
		<b>MEMORIAL TÉCNICO</b>		CÓDIGO Nº: <b>MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0</b>					
		OBRA:						FOLHA: <b>1 de 20</b>	
		TÍTULO: <b>MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS</b>							
		ESCOPO: <b>REALIZAÇÃO DE DIAGNÓSTICO DOS EQUIPAMENTOS E ESTRUTURAS DEDICADOS À COLETA E QUEIMA DE BIOGÁS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICO E EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO E/OU REFORMA DOS SISTEMAS DE COLETA E QUEIMA DE GASES, EM CAXIAS DO SUL - RS</b>							
		NOME DA EMPRESA <b>E.MATSUO TRATAMENTO DE EFLUENTES</b>			ENG. RESP.: <b>ELIAS TAKESHI MATSUO</b>		CREA: <b>5061891463</b>		
		CONTRATO Nº <b>3230370000</b>			ASSINATURA:				
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>									
<b>REV.</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0	EMISSÃO INICIAL								
REVISÃO	REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5	REV. 6	REV. 7	
DATA	31/5/2024								
EXECUÇÃO	E. MATSUO								
VERIFICAÇÃO									
APROVAÇÃO	E. MATSUO								
<p>As informações contidas neste documento são de propriedade de E.MATSUO Tratamento de Efluentes e foram elaboradas para o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul, não sendo permitido o seu uso e divulgação para terceiros sem o prévio consentimento dos autores.</p>									


	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	2 DE 20
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

**É proibida a reprodução total ou parcial, por  
quaisquer meios, sem a autorização dos autores.**

**Dados do projeto:**


---

Código do documento:	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0
Cliente:	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul.
Título do documento:	MEMORIAL TÉCNICO DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS
Responsável Técnico:	Engº Elias Takeshi Matsuo
CREA:	5061891463-SP
Data da elaboração:	31/5/2024
Contato:	(35) 99168-5353  <a href="mailto:elias@monerasolucoes.com.br">elias@monerasolucoes.com.br</a>

	<b>MEMORIAL TÉCNICO</b> Nº		REV.
	<b>MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0</b>		<b>R0</b>
	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>	FOLHA	<b>3 DE 20</b>
TÍTULO: <b>MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS</b>			

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>1 PROJETO EXECUTIVO DE TUBULAÇÕES EXTERNAS .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 MEMORIAL DESCRITIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>	<b>5</b>
1.2.1 Verificação das velocidades de escoamento.....	6
1.2.2 Verificação das tensões e deformações.....	9
<b>1.3 SUPORTES METÁLICOS .....</b>	<b>11</b>
1.3.1 Suportes 1 a 3.....	11
1.3.2 Suporte 4 .....	12
1.3.3 Suporte 5 .....	13
1.3.4 Suporte 7 .....	14
1.3.5 Suporte 8 .....	15
1.3.6 Suporte 9 .....	16
1.3.7 Suporte 10 .....	17
<b>1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS AO PROJETO DE TUBULAÇÕES EXTERNAS.....</b>	<b>18</b>
<b>ANEXO I – VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES .....</b>	<b>20</b>


	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	4 DE 20
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

## APRESENTAÇÃO

O presente documento é parte integrante do Produto 3 – Projeto Executivo, dos serviços para a **realização de diagnóstico dos equipamentos e estruturas dedicados à coleta e queima de biogás, e elaboração de projetos básico e executivo para implantação e/ou reforma dos sistemas de coleta e queima de gases gerados no processo de tratamento das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE's Canyon, Belo, Pena Branca, Pinhal, Samuara e Tega, no município de Caxias do Sul/RS**, que é objeto do Contrato 3230370000, assinado em 26 de Julho de 2023, entre o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE, do município de Caxias do Sul e a empresa E.MATSUO Tratamento de Efluentes.

Os serviços foram executados conforme especificado no Termo de Referência para a elaboração do escopo do contrato 3230370000, tendo como responsável técnico o Engº Civil Elias Takeshi Matsuo, portador do CREA Nº 5061891463-SP, por meio da anotação de Responsabilidade Técnica Nº 28027230231191451.

Para evitar repetição de conteúdo, todos os aspectos relacionados ao dimensionamento e verificações de resistência mecânica para todas as ETE's são apresentadas neste documento único.

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	5 DE 20
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

## 1 PROJETO EXECUTIVO DE TUBULAÇÕES EXTERNAS

### 1.1 MEMORIAL DESCRITIVO

Este projeto abrange a instalação das tubulações, válvulas, acessórios, instrumentos de controle, equipamentos e suportes, para o escoamento do biogás, da saída dos reatores UASB ao queimador.

A tubulação externa tem a função de encaminhar o biogás para queima no flare, passando antes pelo selo hídrico. O material da tubulação corresponde ao aço inoxidável AISI 304.

Os suportes para as tubulações também foram especificadas em aço inoxidável.

Como verificado na prática, a produção de biogás atualmente é muito baixa em todas as ETE's, além de ser intermitente. Isto resulta em velocidades de escoamento muito baixas e possibilidade de entrada de ar atmosférico na tubulação. Portanto, a tubulação de coleta do biogás deve ser pressurizada o tempo todo.


Esta pressurização será realizada através de válvula de alívio sustentadora de pressão à montante, cujo funcionamento irá garantir a pressão mínima da rede, fazendo a liberação do biogás quando houver aumento de pressão devido à produção de biogás nos reatores e sua acumulação de biogás nas campânulas.

Esta forma de operação garante que haja uma diferença de pressão que compense a perda de carga e force o fluxo em somente uma direção, do reator ao queimador. Por haver maior pressão, haverá também maior velocidade de escoamento, permitindo a operação do flare.

Quando a produção de biogás ficar muito baixa ou nula, esta válvula irá se fechar e a chama será extinguida.

Nas ETE's Canyon e Tega a pressurização ocorre inicialmente através do selo hídrico, o qual é necessário para manter as condições normais de operação do reator UASB.

### 1.2 MEMORIAL DE CÁLCULO

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	6 DE 20
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

Neste memorial de cálculo serão feitas as verificações quanto ao dimensionamento da tubulação e quanto aos aspectos mecânicos e estruturais.

A metodologia de cálculo para a avaliação das tensões e deformações foram extraídas do livro “Tubulações industriais - Cálculo” (DA SILVA TELLES, C., 2006, 9ª EDIÇÃO. LTC – Livros técnicos e científicos Editora S.A.).

### 1.2.1 Verificação das velocidades de escoamento


Adotamos as seguintes diretrizes para a verificação do dimensionamento das tubulações externas do biogás:

- I. Pressão mínima de 0,15 mca;
- II. O escoamento dos gases se dará pela diferença de pressões;
- III. Velocidade máxima de escoamento da ordem de 5 m/s;
- IV. Diâmetro mínimo da tubulação equivalente a 40 mm.

Tendo em vista a baixa pressão de operação e o baixo peso específico do biogás, bem como a pequena extensão da tubulação, a perda de carga no escoamento pode ser desprezada e a verificação do dimensionamento fica condicionado à análise das velocidades de escoamento nas tubulações.


A estimativa das vazões de biogás foi realizada na etapa de diagnóstico. Foram estimadas as vazões de biogás para 4 cenários distintos, sendo os cenários I e II para etapa imediata e os cenários III e IV para final de plano. Foram utilizadas também 2 metodologias de cálculo distintas.

Calculamos os valores médios das vazões para finalidade de verificação das velocidades de escoamento. Os valores são apresentados nas tabelas a seguir.

	<b>MEMORIAL TÉCNICO</b> Nº		REV.
	<b>MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0</b>		<b>R0</b>
	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>		FOLHA <b>7 DE 20</b>
TÍTULO: <b>MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS</b>			

**Tabela 1. Vazões médias estimadas de biogás em etapa imediata (média dos cenários I e II) e etapa final (média dos cenários III e IV).**

	Unidade	Balanço de massa	PROBIO 1.0	MÉDIA (m3/d)	MÉDIA (m3/h)
ETE CANYON					
Cenário I	m3/d	16,81	17,1	22,76	0,95
Cenário II	m3/d	29,33	27,8		
Cenário III	m3/d	342	319,9	386,23	16,09
Cenário IV	m3/d	412,2	470,8		
ETE BELO					
Cenário I	m3/d	8,64		26,78	1,49
Cenário II	m3/d	54,58	43,9		
Cenário III	m3/d	1.441,67	1.219,50	1.196,32	49,85
Cenário IV	m3/d	1.153,32	970,8		
ETE PENA BRANCA					
Cenário I	m3/d	21,9	24	65,85	2,74
Cenário II	m3/d	114,9	102,6		
Cenário III	m3/d	850,9	758,3	995,95	41,50
Cenário IV	m3/d	1.258,20	1.116,40		
ETE PINHAL					
Cenário I	m3/d	107,87	76	121,51	5,06
Cenário II	m3/d	165,95	136,2		
Cenário III	m3/d	1.701,74	1.516,50	2645,74	110,24
Cenário IV	m3/d	3.731,00	3.633,70		
ETE SAMUARA					
Cenário I	m3/d	107,87	76	10,57	0,44
Cenário II	m3/d	165,95	136,2		
Cenário III	m3/d	1.701,74	1.516,50	535,16	22,30
Cenário IV	m3/d	3.731,00	3.633,70		
ETE TEGA					
Cenário I	m3/d	107,87	76	265,18	11,05
Cenário II	m3/d	165,95	136,2		
Cenário III	m3/d	1.701,74	1.516,50	3.590,53	149,61
Cenário IV	m3/d	3.731,00	3.633,70		

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	8 DE 20
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

As velocidades de escoamento são apresentadas nas tabelas a seguir. Estas velocidades foram calculadas para final de plano e para etapa inicial imediata.


**Tabela 2. Velocidades de escoamento de biogás nas tubulações projetadas, para as vazões teóricas de biogás para início de plano.**

	VAZÃO MÁX. TEÓRICA	VELOCIDADE DE ESCOAMENTO NAS TUBULAÇÕES EXISTENTES NAS ETE's (INICIAL)			
	m³/h	DN 1.1/2 POL	DN 2 POL	DN 3 POL	DN 4 POL
ETE CANYON	1	0,19	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE BELO	0,75 (1 REATOR)	0,15	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	1,5 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	0,18	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE PENA BRANCA	1,37 (1 REATOR)	0,27	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	2,74 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	0,32	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE PINHAL	1,26 (1 REATOR)	0,25	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	2,53 (2 REATORES)	XXXXXXXXXX	0,30	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	5,06 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	0,25	XXXXXXXXXX
ETE SAMUARA	0,44	0,09	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE TEGA	5,5 (2 REATORES)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	0,27	XXXXXXXXXX
	11 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	0,32

Em relação às vazões para final de plano, as vazões atuais de biogás, isto é, calculadas considerando as características e vazões de esgoto atuais, são muito baixas, estando abaixo de 5% da vazão para final de plano para todas as ETE's, com exceção da ETE Tega, que chega a 10%.

A análise dos valores das velocidades de escoamento do biogás mostram a dificuldade no dimensionamento das tubulações do biogás para as ETE's de Caxias do Sul, uma vez que poderá haver superdimensionamento para as vazões atuais e subdimensionamento para as vazões futuras.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	9 DE 20
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

**Tabela 3. Velocidades de escoamento de biogás nas tubulações projetadas, para as vazões teóricas de biogás de final de plano.**

	VAZÃO MÁX. TEÓRICA	VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (MÁXIMA)			
	m³/h	DN 1.1/2 POL	DN 2 POL	DN 3 POL	DN 4 POL
ETE CANYON	16	3,1	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE BELO	25 (1 REATOR)	4,84	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	50 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	5,89	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE PENA BRANCA	21 (1 REATOR)	4,07	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	42 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	4,95	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE PINHAL	27,5 (1 REATOR)	5,33	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	55 (2 REATORES)	XXXXXXXXXX	6,48	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
	110 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	5,43	XXXXXXXXXX
ETE SAMUARA	22,5	4,36	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
ETE TEGA	80 (2 REATORES)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	3,70	XXXXXXXXXX
	160 (TOTAL)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	4,38


### 1.2.2 Verificação das tensões e deformações

#### *Peso próprio de tubulações e acessórios*

O peso próprio das tubulações foi obtida através de catálogo de fabricante.

**Tabela 4. Dimensional dos tubos de aço inoxidável padrão Schedule conforme ANSI B36.10, utilizados neste projeto.**

DIAM. NOMINAL	DIAM. EXTERNO	Sch.5s	Sch.10s	Sch.40s
Pol.	mm	Kg/m		Kg/m
1 1/2	48,26		3.154	
2	60,33		3.991	
3	88,9	4.584		
4	114,3	5.925		

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	10 DE 20
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

O projeto de tubulações foi concebido de forma a localizar suportes próximos a válvulas e outros componentes de peso significativo, evitando a aplicação de cargas pontuais em posições críticas.

### ***Cargas acidentais***

Para a verificação das tensões e deformações foram consideradas as seguintes cargas acidentais:

- 2.000 kgf (2 kN) entre suportes, para tubulações com diâmetro igual ou acima de 3 Pol;
- 500 kgf (0,5 kN) entre suportes, para tubulações com diâmetro inferior à 3 Pol;

### ***Resultados***

O cálculo de tensões e deformações foi realizado para dois cenários distintos.

- Cenário 1: Condições normais de operação;
- Cenário 2: Consideração de cargas acidentais.


No cenário 1 as solicitações são causadas pelo peso próprio de tubulações. Tem por objetivo a verificação das deformações / flexas.

No cenário 2, o objetivo é a verificação das tensões, uma vez que a aplicação das cargas tem curta duração e as deformações, embora elevadas, ainda se encontram no regime elástico, retornando à forma inicial.

**Tabela 1. Verificação das deformações / flexa para o cenário 1.**

DIAM. NOMINAL (Pol)	VÃO MÁXIMO ENTRE SUPORTES (m)	DEFORMAÇÃO / FLEXA MÁXIMA (mm)
1 1/2	5,6 (travessia entre os reatores)	9,4
	4,5 (normal)	3,9
2	8,1 (travessia entre os reatores)	25,7
	5,0	3,7
3	4,8	1,4
4	5,3	1,2

**Tabela 2. Verificação das tensões para o cenário 2.**

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	11 DE 20
TÍTULO: MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

DIAM. NOMINAL	VÃO MÁXIMO ENTRE SUPORTES	TENSÃO MÁXIMA
Pol.	m	MPa
1 1/2	5,6 (travessia entre os reatores)	194,9
	4,5 (normal)	152
2	8,1 (travessia entre os reatores)	198,1
	5,0	110,9
3	4,8	216,3
4	5,3	146,1

### 1.3 SUPORTES METÁLICOS

Tendo em vista a baixa carga das tubulações para coleta de biogás e a necessidade de alta resistência à corrosão, os suportes metálicos serão fabricados em perfis de chapas dobradas de aço inoxidável AISI 304.


A verificação do seu dimensionamento foi realizado através da análise por elementos finitos, dado que não há normas específicas para o dimensionamento de elementos estruturais de pequeno porte sujeitos à baixa carga.

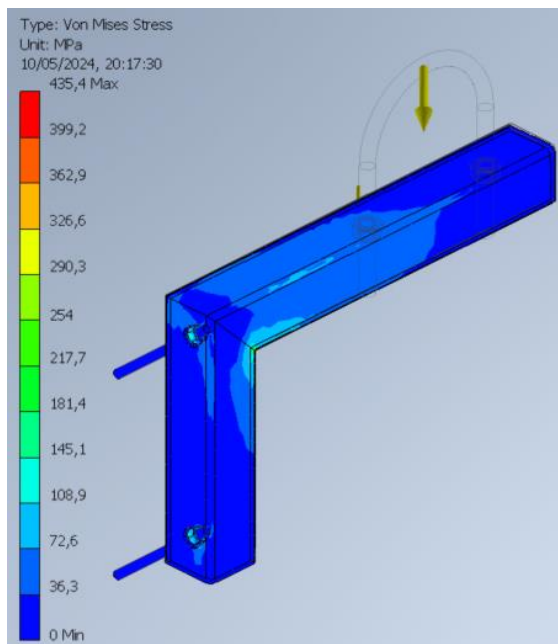
Apresentamos à seguir somente as verificações para os suportes.

#### 1.3.1 Suportes 1 a 3

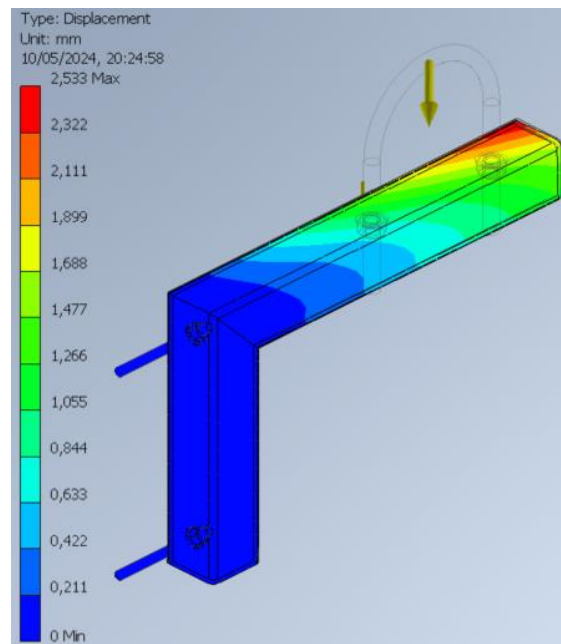
Os suportes 1,2 e 3 são do tipo mão francesa. Dentre estes suportes, aquele que está sujeito à maior carga é o suporte 3, o qual será utilizado na ETE Tega. As mãos francesas serão utilizadas em grande quantidade, pois podem ser fixadas nas paredes de concreto, dispensando a construção de bases de concreto novas.

A carga para verificação do dimensionamento corresponde a 1.000 N.

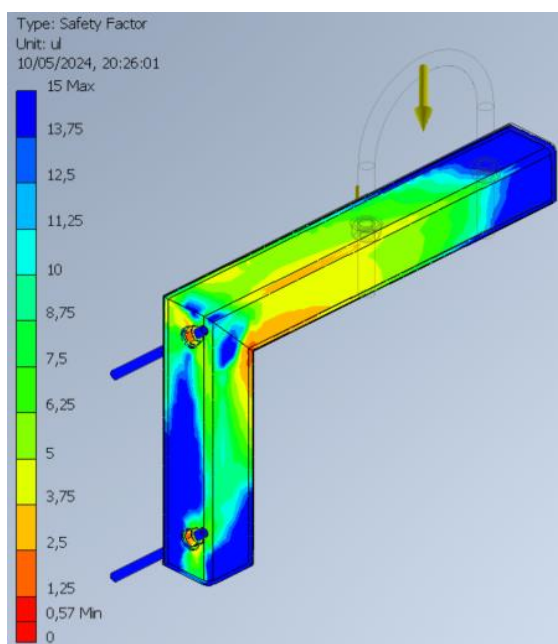
 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	MEMORIAL TÉCNICO Nº	REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA
		12 DE 20
TÍTULO:		
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS		



(1)



(2)




(3)

Figura 1: Análise por elementos finitos do suporte 3: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).

O menor valor do fator de segurança corresponde a 0,57. Porém, este valor corresponde a uma singularidade. Portanto, o fator de segurança mais apropriado está na região entre 2,5 e 3,75.

### 1.3.2 Suporte 4

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	13 DE 20
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

O suporte 4 é utilizado em todas as ETE's, sendo instalados apoiados em base de concreto nova, no nível do terreno. Este tipo de suporte é bastante seguro, por ter 2 apoios.

Por estar localizado no nível do terreno e com tubulação com DN de 1.1/2 Pol a 4 Pol, a carga para verificação do dimensionamento corresponde a 2.000 N.

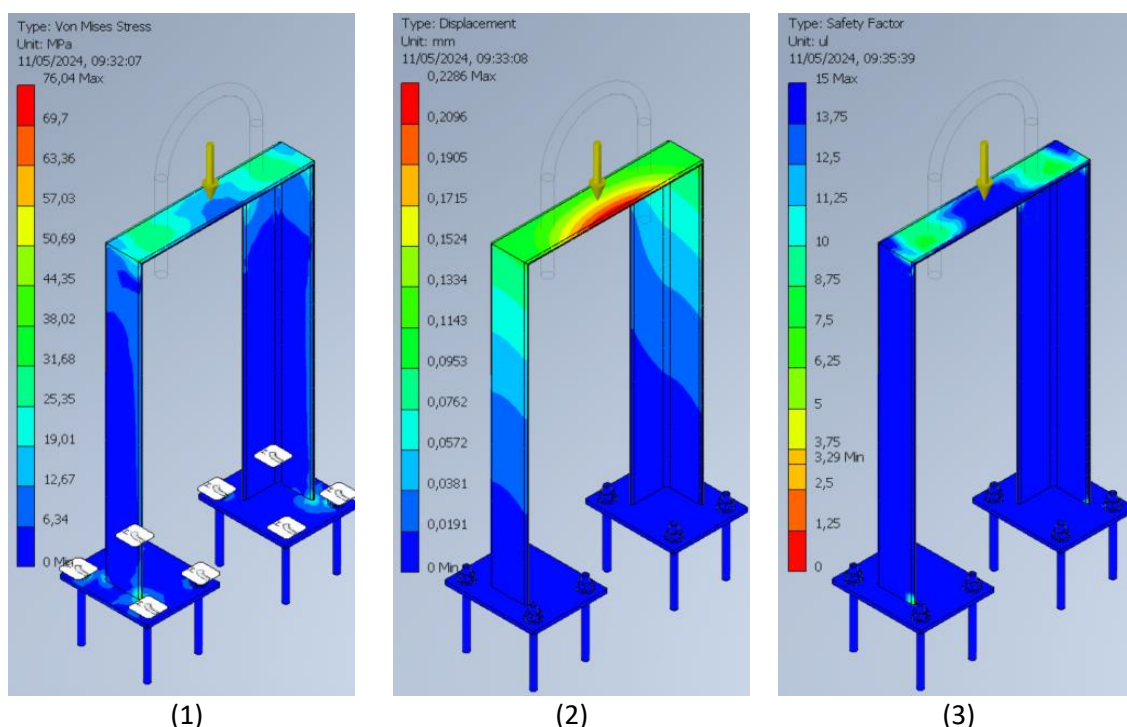



Figura 2: Análise por elementos finitos do suporte 4: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).

O menor valor do fator de segurança corresponde a 3,75.

### 1.3.3 Suporte 5

O suporte 5 é utilizado nas ETE's Belo, Pena Branca e Pinhal, sendo instalados apoiados no topo da laje de concreto dos reatores UASB. Este tipo de suporte é bastante seguro, por ter 2 apoios.

Este suporte resiste a cargas de 2.000 N.

 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	14 DE 20
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

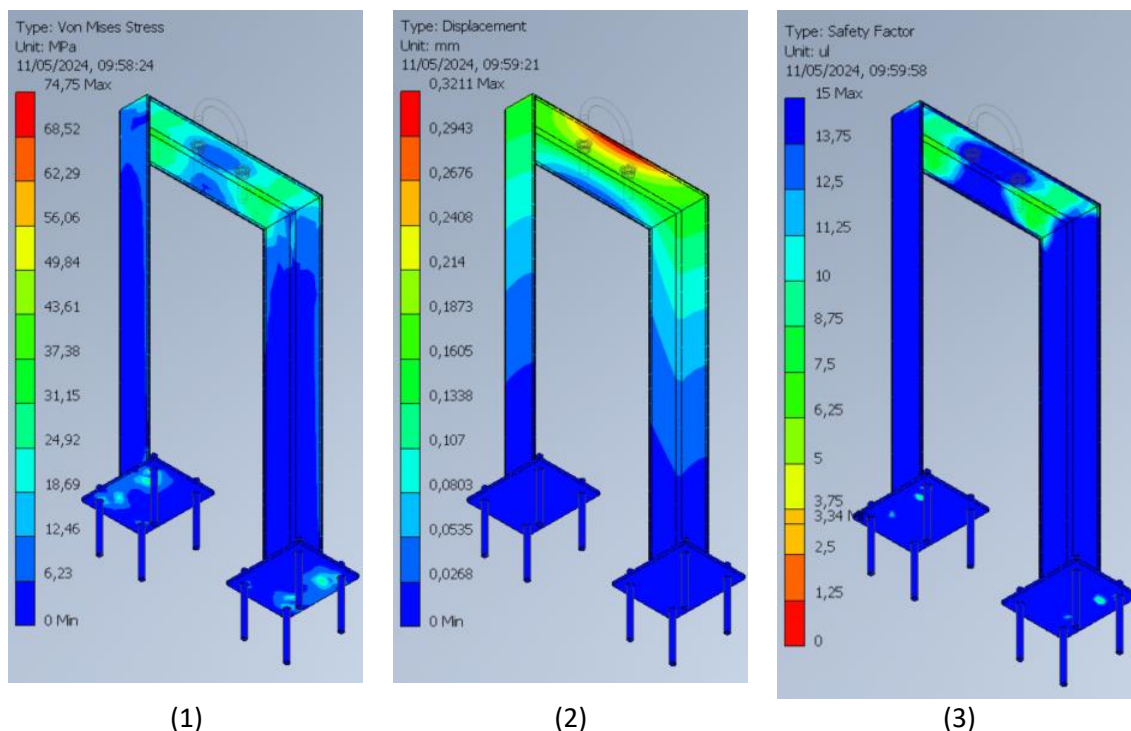



Figura 3: Análise por elementos finitos do suporte 5: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).

O menor valor do fator de segurança corresponde a 3,34.

### 1.3.4 Suporte 7

O suporte 7 é utilizado nas ETE's Canyon e Tega, sendo instalados apoiados no topo da laje de concreto dos reatores UASB. Este suporte possui 2 apoios e seu perfil foi escolhido de forma a suportar esforços horizontais. O esforço horizontal corresponde a 500 N e o vertical corresponde à 2.000 N.

	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	15 DE 20
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

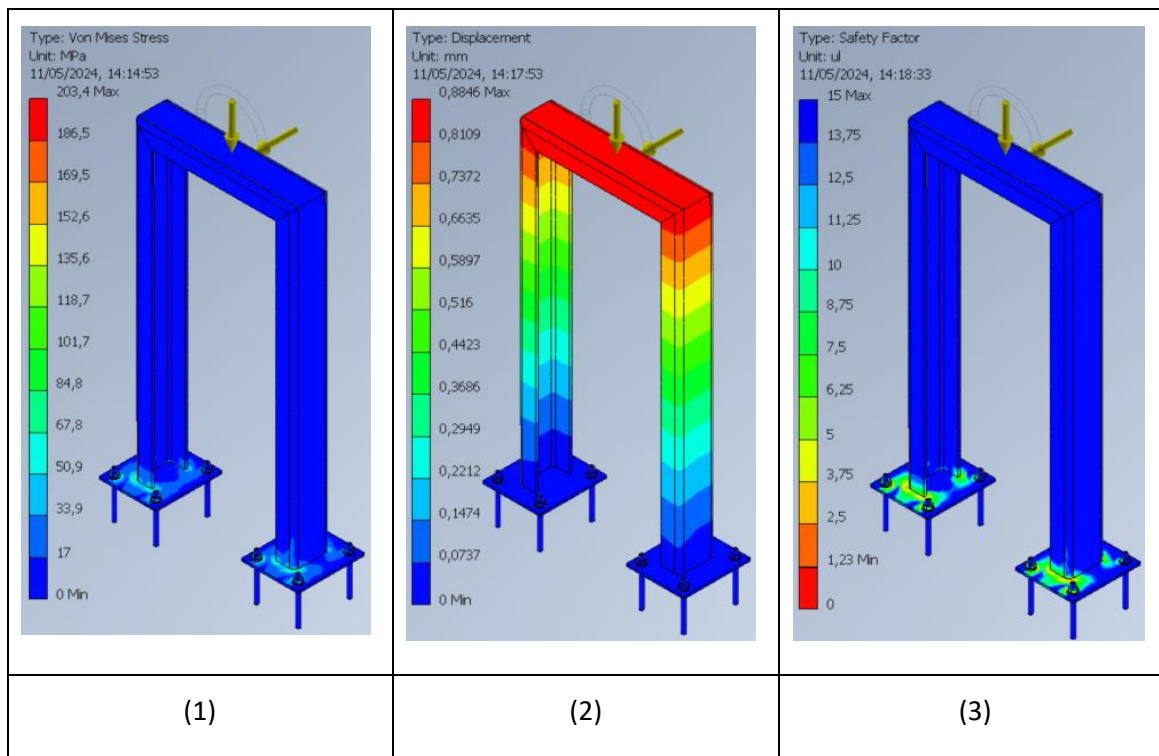


Figura 4: Análise por elementos finitos do suporte 7: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).


O menor valor do fator de segurança corresponde a 1,23, em singularidade localizada no chumbador. Desprezando-se esta singularidade, o fator de segurança encontra-se na faixa de 2,5 a 3,75.

### 1.3.5 Suporte 8

O suporte 8 é utilizado somente na ETE Tega, sendo instalado apoiado na base de concreto 3. Este suporte é especial por ser constituído como coluna com perfil único e presença de cargas excêntricas.

As cargas para verificação do dimensionamento correspondem a 2x1.000 N, em posições excêntricas, sobre a chapa de apoio.



 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	MEMORIAL TÉCNICO Nº	REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0	R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA
TÍTULO:		
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS		
16 DE 20		

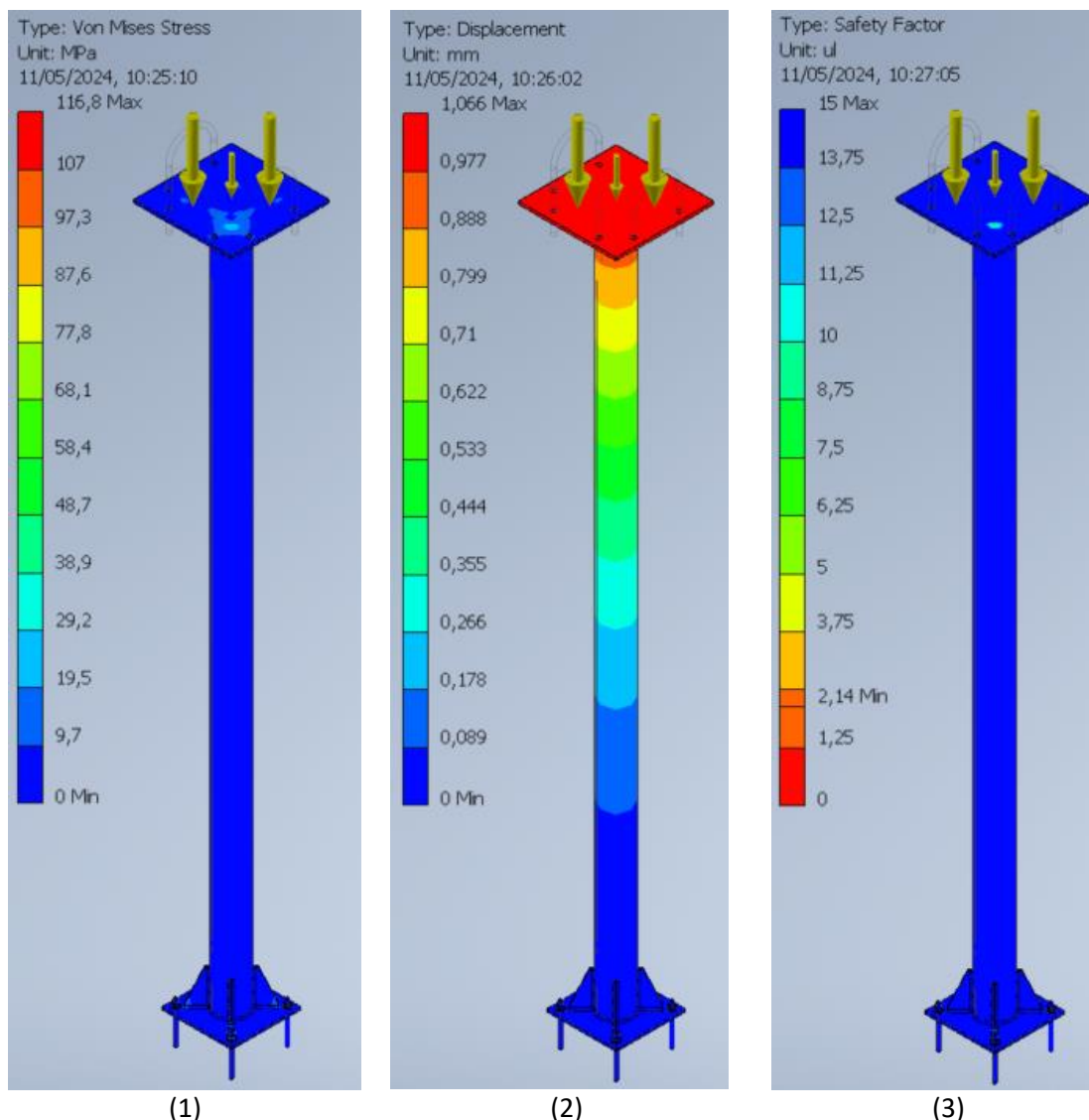



Figura 5: Análise por elementos finitos do suporte 8: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).

O menor valor do fator de segurança corresponde a 2,14.

### 1.3.6 Suporte 9

O suporte 9 é empregado unicamente na ETE Samuara, sendo fixada na passarela de concreto que interliga a laje do reator UASB com o barranco adjacente, onde estará localizada o queimador do biogás. Este suporte é especial por ser constituído por coluna única e base superior tipo mão francesa, estando sujeita à excentricidade da carga aplicada.



	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	17 DE 20
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

A carga para verificação do dimensionamento corresponde a 1.000 N.

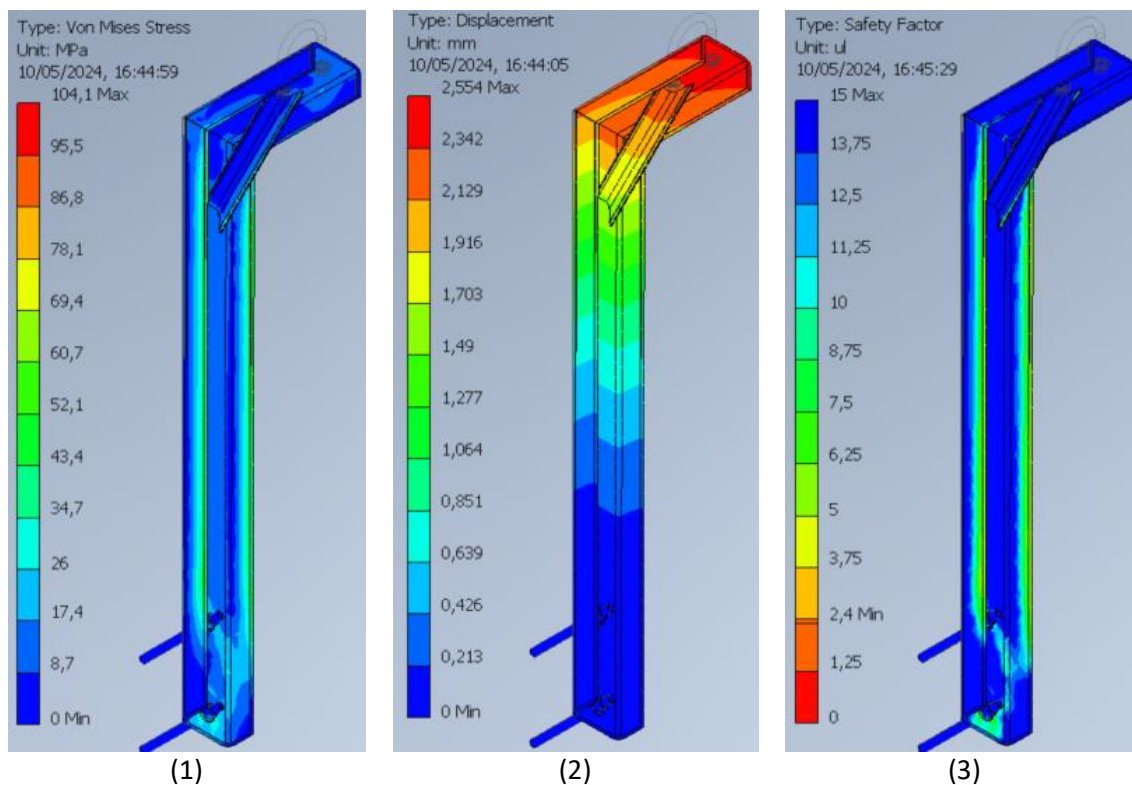



Figura 6: Análise por elementos finitos do suporte 9: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).

O menor valor do fator de segurança corresponde a 2,4. Este alto valor indica que a estrutura está seguramente dimensionada.

### 1.3.7 Suporte 10

O suporte 10 será empregado somente na ETE Canyon, sendo necessário para a travessia aérea da tubulação de biogás, onde haverá significativos vãos horizontais e verticais, gerando a necessidade de travamento em duas direções.

Para a verificação do dimensionamento foram consideradas 3 cargas de 500 N, sendo 2 verticais e uma horizontal.

 E. MATSUO TRAT. DE EFLUENTES	MEMORIAL TÉCNICO Nº		REV.
	MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0		R0
	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	FOLHA	
	18 DE 20		
TÍTULO:			
MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS			

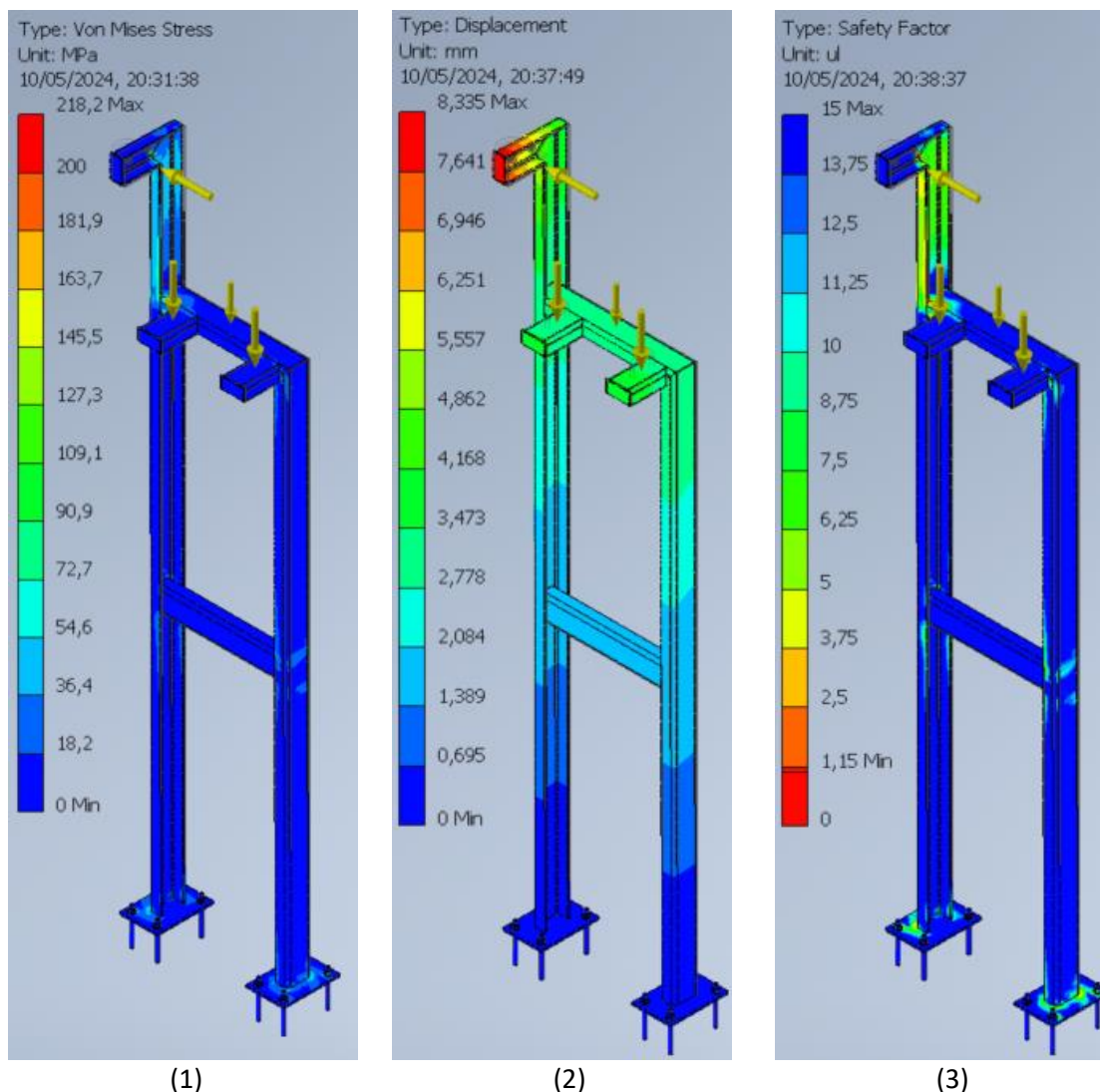



Figura 7: Análise por elementos finitos do suporte 10: Tensões de Von Mises (1); Deformações (2) e Fator de segurança (3).

O menor valor do fator de segurança corresponde a 1,15. Porém, este valor corresponde a uma singularidade. Portanto, o fator de segurança mais apropriado está na região entre 1,15 e 2,5.

#### 1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS AO PROJETO DE TUBULAÇÕES EXTERNAS


Em relação ao dimensionamento das tubulações, procuramos evitar a instalação de capacidade demasiadamente ociosa, dado que as vazões atuais são muito baixas e o aumento das vazões não ocorrerá de forma imediata.

Devido aos aspectos do sistema de esgotamento sanitário municipal, entendemos que

	<b>MEMORIAL TÉCNICO</b> Nº <b>MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0</b>		REV. <b>R0</b>
	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>		FOLHA <b>19 DE 20</b>
	TÍTULO: <b>MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS</b>		

o aumento da vazão de biogás demandará um prazo muito longo para acontecer, pois depende de modificações significativas no sistema de coleta e afastamento do esgoto.

Os projetos aqui elaborados suportam as vazões mínimas e máximas de biogás. Os queimadores poderão ser implantados de forma modulada, acompanhando o aumento das vazões.

	<b>MEMORIAL TÉCNICO</b>		Nº <b>MD.SAMAE.LOTE1.4.01.R0</b>	REV. <b>R0</b>
	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>		FOLHA <b>20 DE 20</b>	
	TÍTULO: <b>MEMORIAL TEC. DO SISTEMA DE COLETA E QUEIMA DO BIOGÁS</b>			

## ANEXO I – VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE: SAMAE CAXIAS DO SUL  
PROJETO: DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S  
ITEM: TUBULAÇÃO DE 1.1/2 POL - CENÁRIO I  
RESPONSÁVEL: ENGº ELIAS T. MATSUO

VERSÃO	DATA
INICIAL	3/4/2024
CREA:	5061891463

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$		1,50	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$		48,26	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$		42,72	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$		2,77	mm	SCH 10s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	10,28	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	3,38	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$S$		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$		193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$		31,55	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$		0,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	TRAVESSIA ENTRE REATORES	SIGLA	EQUAÇÃO		
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		5,60	m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	9,4	mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	29,3	MPa
1.2	DISTÂNCIA MÁXIMA PADRÃO	SIGLA	EQUAÇÃO		
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		4,50	m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	3,9	mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	18,9	MPa

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 2 POL - CENÁRIO I	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$	2,00	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$	60,33	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$	54,79	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$	2,77	mm	SCH 10s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	20,79	cm <sup>4</sup>
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	5,41	cm <sup>3</sup>
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$	50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$Z$	270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$	193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$	39,92	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$	0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$	0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$	0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$	0,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	TRAVESSIA ENTRE REATORES	SIGLA	EQUAÇÃO	
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		8,10 m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	25,7 mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	48,4 MPa

1.1	TRAVESSIA ENTRE REATORES	SIGLA	EQUAÇÃO	
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		5,00 m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	3,7 mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	18,4 MPa

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 3 POL - CENÁRIO I	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$		3,00	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$		88,90	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$		84,68	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$		2,11	mm	SCH 5s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	54,20	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	9,36	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$Z$		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$		193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$		45,85	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$		0,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	SIGLA	EQUAÇÃO		
VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		4,80	m
FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400.L^3}{E.I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	1,4	mm
TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	11,3	MPa

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 4 POL - CENÁRIO I	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO					
DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	DN		3,00	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	D		88,90	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	d		84,68	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	t		2,11	mm	SCH 5s
MOMENTO DE INÉRCIA	I	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	54,20	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	Z	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	9,36	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	T		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	Z		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	E		193.000,00	MPa	
CARGAS APLICADAS					
PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	q		45,85	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	ρ		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	q		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	Q		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	W		0,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	SIGLA	EQUAÇÃO		
VÃO ENTRE SUPORTES	L		4,80	m
FLECHA MÁXIMA	δ	$\frac{2400.L^3}{E.I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	1,4	mm
TENSÃO MÁXIMA	S <sub>v</sub>	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	11,3	MPa



ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 1.1/2 POL - CENÁRIO II	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$		1,50	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$		48,26	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$		42,72	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$		2,77	mm	SCH 10s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	10,28	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	3,38	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$S$		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$		193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$		31,55	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$		500,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	TRAVESSIA ENTRE REATORES	SIGLA	EQUAÇÃO		
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		5,60	m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	44,8	mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	194,9	MPa
1.2	DISTÂNCIA MÁXIMA PADRÃO	SIGLA	EQUAÇÃO		
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		4,50	m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	22,3	mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	152,0	MPa

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 2 POL - CENÁRIO II	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$		2,00	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$		60,33	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$		54,79	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$		2,77	mm	SCH 10s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	20,79	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	5,41	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$Z$		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$		193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$		39,92	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$		500,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	TRAVESSIA ENTRE REATORES	SIGLA	EQUAÇÃO		
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		8,10	m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	78,7	mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	198,1	MPa

1.1	TRAVESSIA ENTRE REATORES	SIGLA	EQUAÇÃO		
	VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		5,00	m
	FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	16,2	mm
	TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	110,9	MPa

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 3 POL - CENÁRIO II	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$		3,00	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$		88,90	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$		84,68	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$		2,11	mm	SCH 5s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	54,20	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	9,36	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$Z$		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$		193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$		45,85	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$		2.000,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	SIGLA	EQUAÇÃO		
VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		4,80	m
FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400.L^3}{E.I} \left[ \frac{Q+W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	18,3	mm
TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	216,3	MPa

ANEXO I - VERIFICAÇÃO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES DE TUBULAÇÕES



CLIENTE:	SAMAE CAXIAS DO SUL	VERSÃO	DATA
PROJETO:	DIAGNÓSTICO E PROJETOS DE BIOGÁS DAS ETE'S	INICIAL	3/4/2024
ITEM:	TUBULAÇÃO DE 4 POL - CENÁRIO II	CREA:	5061891463
RESPONSÁVEL:	ENGº ELIAS T. MATSUO		

0 PARÂMETROS E CONSTANTES UTILIZADAS:

PROPRIEDADES DO TUBO

DIÂMETRO NOMINAL DO TUBO	$DN$		3,00	POL	
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBO	$D$		88,90	mm	
DIÂMETRO INTERNO DO TUBO	$d$		84,68	mm	
ESPESSURA DA PAREDE	$t$		2,11	mm	SCH 5s
MOMENTO DE INÉRCIA	$I$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	54,20	cm <sup>4</sup>	
MOMENTO RESISTENTE	$Z$	$\frac{\pi(D^3 - d^3)}{32}$	9,36	cm <sup>3</sup>	
TEMPERATURA DE PROJETO	$T$		50,00	°C	
LIMITE DE ESCOAMENTO	$Z$		270,00	MPa	MÍNIMO
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO TUBO	$E$		193.000,00	MPa	

CARGAS APLICADAS

PESO PRÓPRIO DO TUBO VAZIO	$q$		45,85	N/m	
DENSIDADE DO FLUÍDO	$\rho$		0,00	kg/m <sup>3</sup>	
CARGA DISTRIBUÍDA DO FLUÍDO	$q$		0,0000	N/m	
CARGAS PONTUAIS	$Q$		0,00	N	
CARGA ACIDENTAL	$W$		2.000,00	N	

1 CÁLCULO DE TENSÕES E DEFORMAÇÕES

1.1	SIGLA	EQUAÇÃO		
VÃO ENTRE SUPORTES	$L$		4,80	m
FLECHA MÁXIMA	$\delta$	$\frac{2400.L^3}{E.I} \left[ \frac{Q + W}{3} + \frac{qL}{4} \right]$	18,3	mm
TENSÃO MÁXIMA	$S_v$	$\frac{L}{10 \cdot Z} [q \cdot L + 2 \cdot (Q + W)]$	216,3	MPa