABILIDADE GLOBAL X

$K_x L_x = 219$ cm

$N_{ex} = 14145,59$ kN

$\lambda_x = 47,40 < 200$ λ_x esta OK!

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 64/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

INSTABILIDADE GLOBAL Y:

$$K_y L_y = 219 \text{ cm}$$

$$N_{ey} = 3144,4 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = 100,53 < 200 \quad \lambda_y \text{ esta OK!}$$

Valores de N_e , λ_0 e χ

$$N_e \Rightarrow N_{ey} = 3144,4 \text{ kN (que é o menor dos valores entre } N_{ex} \text{ e } N_{ey})$$

$$\lambda_0 = 1,33$$

$$\chi = 0,477418$$

$$\text{- para } \lambda_0 \leq 1,5: \chi = 0,658 \lambda_0^2$$

$$\text{- para } \lambda_0 > 1,5: \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$$

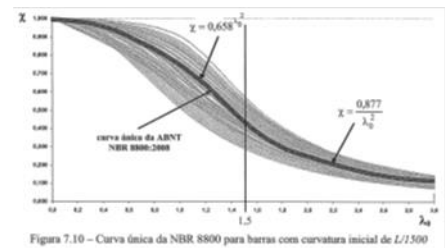


Figura 7.10 – Curva única da NBR 8800 para barras com curvatura inicial de $L/1500$

Força axial de Compressão Resistente de Cálculo (N_c, R_d)

Conclusão: do Esforço Normal

$$N_c, R_d = 2411 \text{ kN}$$

$$N_c, S_d / N_c, R_d \Rightarrow 4\% \quad \text{OK!}$$

$$\lambda_x = 47,40 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

$$\lambda_{yz} = 100,53 < 200 \quad \lambda_x \text{ esta OK!}$$

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 65/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Conclusão dos esforços momento fletor:

Resistência de Cálculo		
FLA	11893	KN.cm
FLM	11893	KN.cm
FLT	11893	KN.cm

Portanto a resistência de calculo da viga é **11893** KN.cm limitado por **FLA**

Aproveitamento de **11%**

Conclusão: do Esforço Normal

Nc,Rd = **2411** kN

Nc,Sd/Nc,Rd => **4%** OK!

$\lambda_x = 47,39879 < 200$ λ_x esta OK!

$\lambda_{yz} = 100,5334 < 200$ λ_x esta OK!

Efeito Combinado

$$\text{- para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2: \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{- para } \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2: \frac{N_{Sd}}{2 N_{Rd}} + \left(\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0$$

Aproveitamento do perfil = **13%**

Força Cortante

Na região do diagrama de cortante que apresentar um esforço maior que =>

Vrd = **234,5122** kN

Terá que ter enrijecedor e reverificar o Colapso Sob Força Cortante

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 66/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

14.0 QUADRO DE CARGAS

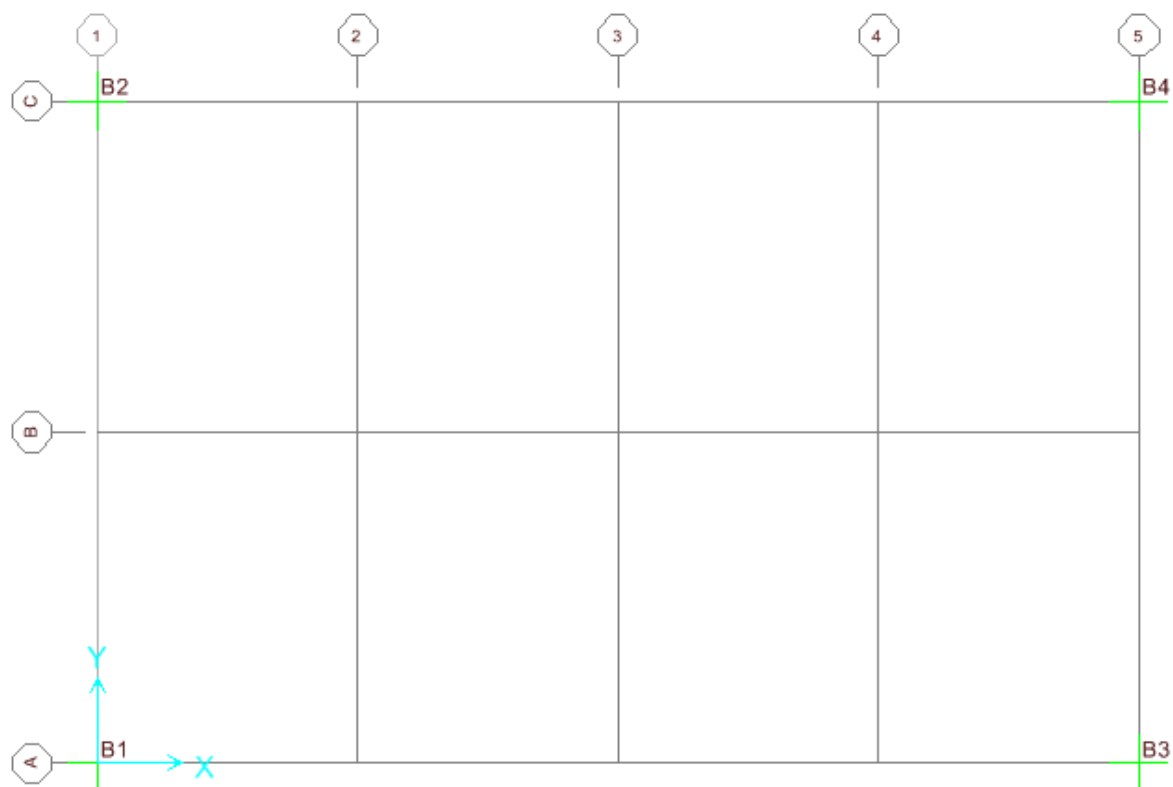


Figura 25: Apoios da Estrutura

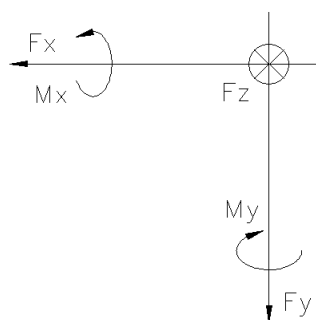


Figura 26: Sentido Positivo das Forças



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

67/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

QUADRO DE CARGAS - AÇÃO

BASES	CARREGAMENTOS	GRUPO	FX	FY	FZ	MX
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m
B1	DEAD	1	46	13	72	-21
B1	CP	2	12	4	17	-6
B1	SC	3	82	25	115	-40
B1	VTX+	4	-25	-7	-32	11
B1	VTX-		-20	-7	-30	11
B1	VTY+		-25	-5	-32	7
B1	VTY-		-14	-7	-23	11
B1	TEMP +	5	26	16	0	-34
B1	TEMP -		-26	-16	0	34
B2	DEAD	1	46	-14	72	21
B2	CP	2	12	-4	17	6
B2	SC	3	82	-25	115	40
B2	VTX+	4	-25	7	-32	-11
B2	VTX-		-20	7	-30	-11
B2	VTY+		-14	7	-23	-11
B2	VTY-		-25	5	-32	-7
B2	TEMP +	5	26	-16	0	34
B2	TEMP -		-26	16	0	-34
B3	DEAD	1	-46	15	75	-23
B3	CP	2	-12	5	20	-8
B3	SC	3	-82	35	138	-55
B3	VTX+	4	20	-9	-37	15
B3	VTX-		25	-9	-38	15
B3	VTY+		25	-7	-38	10
B3	VTY-		14	-9	-27	16
B3	TEMP +	5	-26	16	0	-34
B3	TEMP -		26	-16	0	34
B4	DEAD	1	-46	-15	75	23
B4	CP	2	-12	-5	20	8
B4	SC	3	-82	-35	138	55
B4	VTX+	4	20	9	-36	-14
B4	VTX-		25	9	-38	-14
B4	VTY+		14	9	-27	-15
B4	VTY-		25	7	-38	-9
B4	TEMP +	5	-26	-16	0	34
B4	TEMP -		26	16	0	-34



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE
MC-3599TU-S-00000

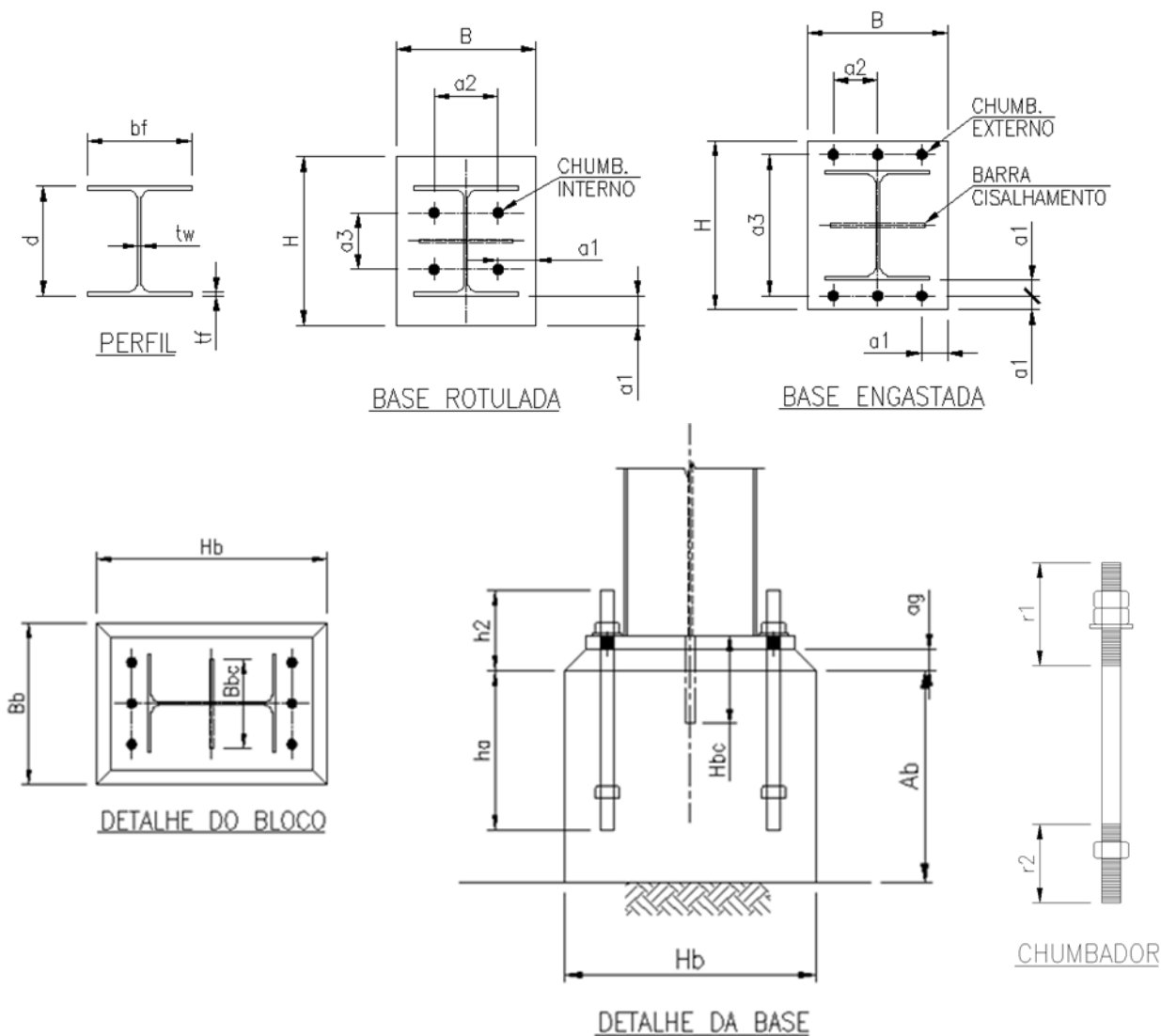
PÁGINA
68/76

Nº AUSENCO
3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.
1

15.0 DIMENSIONAMENTO DAS BASES

ESFORÇOS NAS BASES						
	BASES	CARREGAMENTOS	FX	FY	FZ	MX
	Text	Text	kN	kN	kN	kN*cm
< MX e > FZ	B3	COMB1-NL	-222	73	328	-11473
> MX	B4	COMB24-NL	-199	-78	255	13365
< FZ	B3	COMB30-NL	-26	6	42	-998





ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

PÁGINA

69/76

REV.

1

CÁLCULO DE BASES - AISC/LRFD

DADOS DE ENTRADA			RESULTADOS	
ESFORÇOS	Compressão - $N_{c,Sd}$ (kN)	255	Compressão	
	Tração - $N_{t,Sd}$ (kN)			
	Horizontal - $H_{x,y}$ (kN)	214		
	Momento - M_{Sd} (kN.cm)	13365		
PERFIL	d (cm)	41,7		
	bf (cm)	18,1		
	tw (cm)	1,09		
	tf (cm)	1,82		
CHUMBADOR	Ø Chumbador - d_{ch} (cm)	2,5		
	Chumb Interno - Qtd Total	0		
	Chumb Externos - Qtd Total	6		
	f_y (kN/cm ²)	25		
	f_u (kN/cm ²)	40		
	Comp. Ancoragem - h_a (cm)	50		
	Ø Furo - d_f (cm)	4,5		
	r_1 (cm)	22,5		
	r_2 (cm)	5		
	h_2 (cm)	20		
PLACA	a_1 (cm)	5	Ok	
	a_2 (cm)	12	Ok	
	a_3 (cm)	51	Ok	
	Lado B (cm)	35	Ok	
	Lado H (cm)	60	Ok	
	Espessura - t_{pb} (cm)	3,2	Ok	
	h_t (cm)	25,5		
	f_y (kN/cm ²)	34,5		
	f_u (kN/cm ²)	45		
BARRA DE CISCALHAMENTO	Comprimento - b_{bc} (cm)	15		
	Altura - h_{bc} (cm)	20		
	Espessura - t_{bc} (cm)	2,5		
	C_{bc} (cm)	12,5		
	f_y (kN/cm ²)	34,5		
	f_u (kN/cm ²)	45		
BLOCO	Altura - A_b (cm)	90	Dimensão Mínima (cm) →	90 Ok
	Largura - B_b (cm)	90	Dimensão Mínima (cm) →	63 Ok
	Comprimento - H_b (cm)	90	Dimensão Mínima (cm) →	88 Ok
	f_{ck} (kN/cm ²) > 2kN/cm ²	3	Ok	
	a_g (cm)	5		
	f_{cg} (kN/cm ²) - Grout	4,5		



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

PÁGINA

70/76

REV.

1

ARRUELA ESPECIAL

Espessura (cm)

1,25

Dimensões (cm x cm)

7,5 x 7,5

1-BASE SUBMETIDA A FORÇA DE COMPRESSÃO / VERIFICAÇÃO CONCRETO

Excentricidade - e (cm)	52,41	
Excentricidade Crít - e_{crit} (cm)	27,62	Ok
Relação A_2/A_1	1	
Y (cm)	7,14	
Δ (cm)	2338,53	Ok
Tração Chumbadores - $P_{t,Sd}$ (kN)	127,59	
Tensão Compressão Concreto - $\sigma_{c,Sd}$ (kN/cm ²)	1,531	
Tensão Compressão Concreto - $\sigma_{c,Rd}$ (kN/cm ²)	1,531	Ok

2-BASE SUBMETIDA A FORÇA DE TRAÇÃO / VERIFICAÇÃO CONCRETO

Excentricidade - e (cm)	0,00	
Excentricidade Crít - e_{crit} (cm)	25,5	
Y (cm)	0,00	
Δ	0,00	Ok
Tração Chumbadores - $P_{t,Sd}$ (kN)	0,00	
Tensão Compressão Concreto - $\sigma_{c,Rd}$ (kN/cm ²)	1,531	
Tensão Compressão Concreto - $\sigma_{c,Sd}$ (kN/cm ²)	0,000	Ok

3-ESFORÇOS HORIZONTAIS (CISALHAMENTO) / VERIFICAÇÃO BARRA CISALHAMENTO

Atrito - H_{at} (kN)	98,18	
Esforço Horizontal - $H_{bc,Sd}$ (kN)	115,83	BARRA TRABALHANDO
$M_{bc,Sd}$ (kN.cm)	1447,813	
$M_{bc,Rd}$ (kN.cm)	735,09	Não OK
$\zeta_{bc,Sd}$ (kN/cm ²)	3,09	
$\zeta_{bc,Rd}$ (kN/cm ²)	18,82	Ok
$\sigma_{bc,Sd}$ (kN/cm ²)	0,51	Ok



ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE

PROJETO BÁSICO
TERMINAL MINÉRIOS
BACIA BI-02 & BI-03
ESTRUTURA METÁLICA
MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30

Nº VALE

MC-3599TU-S-00000

PÁGINA

71/76

Nº AUSENCO

3017-02-0000-CAL-S-0000

REV.

1

4-VERIFICAÇÃO DOS CHUMBADORES

Tração Chumbador - $P_{t,Sd}$ (kN)	127,59	
Nº Chumb Trabalhando Tração	3	
Escoamento Seção Bruta - $P_{t,esc,Rd}$ (KN)	334,69	OK
Ruptura da Seção Rosqueada - $P_{t,rupt,Rd}$ (KN)	327,25	OK
Arrancamento do Concreto - $P_{t,ac,Rd}$ (kN)	473,34	OK
c1 (cm)	19,50	
c2 (cm)	32,50	
c3 (cm)	70,50	
c4 (cm)	12,00	
Área Ruptura Concreto - A_{rc} (cm ²)	8010,00	
Ruptura do Concreto - $P_{t,rc,Rd}$ (kN)	215,19	OK

5-VERIFICAÇÃO DA PLACA DE BASE

$M_{pb,Rd}$ (kN.cm/cm)	80,29	
5.1 Compressão		
m_1 (cm)	10,1925	
m_2 (cm)	10,26	
m_3 (cm)	6,9	
Y (cm)	7,14	
m	9,7	
$M_{pb,c,Sd}$ (Kn.cm/cm)		
5.2 Arrancamento		
$\sum p_i$ (cm)	35	
$M_{pb,ar,Sd}$ (kN.cm/cm)	18,23	OK

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 72/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

16.0 LISTA DE MATERIAIS

Item	Pesos	Descrição	Dimensões (m)	Peso (kg)
1	Leve < 25Kg	Barra Redonda Ø5/8" (1,58kg/m)	203	320
2		L 64x4,75 (4,57 kg/m)	148	676
3		L 64x6,35 (6,10 kg/m)	1007	6.143
4		Ue 300 x 100 x 25 x 3,00 (12,49kg/m)	288	3.596
		Total		10.735
5	25 < Médio < 80 Kg	W200x35,9	219	7.733
6		W200x59,0	158	9.322
		Total		17.055
7	Pesado > 80 kg	W410X85	20	1.685
		Total		1.685
8	Miscelânea	0,1xΣPesos (Leve, Médio e Pesado) Chapas de Ligação, Guarda Corpo e Parafusos	-	3.062
		Total		3.062
9		Telha Metálica Trapezoidal (e=0,95 mm)	503 m ²	-
TOTAL				32.537

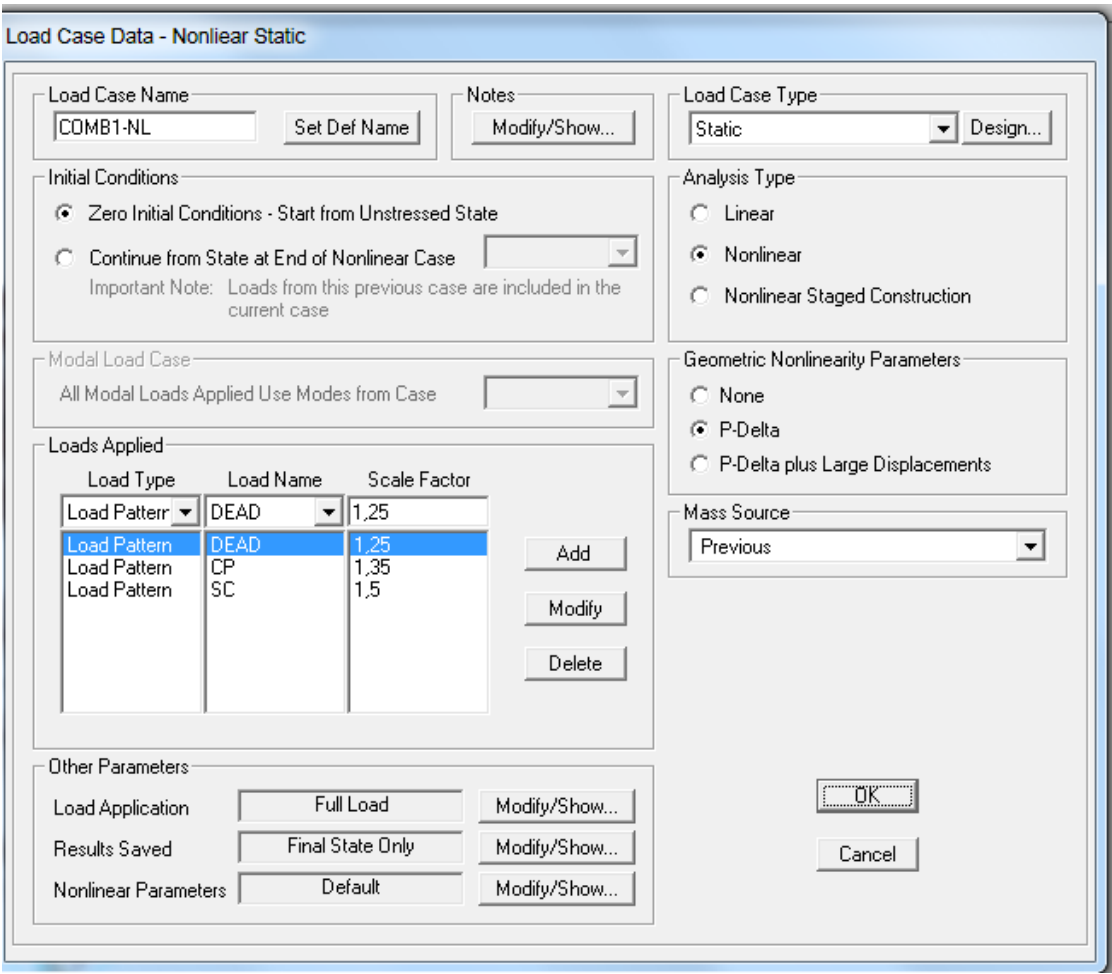
A Estrutura possui 481,5 m², logo a taxa por metro quadrado é 67,6. Segundo Ildony com essa taxa a estrutura está classificada como média (60 a 120).

Como a taxa calculada está mais próxima de 60 e as treliças possuem vão grandes pode se então classificar a estrutura como leve.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 73/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

17.0 CONCLUSÃO DO TRABALHO

A análise estrutural foi realizada pelo SAP2000 considerando os efeitos de segunda ordem para cada combinação inserida. Assim, os esforços analisados são resultados dessa análise considerando-se para o dimensionamento os maiores valores. Abaixo segue a figura 27 que exemplifica a análise feita para cada combinação.



Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: **COMB1-NL** [Set Def Name] [Modify/Show...]

Load Case Type: **Static** [Design...]

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case []

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case []

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1.25
Load Pattern	DEAD	1.25
Load Pattern	CP	1.35
Load Pattern	SC	1.5

[Add] [Modify] [Delete]

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☐ None
- ☒ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: [Previous]

Other Parameters:

Load Application: **Full Load** [Modify/Show...]

Results Saved: **Final State Only** [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: **Default** [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 27: Análise Estrutural – SAP2000

As combinações realizadas estão de acordo com as especificações da NBR8800 e foram criadas considerando sempre os esforços máximos que a estrutura será solicitada.

O método de dimensionamento usado no SAP2000 foi o *Direct Analysis Method*, chamado também de método de análise direta.

Este método é considerado o de maior precisão para determinar o dimensionamento das forças internas das estruturas. Ele considera os efeitos de segunda ordem global e local, os fatores de redução de rigidez e os valores para K igual a um. Seguem as figuras retiradas do SAP2000 nas quais são demonstrados os parâmetros usados neste trabalho.

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 74/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Direct Analysis Method			
Option	Variable	Limitation or Applicability	Essentials of the Method
General Second Order Analysis	Variable Factor Stiffness Reduction	No limitation	2nd Order Analysis Reduced stiffness $EI^* = 0.8 \tau_b EI$ $EA^* = 0.8 EA$ $\tau_b = \begin{cases} 1.0 & \text{for } \frac{\alpha P_r}{P_y} \leq 0.5 \\ 4 \left(\frac{\alpha P_r}{P_y} \right) \left(1 - \frac{\alpha P_r}{P_y} \right) & \text{for } \frac{\alpha P_r}{P_y} \geq 0.5 \end{cases}$ B_1 and B_2 not used $K_2 = 1$ (used for P_n) Notional load with all combos, except for $\Delta_{2nd} / \Delta_{1st} \leq 1.5$ for which notional load with gravity combos only Notional load coefficient = 0.002 (typically)

Figura 28: Método de cálculo – retirado do manual do SAP2000

Steel Frame Design Preferences for AISC360-05/IBC2006

Item	Value
1 Design Code	AISC360-05/IBC2006
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Framing Type	SMF
4 Seismic Design Category	D
5 Importance Factor	1.
6 Design System Rho	1.
7 Design System Sds	0.5
8 Design System R	8.
9 Design System Omega0	3.
10 Design System Cd	5.5
11 Design Provision	LRFD
12 Analysis Method	Direct Analysis
13 Second Order Method	General 2nd Order
14 Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15 Phi(Bending)	0.9
16 Phi(Compression)	0.9
17 Phi(Tension-Yielding)	0.9
18 Phi(Tension-Fracture)	0.75
19 Phi(Shear)	0.9
20 Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1.
21 Phi(Torsion)	0.9
22 Ignore Seismic Code?	No
23 Ignore Special Seismic Load?	No
24 Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes

Item Description

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values: All Items, Selected Items
Reset To Previous Values: All Items, Selected Items

OK Cancel

Figura 29: Dimensionamento SAP2000

		ADEQUAÇÃO DAS BACIAS II e III - DIPE	
PROJETO BÁSICO TERMINAL MINÉRIOS BACIA BI-02 & BI-03 ESTRUTURA METÁLICA MEMÓRIA DE CÁLCULO - COBERTURA DO TANQUE 6PP30		Nº VALE MC-3599TU-S-00000	PÁGINA 75/76
		Nº AUSENCO 3017-02-0000-CAL-S-0000	REV. 1

Table B-2 Additional Steel Frame Design Preferences LRFD Provision

Item	Possible Values	Default Value	Description
Phi (Bending)	≤ 1.0	0.9	Resistance factor for flexure.
Phi (Compression)	≤ 1.0	0.9	Resistance factor for compression.
Phi (Tension-Yielding)	≤ 1.0	0.9	Resistance factor for yielding in tension.
Phi (Tension-Fracture)	≤ 1.0	0.75	Resistance factor for tension rupture.
Phi (Shear)	≤ 1.0	0.9	Resistance factor for shear.
Phi (Shear, Short Webbed Rolled I-Shapes)	≤ 1.0	1.0	Resistance factor for shear for specific short-webbed rolled I-Shapes.
Phi (Torsion)	≤ 1.0	0.9	Resistance factor for torsion.

Figura 30: Dimensionamento- retirado do manual do SAP2000

A norma brasileira é baseada na norma americana, o que justifica a razão dos valores obtidos, quando comparados, terem desvios menores que 4% e praticamente as mesmas taxas de utilização.

As demandas na área de cálculo estrutural exigem sempre o menor tempo para se executar os projetos. Assim, atualmente, o dimensionamento dos perfis metálicos são realizados por meio de *softwares* de cálculos, sendo de extrema importância verificar se os dimensionamentos foram realizados de acordo com a norma vigente no Brasil, visando garantir a integridade estrutural e a boa prática da engenharia.

Nas escolas de engenharia é sempre um desafio ensinar a teoria e aplicá-la de acordo com a necessidade do mercado, o que foi conseguido neste trabalho.