

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	1 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

AL-INN-0000-PD-TSP-00001

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA GERAL.

SUPORTES

01.0	23/02/2025	Documento inicial	JLR	FME	ACE
Rev.	Dados	Descrição	Criado	Revisto	Aprovado

Editado para:

Informação		Compra	
Aprovação	X	Construção	
Pedido de licitação		Conforme construído	

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 2 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Índice

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO	4
2. CONSIDERAÇÕES DE CARÁCTER GERAL	5
2.1. Documentos de referência.....	5
2.2. Regulamentos e códigos aplicáveis	5
2.3. Sistema de unidades	5
3. METODOLOGIA DE CONCEPÇÃO	6
3.1. Software.....	6
3.2. Sistema de coordenadas	6
4. CONDIÇÕES LOCAIS	7
4.1. Ciclos de vida das plantas.....	7
4.2. Temperatura ambiente	7
4.3. Carga de vento	8
4.4. Carga sísmica.....	8
4.5. Assentamento	11
5. CRITÉRIOS GERAIS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE	12
5.1. Âmbito das tubagens e verificações	12
5.2. Considerações básicas de modelação	12
5.2.1. Considerações de carácter geral.....	12
5.3. Cargas avaliadas e casos de carga	13
5.3.1. Tubagens metálicas	14
5.3.2. Tubagens PRFV	15
5.4. Tensões admissíveis.....	16
5.4.1. Tubagens metálicas	16
5.4.2. Tubagens PRFV	17
5.5. Deslocamentos admissíveis	18
5.5.1. Tubagens metálicas	18
5.5.2. Tubagens PRFV	19
5.6. Conexões ao equipamento	19
5.7. Análise de tubagem enterrada.....	19
6. CRITÉRIOS GERAIS - CÁLCULO ESTRUTURAL DOS SUPORTES	20

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	3 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

6.1. Distância máxima entre suportes	22
6.1.1. Tubagens de plástico	22
6.1.2. Tubagens metálicas	22
6.1.3. Tubagens PRFV	22
6.2. Casos de carga e combinações.....	23

Ilustrações

Ilustração 1. Sistema de coordenadas de referência.	6
Ilustração 2. Gráficos da temperatura ambiente no Algarve.	7
Ilustração 3. Pontos de tensão para a construção da envolvente de rotura a longo prazo.	18

Tabelas

Tabela 1. Documentos de referência.....	5
Tabela 2. Unidades de cálculo de referência.	5
Tabela 3. Perfil básico do vento.....	8
Tabela 4. Casos de carga para tubagens metálicas de acordo com ASME B31.3.	15
Tabela 5. Casos de carga para tubagens PRFV de acordo com a norma ISO 14692.....	16
Tabela 6. Tensões admissíveis para tubagens metálicas.	17
Tabela 7. Distância máxima entre suportes para tubagens metálicas.	22
Tabela 8. Distância máxima entre suportes para tubagens PRFV.	23
Tabela 9. Casos de carga utilizados para o cálculo de suportes de tubagens.	24
Tabela 10. Combinações de cargas utilizadas para o cálculo de suportes de tubagens.	27

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	4 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

Este documento tem como objetivo definir as especificações gerais para o cálculo da flexibilidade das tubagens e cálculo estrutural dos suportes para o projeto do Sistema de Dessalinização da Região do Algarve.

O objetivo do cálculo da flexibilidade é o seguinte:

- Verificar se as tensões nas tubagens se mantêm dentro dos limites permitidos pelo código de projeto.
- Verificar se as cargas das ligações ao equipamento se mantêm dentro dos limites máximos admissíveis definidos pelos fabricantes ou pela regulamentação aplicável.
- Avaliar as deslocações máximas da tubagem (principalmente para verificar as interferências).

O objetivo do cálculo estrutural dos suportes será o seguinte:

- Definir a geometria e o perfil estrutural utilizado para cada suporte.
- Validar a placa e os parafusos de ancoragem (tanto no pavimento como na parede) ou a junta aparafusada no caso de uma estrutura metálica.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 5 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

2. CONSIDERAÇÕES DE CARÁCTER GERAL

2.1. Documentos de referência

Documento Nº	Título
AL-INN-0000-CW-CRT-00001	Bases de desenho de construção civil
AL-INN-0000-PD-TSP-0002	Especificação técnica geral. Tubagens
AL-INN-0000-ME-CRT-0001	Bases de projeto. Mecânica

Tabela 1. Documentos de referência.

2.2. Regulamentos e códigos aplicáveis

Serão utilizados os seguintes códigos:

- ASME B31.3 Edição 2022: Tubagem de Processo, Código ASME para Tubagem de Pressão.
- ISO 14692 Edição 2017: Indústrias do petróleo e do gás natural - Tubagens de plástico reforçado com vidro (PRFV).
- NP EN 1990 Eurocódigo 0: Bases para o projeto de estruturas.
- NP EN 1991-1-1 Eurocódigo 1: Ações em estruturas – Parte 1-1: Ações gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios.
- NP EN1993-1-1 Eurocódigo 3: Projeto de estruturas de aço – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios.
- NP EN 1998-1 Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos - Parte 1: Regras Gerais, ações sísmicas e regras para edifícios.
- API 610: Bombas centrífugas para as indústrias do petróleo, petroquímica e do gás natural.
- EN ISO 5199: Especificações técnicas para bombas centrífugas - Classe II.
- EN ISO 13709: Bombas centrífugas para as indústrias do petróleo, da petroquímica e do gás natural.
- EN ISO 16330: Bombas e grupos eletrobomba de deslocamento positivo alternativo.
- DVS 2210-1 Tubagens industriais em termoplásticos - Planeamento e execução - Sistemas de tubagens de superfície.

2.3. Sistema de unidades

As unidades de medida utilizadas serão as correspondentes ao Sistema Internacional (SI), com algumas modificações. O quadro seguinte apresenta uma repartição das unidades de referência a utilizar:

Parâmetro	Unidade	Anotação
Peso / Força	N	Newton
Comprimento / Diâmetro / Espessura	m, mm	Metro, milímetro
Momentos	N·m	Newton metro
Densidade	kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
Pressão	bar	Bars
Temperatura	°C	Grau Celsius
Força	N	Newton
Tensão / Módulo de elasticidade	N/mm ² (MPa)	Megapascal
Pressão do vento	N/m ² (Pa)	Pascal

Tabela 2. Unidades de cálculo de referência.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 6 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

3. METODOLOGIA DE CONCEPÇÃO

3.1. Software

O software para a execução do cálculo da flexibilidade das tubagens será o CAESAR II v.14.

CAESAR II efetua a análise de tensões nas tubagens de acordo com as condições de conceção e de funcionamento dos principais códigos e normas de conceção de tubagens, permitindo igualmente obter cargas nos equipamentos e suportes para validação posterior. O código ASME B31.3 (2022) será utilizado para as tubagens de aço e o código ISO 14692 (2017) será utilizado para as tubagens de PRFV.

O software utilizado para o cálculo estrutural dos suportes de tubagens será o seguinte:

- Autodesk Robot Structural 2024: Utilizado para a validação estrutural do suporte.
- Idea Statica 23.1: Utilizado para a conceção e o cálculo de juntas aparafusadas.
- Hilti PROFIS Engineering: Utilizado para o projeto e cálculo de placas e parafusos de ancoragem.

3.2. Sistema de coordenadas

O sistema de coordenadas para a elaboração dos modelos de cálculo é o seguinte:

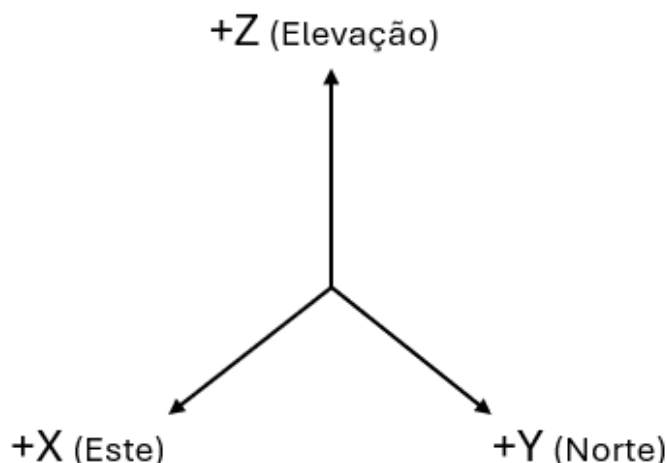


Ilustração 1. Sistema de coordenadas de referência.

- Eixo X: De Oeste (-X) para Este (+X).
- Eixo Y: Do Sul (-Y) para o Norte (+Y).
- Eixo Z: Será considerada a elevação positiva em direção a +Z.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 7 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

4. CONDIÇÕES LOCAIS

4.1. Ciclos de vida das plantas

A instalação deve ser projetada para atingir uma vida útil igual a 25 anos. Para o cálculo das tensões do tubo PRFV, deve ser considerado o seguinte fator parcial para o ciclo de vida A0, de acordo com a equação 1 da secção 6.1.1 da norma ISO - 14692 - Parte 3, este fator é definido:

$$A_0 = \frac{1}{10^{\log(t) - \log(175200)) \cdot G_{xx}}} \leq 1,0$$

- Vida útil da instalação: 25 anos igual a 219000 horas (t).
- Gxx = de acordo com o quadro A.1 da norma ISO - 14692 - Parte 1, em função da temperatura máxima de funcionamento e do tipo de resina.

Resin system	Temperature						
	-35 °C	21 °C	50 °C	65 °C	80 °C	93 °C	121 °C
GRE, anhydride	0,045	0,045		0,065	0,105		
GRE, aliphatic amine	0,045	0,045		0,065		0,100	
GRE, cyclo-aliphatic amine (IPD)	0,045	0,045		0,065		0,090	
GRE, aromatic amine (MDA)	0,045	0,045		0,065		0,090	0,115
GRUP, polyester	0,055	0,055	0,070				
GRVE, vinyl ester	0,055	0,055	0,065	0,075			

4.2. Temperatura ambiente

As condições de temperatura ambiente do projeto são derivadas dos gráficos seguintes:

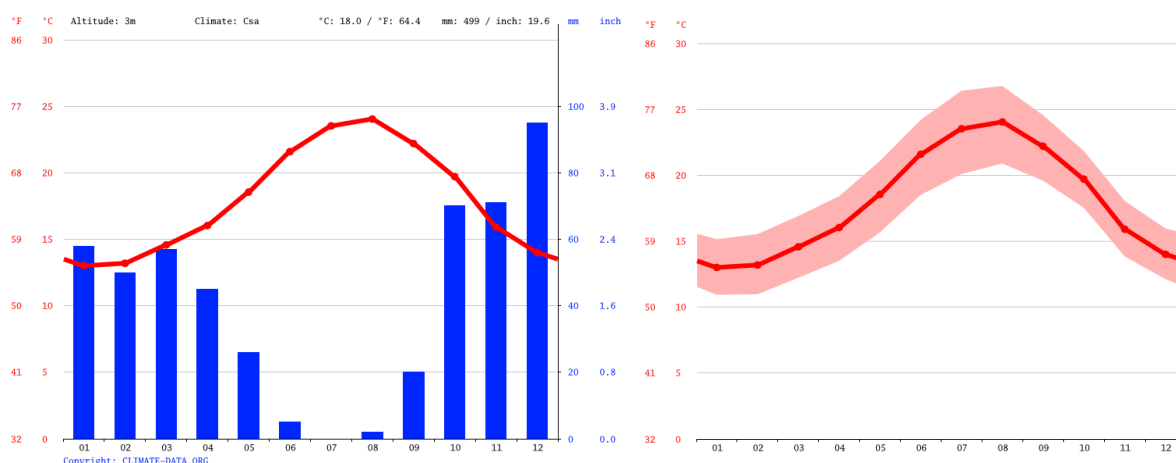


Ilustração 2. Gráficos da temperatura ambiente no Algarve.

Temperatura ambiente máxima média: 24 °C.

Temperatura ambiente mínima média: 12 °C.

Temperatura ambiente média: 18,5 °C.

Tendo em conta o exposto, a temperatura ambiente a utilizar nos cálculos será de 18,5 °C.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 8 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

4.3. Carga de vento

De acordo com a secção 7.2 do documento AL-INN-0000-CW-CRT-00001 Base de Desenho de Construção Civil, a velocidade do vento e o perfil básico da carga de vento em função da altura são apresentados a seguir.

Z[m]	V [m/s]	Q _b [N/m ²]
0	27,19	462,16
1	27,19	462,16
2	30,44	579,03
3	32,34	653,50
4	33,68	709,06
5	34,73	753,72
6	35,58	791,23
7	36,30	823,65
8	36,93	852,25
9	37,48	877,89
10	37,97	901,15
12	38,83	942,12
14	39,55	977,46
16	40,17	1008,60
18	40,72	1036,48
20	41,22	1061,74

Tabela 3. Perfil básico do vento.

Tendo em conta o acima exposto e a NP EN 1991-1-4 EC1 as cargas de vento são obtidas através da seguinte equação:

$$F = C_s C_d \cdot C_f \cdot Q_b(Z) \cdot A_{ref}$$

Onde:

$C_s C_d$ é o fator estrutural = 1.

Q_b é a pressão da velocidade de pico à altura de referência.

A_{ref} é a superfície de referência da estrutura ou do elemento estrutural.

C_f é o coeficiente de força da estrutura ou do elemento estrutural.

O coeficiente C_f deve ser incluído no software de cálculo da flexibilidade. Este valor deve ser calculado de acordo com a norma NP EN 1991-1-4 ou tomado de forma conservadora, para todas as alturas e todos os tubos DN≥200:

$$C_f = 0,7$$

4.4. Carga sísmica

A conceção de estruturas, tubagens, equipamentos e suportes deve ter em conta as disposições do Eurocódigo 1, cujos pontos de partida são apresentados a seguir.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 9 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

De acordo com o Eurocódigo 8, a área em estudo (Concelho de Quarteira-Loulé) situa-se na Zona Sísmica 1.2 (sismo Tipo 1) e na Zona Sísmica 2.3 (sismo Tipo 2) com valores de aceleração de pico do terreno (a_{gR}), correspondentes a um período de retorno de 475 anos, de $2,0 \text{ m/s}^2$ e $1,7 \text{ m/s}^2$ para as ações sísmicas Tipo 1 e Tipo 2, respetivamente.

Para efeitos sísmicos, os solos de fundação devem ser classificados como C ou D de acordo com o Eurocódigo 8. Os espectros de resposta utilizados devem ter em conta esta classificação.

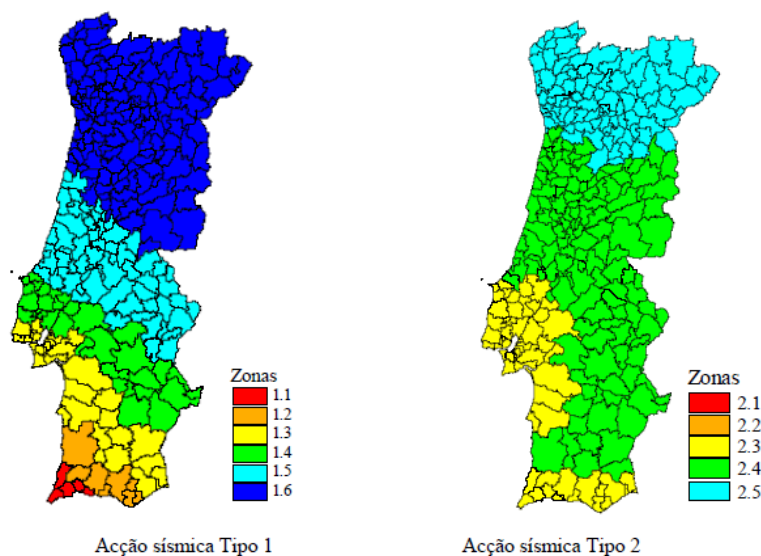


Figura NA.I – Zonamento sísmico em Portugal Continental

NP
EN 1998-1
2010

p. 224 de 230

Portugal Continental		Acção sísmica			
Código do município	Designação	Tipo 1		Tipo 2	
		Zona sísmica	Aceleração $a_{gR} \text{ (m/s}^2\text{)}$	Zona sísmica	Aceleração $a_{gR} \text{ (m/s}^2\text{)}$
0808	Loulé	1.2	2,0	2.3	1,7

De acordo com as normas NP EN 1998-1:2010 e NP EN 1998-5:2010, a ação sísmica do espectro de cálculo para análise elástica deve ser calculada pela seguinte fórmula:

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

Ser,

a_g : Valor de cálculo da aceleração da superfície = $\gamma_I \cdot a_{gR}$.

γ_I : Coeficiente de importância = 1,45 (Tipo 1) e 1,25 (Tipo 2) – Classe de importância III.

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 10 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Quadro NA.II – Coeficientes de importância γ

Classe de Importância	Acção sísmica Tipo 1	Acção sísmica Tipo 2	
		Continente	Açores
I	0,65	0,75	0,85
II	1,00	1,00	1,00
III	1,45	1,25	1,15
IV	1,95	1,50	1,35

q: Fator de comportamento = 1,5.

S: Coeficiente de pavimento, deve ser utilizada a seguinte fórmula para o anexo nacional.

$S_{\max}$: Obtido a partir dos quadros seguintes, em função do tipo de acção sísmica e do terreno.

$$S = S_{\max} - \frac{S_{\max} - 1}{3} (a_g - 1)$$

Quadro NA-3.2 – Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para a
Acção sísmica Tipo 1

Tipo de Terreno	$S_{\max}$	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,1	0,6	2,0
B	1,35	0,1	0,6	2,0
C	1,6	0,1	0,6	2,0
D	2,0	0,1	0,8	2,0
E	1,8	0,1	0,6	2,0

Quadro NA-3.3 – Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para a
Acção sísmica Tipo 2

Tipo de Terreno	$S_{\max}$	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,1	0,25	2,0
B	1,35	0,1	0,25	2,0
C	1,6	0,1	0,25	2,0
D	2,0	0,1	0,3	2,0
E	1,8	0,1	0,25	2,0

Os valores de aceleração horizontal obtidos para cada tipo de acção sísmica e de terreno são os seguintes:

Aceleração sísmica Tipo 1			Aceleração sísmica Tipo 2		
Terreno Tipo C	S_d	0,601 g	Terreno Tipo C	S_d	0,496 g
Terreno Tipo D	S_d	0,673 g	Terreno Tipo D	S_d	0,587 g

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 11 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Para acelerações verticais, deve ser utilizada a tabela de comparação para a aceleração horizontal. Neste caso, o fator de piso S deve ser igual a 1, todos os outros valores permanecem os mesmos que para a aceleração horizontal.

Quadro NA-3.4 – Valores dos parâmetros definidores dos espectros de resposta elásticos verticais

Acção sísmica	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Tipo 1	0,75	0,05	0,25	1,0
Tipo 2	0,95	0,05	0,15	1,0

Aceleração sísmica Tipo 1			Aceleração sísmica Tipo 2		
Terreno Tipo C / D	S_{vd}	0,370 g	Terreno Tipo C / D	S_{vd}	0,343 g

Para efetuar um cálculo único, utilizaremos de forma conservadora o envelope máximo de acelerações, tendo em conta todos os tipos de acelerações e de terreno.

$$S_d = 0,673 \text{ g}$$

$$S_{vd} = 0,370 \text{ g}$$

4.5. Assentamento

Caso se prevejam assentamentos de equipamentos e/ou edifícios, estes valores têm de ser incluídos no modelo de cálculo como deslocamentos impostos nos casos de carga correspondentes.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 12 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

5. CRITÉRIOS GERAIS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE

A análise de flexibilidade deve garantir que todo o sistema de tubagens é adequadamente concebido de forma a evitar falhas mecânicas. Os aspetos a ter em conta na realização desta análise são os seguintes:

- Tensão máxima admissível.
- Forças e momentos máximos admissíveis no equipamento ao qual a tubagem está ligada.
- Cargas nos suportes das tubagens.
- Interferência entre linhas adjacentes, ou qualquer elemento externo, devido à expansão ou contração do sistema de tubagem.

5.1. Âmbito das tubagens e verificações

As tubagens avaliadas devem ser as de diâmetro igual ou superior a DN200, tanto em tubos metálicos como em tubos PRFV. Os tubos de diâmetro inferior não serão calculados, a menos que se liguem diretamente a um tubo de DN200 ou superior e tenham interesse para o cálculo. Do mesmo modo, os tubos de plástico (PP, PEAD, PVC, etc.) também são excluídos.

É importante clarificar que o cálculo efetuado no CAESAR II será completamente estático, o que significa que as condições dinâmicas serão transformadas em condições estáticas equivalentes, incluindo cargas como o vento e as cargas sísmicas

Para os tubos metálicos e de PRFV, a análise de tensões deve abranger os seguintes cenários:

- As tensões nas tubagens devem ser verificadas tendo em conta todas as condições de pressão e temperatura, quer sejam hidrostáticas, sustentadas, de funcionamento/conceção, de expansão e ocasionais.
- As cargas nas conexões dos equipamentos devem ser verificadas tendo em conta as condições máximas de pressão e temperatura de funcionamento.
- A conceção dos suportes deve ser verificada com base nas cargas máximas obtidas, quer sejam sustentadas, de funcionamento/conceção ou ocasionais

5.2. Considerações básicas de modelação

5.2.1. Considerações de carácter geral

A modelação no CAESAR II será efetuada de acordo com:

- Versão mais recente do projeto da tubagem (de acordo com o modelo 3D e/ou isométricos da tubagem).
- Especificação da tubagem (diâmetro, espessura, peso dos acessórios, etc.).
- Lista de linhas (condições de pressão e temperatura, fluido, cargas e deslocamentos aplicados, etc.).

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 13 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

coeficientes de fricção a ter em conta são os seguintes:

- Aço e aço $\mu=0,3$.
- Aço e betão $\mu=0,6$.
- Aço e teflon $\mu=0,1$.

Em termos de restrições, devem ser tidos em conta os seguintes elementos aquando da elaboração dos modelos de cálculo:

- A localização e o tipo de restrição devem permitir que o sistema tenha a flexibilidade necessária para a deformação axial devida a cargas de pressão e temperatura.
- Recomenda-se a colocação de um suporte que limite o deslocamento axial em cada secção reta, a localização deste será o ponto neutro onde, em condições de funcionamento, o deslocamento axial é igual a zero, desde que as secções sejam muito longas.

5.3. Cargas avaliadas e casos de carga

As cargas listadas abaixo são as que podem ocorrer independentemente ou em combinação durante a vida útil do sistema de tubagem avaliado:

- Peso próprio.
- Peso do fluido.
- Cargas devidas à pressão.
- Cargas térmicas.
- Cargas sísmicas.
- Cargas de vento.
- Assentamentos do solo e dos edifícios adjacentes.

São excluídos os seguintes tipos de cálculos:

- Cálculos dinâmicos.
- Análise de vibrações.
- Verificação FEA.
- Análise do golpe de aríete ou de outras forças hidráulicas.
- Controlo das fugas nas flanges.

Tendo em conta o acima exposto, as cargas simples necessárias para efetuar a análise de flexibilidade da tubagem são listadas abaixo, e a sua nomenclatura de acordo com o software utilizado para o cálculo.

- T1: Temperatura máxima de funcionamento.
- T2: Temperatura mínima de funcionamento.
- T3: Temperatura máxima de conceção.
- T4: Temperatura mínima de conceção.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	14 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

- P1: Pressão de funcionamento.
- P2: Pressão de conceção.
- HP: Pressão de teste hidrostático.
- W: Peso da tubagem cheio de fluido de funcionamento.
- WW: Peso da tubagem cheio de água.
- Ux: Cargas sísmicas.
- WINx: Cargas de vento.
- Dx: Deslocamentos impostos (assentamentos, deslocamentos de equipamentos, etc.).

5.3.1. Tubagens metálicas

Para cumprir os requisitos da norma ASME B31.3, devem ser consideradas as seguintes combinações de carga.

Caso	Combinação	Tipo de tensão	Descrição
1	WW+HP	HYD	Teste hidrostático
2	W+D1+T1+P1	OPE	Máx. Condições de funcionamento
3	W+P1	SUS	Alternativa sustentado para o Caso 2
4	W+D2+T2+P1	OPE	Mín. Condições de funcionamento
5	W+P1	SUS	Alternativa sustentado para o Caso 4
6	W+D3+T3+P2	OPE	Máx. Condições de conceção
7	W+P2	SUS	Alternativa sustentado para o Caso 6
8	W+D4+T4+P2	OPE	Mín. Condições de conceção
9	W+P2	SUS	Alternativa sustentado para o Caso 8
10	W+D1+T1+P1+WIN1	OPE	Funcionamento + Vento Leste (+X)
11	W+D1+T1+P1+WIN2	OPE	Funcionamento + Vento Oeste (-X)
12	W+D1+T1+P1+WIN3	OPE	Funcionamento + Vento Norte (+Y)
13	W+D1+T1+P1+WIN4	OPE	Funcionamento + Vento Sul (-Y)
14	W+T1+P1+U1+U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Este (+X) + Sísmica Vertical (+Z)
15	W+T1+P1+U1-U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Este (+X) - Sísmica Vertical (-Z)
16	W+T1+P1-U1+U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Oeste (-X) + Sísmica Vertical (+Z)
17	W+T1+P1-U1-U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Oeste (-X) - Sísmica Vertical (-Z)
18	W+T1+P1+U2+U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Norte (+Y) + Sísmica Vertical (+Z)
19	W+T1+P1+U2-U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Norte (+Y) - Sísmica Vertical (-Z)
20	W+T1+P1-U2+U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Sul (-Y) + Sísmica Vertical (+Z)
21	W+T1+P1-U2-U3	OPE	Funcionamento + Sísmica Sul (-Y) - Sísmica Vertical (-Z)
22	W+P1	SUS	Sustentado em condições de funcionamento
23	W+P2	SUS	Sustentado em condições de conceção
24	L2-L22	EXP	Expansão nas condições máximas de funcionamento

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	15 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Caso	Combinação	Tipo de tensão	Descrição
25	L4-L22	EXP	Expansão nas condições mínimas de funcionamento
26	L6-L23	EXP	Expansão nas condições máximas de conceção
27	L8-L23	EXP	Expansão nas condições mínimas de conceção
28	L10-L2	OCC	Vento Leste (+X)
29	L11-L2	OCC	Vento Oeste (-X)
30	L12-L2	OCC	Vento Norte (+Y)
31	L13-L2	OCC	Vento Sul (-Y)
32	L14-L2	OCC	Sísmica Este (+X) + Sísmica Vertical (+Z)
33	L15-L2	OCC	Sísmica Este (+X) - Sísmica Vertical (-Z)
34	L16-L2	OCC	Sísmica Oeste (-X) + Sísmica Vertical (+Z)
35	L17-L2	OCC	Sísmica Oeste (-X) - Sísmica Vertical (-Z)
36	L18-L2	OCC	Sísmica Norte (+Y) + Sísmica Vertical (+Z)
37	L19-L2	OCC	Sísmica Norte (+Y) - Sísmica Vertical (-Z)
38	L20-L2	OCC	Sísmica Sul (-Y) + Sísmica Vertical (+Z)
39	L21-L2	OCC	Sísmica Sul (-Y) - Sísmica Vertical (-Z)
40	L22+L28	OCC	Sustentado + Vento Leste (+X)
41	L22+L29	OCC	Sustentado + Vento Oeste (-X)
42	L22+L30	OCC	Sustentado + Vento Norte (+Y)
43	L22+L31	OCC	Sustentado + Vento Sul (-Y)
44	L22+L32	OCC	Sustentado + Sísmica Este (+X) + Sísmica Vertical (+Z)
45	L22+L33	OCC	Sustentado + Sísmica Este (+X) - Sísmica Vertical (-Z)
46	L22+L34	OCC	Sustentado + Sísmica Oeste (-X) + Sísmica Vertical (+Z)
47	L22+L35	OCC	Sustentado + Sísmica Oeste (-X) - Sísmica Vertical (-Z)
48	L22+L36	OCC	Sustentado + Sísmica Norte (+Y) + Sísmica Vertical (+Z)
49	L22+L37	OCC	Sustentado + Sísmica Norte (+Y) - Sísmica Vertical (-Z)
50	L22+L38	OCC	Sustentado + Sísmica Sul (-Y) + Sísmica Vertical (+Z)
51	L22+L39	OCC	Sustentado + Sísmica Sul (-Y) - Sísmica Vertical (-Z)

Tabela 4. Casos de carga para tubagens metálicas de acordo com ASME B31.3.

5.3.2. Tubagens PRFV

Para satisfazer os critérios de ensaio de esforço de acordo com a norma ISO 14692, o sistema deve ser avaliado nos tipos de casos de carga a seguir definidos.

Caso	Combinação	Tipo de tensão	Descrição
1	WW+HP	HYD	Teste hidrostático
2	W+D1+T1+P1	OPE	Máx. Condições de funcionamento
3	W+D2+T2+P1	OPE	Mín. Condições de funcionamento

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	16 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Caso	Combinação	Tipo de tensão	Descrição
4	W+D3+T3+P2	OPE	Máx. Condições de conceção
5	W+D4+T4+P2	OPE	Mín. Condições de conceção
6	W+D1+T1+P1+WIN1	OCC	Funcionamento + Vento Leste (+X)
7	W+D1+T1+P1+WIN2	OCC	Funcionamento + Vento Oeste (-X)
8	W+D1+T1+P1+WIN3	OCC	Funcionamento + Vento Norte (+Y)
9	W+D1+T1+P1+WIN4	OCC	Funcionamento + Vento Sul (-Y)
10	W+D1+T1+P1+U1+U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Este (+X) + Sísmica Vertical (+Z)
11	W+D1+T1+P1+U1-U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Este (+X) - Sísmica Vertical (-Z)
12	W+D1+T1+P1-U1+U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Oeste (-X) + Sísmica Vertical (+Z)
13	W+D1+T1+P1-U1-U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Oeste (-X) - Sísmica Vertical (-Z)
14	W+D1+T1+P1+U2+U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Norte (+Y) + Sísmica Vertical (+Z)
15	W+D1+T1+P1+U2-U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Norte (+Y) - Sísmica Vertical (-Z)
16	W+D1+T1+P1-U2+U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Sul (-Y) + Sísmica Vertical (+Z)
17	W+D1+T1+P1-U2-U3	OCC	Funcionamento + Sísmica Sul (-Y) - Sísmica Vertical (-Z)
18	W+P1	SUS	Sustentado em condições de funcionamento
19	W+P2	SUS	Sustentado em condições de conceção

Tabela 5. Casos de carga para tubagens PRFV de acordo com a norma ISO 14692.

5.4. Tensões admissíveis

5.4.1. Tubagens metálicas

As tensões máximas admissíveis utilizadas para a conceção de sistemas de tubagens são definidas na secção 302.3, ASME B31.3 (2022).

A tensão devida a cargas sustentadas (S_L) em qualquer componente de um sistema de tubagens não deve exceder S_h , em que S_h é a tensão admissível à temperatura do metal para a condição de funcionamento em consideração.

Do mesmo modo, o código define a gama de tensões de deslocamento admissíveis (S_A), como:

$$S_A = f \cdot (1.25 \cdot S_C + 0.25 \cdot S_h)$$

Tendo em conta que S_h é maior do que S_L , o termo $0,25 \cdot S_h$ pode ser modificado e, por conseguinte, a gama de tensões de deslocamento admissível passa a ser:

$$S_A = f \cdot (1.25 \cdot (S_C + S_h) - S_L)$$

Onde:

- f = fator de variação da tensão cíclica calculado como $f = 6.0(N)^{-0.2} \leq 1$.
 - N = número de ciclos esperados durante a vida útil da tubagem.
- S_C = tensão admissível à temperatura mínima do metal esperada durante o intervalo de funcionamento da análise.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 17 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

- S_h = tensão admissível à temperatura máxima do metal prevista para a gama de funcionamento da análise.

As tensões sustentadas, ocasionais, térmicas e de teste devem ser combinadas de acordo com a secção 5.3.1 e comparadas com os valores admissíveis para cada cenário possível, ver quadro seguinte.

Tipo de tensão	Critérios de aceitação
Sustentado	$< S_h$
Ocasional	$< k \cdot S_h$ ($k = 1,33$)
Expansão	$< S_A$
Teste hidrostático	$< S_Y$ (Limite de elasticidade à T_{amb})

Tabela 6. Tensões admissíveis para tubagens metálicas.

5.4.2. Tubagens PRFV

O fabricante deve fornecer os dados relativos ao invólucro de falha em conformidade com a norma ISO 14692:2017 e incluir as seguintes informações:

- Tensão circunferencial ($r = 0:1$) à temperatura de referência.
- Tensão axial ($r = 0:1$) à temperatura de referência.
- Tensão circunferencial ($r = 1:1$) à temperatura de referência.
- Tensão axial ($r = 1:1$) à temperatura de referência.
- Tensão circunferencial ($r = 2:1$) à temperatura de referência.
- Tensão axial ($r = 2:1$) à temperatura de referência.
- Tensão circunferencial ($r = 1:0$) à temperatura de referência.
- Tensão axial ($r = 1:0$) à temperatura de referência.
- Tensão axial ($r = 0:-1$) à temperatura de referência.
- Fator de temperatura parcial (temperaturas diferentes da temperatura de referência).
- Fator parcial de vida útil de conceção (A0) (ver secção 4.1).
- Fator parcial devido à resistência química (A2).
- Fator parcial devido ao serviço cíclico (A3).
- Fator parcial devido ao tipo de carga: SUS (0,67), OPE (0,83) e OCC (0,89).

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 18 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

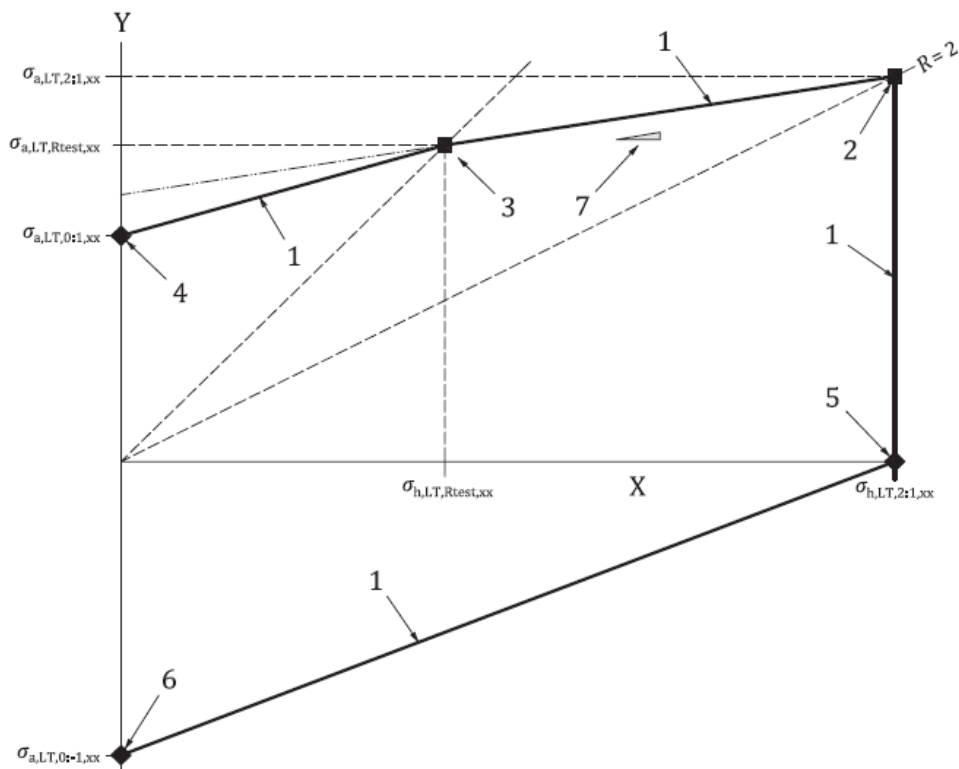


Ilustração 3. Pontos de tensão para a construção da envolvente de rotura a longo prazo.

Para além das seguintes propriedades mecânicas:

- Módulo de elasticidade axial (E_a).
- Módulo de elasticidade circunferencial (E_h).
- Módulo de cisalhamento (G).
- Coeficiente de Poisson (deformação circunferencial/deformação axial) ($\nu_{h/a}$).
- Coeficiente de Poisson (deformação axial/deformação em anel) ($\nu_{a/h}$).
- Coeficiente de dilatação térmica.

5.5. Deslocamentos admissíveis

O espaçamento entre suportes (quer sejam suportes, guias ou limites) deve ser o exigido pela análise de flexibilidade. A distância máxima entre suportes deve ser limitada pela tensão da tubagem e por uma deflexão máxima em função do material da tubagem.

5.5.1. Tubagens metálicas

- As deflexões verticais dos sistemas de tubagens metálicas não devem exceder 12,5 mm.
- Os deslocamentos horizontais não são limitados, desde que se verifique que não há interferência com outras linhas ou elementos exteriores adjacentes.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	19 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

5.5.2. Tubagens PRFV

- As deflexões verticais dos sistemas de tubagens PRFV não devem exceder 12,5 mm ou 0,5% do comprimento do vão entre suportes, consoante o que for menor.
- Os deslocamentos horizontais não são limitados, desde que se verifique que não há interferência com outras linhas ou elementos exteriores adjacentes.

5.6. Conexões ao equipamento

Cada conexão com o equipamento deve ser modelada como uma ancoragem e os deslocamentos térmicos esperados podem ser incluídos, se relevantes. Por este motivo, o fabricante deve fornecer informações sobre as cargas máximas admissíveis nas conexões, bem como as deslocações térmicas correspondentes.

Na ausência desta última informação, as deslocações podem ser estimadas utilizando o desenho mecânico do equipamento, que deve especificar as dimensões, os suportes, os materiais e as condições de temperatura.

Se necessário, a rigidez das conexões dos equipamentos (principalmente para tanques metálicos) pode ser calculada através de uma análise de elementos finitos (FEA). Esta análise permite determinar os valores de rigidez das conexões a incluir na análise de flexibilidade, o que permite simular com maior exatidão o comportamento da conexão entre tubagem e equipamento, passando de uma ancoragem pura a permitir pequenos deslocamentos devido à rigidez real da conexão. Se o fabricante fornecer diretamente estes valores de rigidez, eles devem ser utilizados nos cálculos correspondentes.

O projeto do sistema de tubagens e a análise de flexibilidade devem ser realizados de modo a garantir que as cargas transmitidas ao equipamento sejam inferiores às cargas máximas permitidas pelo fabricante ou pela norma aplicável, devendo esses valores ser verificados considerando as condições de carga de funcionamento sustentado e máximo, excluindo o teste hidrostático, a conceção e as condições ocasionais.

5.7. Análise de tubagem enterrada

A tubagem enterrada não deve ser abrangida pela análise de flexibilidade, exceto se necessário para o próprio cálculo, pelo que a transição entre a tubagem acima do solo e a tubagem enterrada deve ser modelada como um ponto de ancoragem.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto n.º	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	20 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

6. CRITÉRIOS GERAIS - CÁLCULO ESTRUTURAL DOS SUPORTES

Para a conceção e o cálculo dos suportes, devem ser considerados os seguintes critérios específicos:

- **Materiais:**
 - Suportes acima do solo: aço-carbono.
 - Suportes submersos: Aço-carbono com proteção catódica ou aço inoxidável.
 - Suportes expostos a ambientes altamente corrosivos: aço inoxidável.
- **Perfis metálicos:**
 - Secções laminadas de acordo com a norma BS EN 10025 ou DIN 17100, grau S275JR mínimo (ST37-2).
 - Secções tubulares de acordo com a norma BS EN 10210-1, grau S275J0H ou S275J2H.
- **Soldaduras:**
 - As soldaduras de topo devem ser de penetração total com preparação dos bordos. As soldaduras de topo com penetração parcial estão sujeitas à aprovação do cliente e devem ter um filete de preparação do bordo de, pelo menos, 70% da espessura das peças a soldar.
 - As soldaduras de enchimento devem cumprir os seguintes requisitos:
 - Soldaduras em ângulo em ambos os lados da chapa a unir: A espessura mínima da garganta da soldadura deve ser 0,5 vezes a espessura da peça.
 - Soldaduras em ângulo de um lado da chapa a unir: A espessura mínima da garganta da soldadura deve ser 0,7 vezes a espessura da peça.
 - A resistência do material de enchimento da soldadura deve ser considerada igual à resistência do material a unir.
 - Os requisitos de preparação dos bordos devem ser indicados nos desenhos de fabrico.
 - Devem ser exigidas soldaduras de topo ou soldaduras de filete contínuas. Se for necessária qualquer soldadura especial, esta deve ser indicada nos desenhos relevantes.
- **Altura dos suportes em relação ao solo:**
 - Suportes internos: A distância máxima entre a placa de ancoragem e as obras civis existentes deve ser de 50 mm, a preencher com calda de nivelamento. No entanto, é possível um máximo de 100 mm, consoante a inclinação do terreno.
 - Suportes exteriores: Os pedestais de betão devem ser concebidos com uma altura igual a 200 mm, a altura em relação à placa de ancoragem deve ser no máximo de 50 mm, a preencher com calda de regularização.
- **Tipo de parafusos de ancoragem:**
 - DIN ISO 898 8.8 ($f_y > 640 \text{ N/mm}^2$) ou A4 para ancoragens em aço inoxidável. Para o cálculo HILTI, deve ser utilizado o HIT-V 8.8 e com a consideração de betão fissurado para suportes ancorados a paredes, pilares, vigas e lajes. O betão não fissurado deve ser considerado para os suportes ancorados em lajes assentes uniformemente no solo.
 - Ancoragens químicas com resina epoxídica HIT RE-500 ou similar.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	21 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

- Comprimento mínimo efetivo:
 - M12 (1/2") - Comprimento efetivo mínimo = 100 mm.
 - M16 (5/8") y M20 (3/4") - Comprimento mínimo efetivo = 150 mm.
- O tamanho mínimo dos parafusos de ancoragem deve ser M12 (1/2").
- M14 e M18 não são utilizados.
- Comprimento total = Altura efetiva + distância do elemento estrutural à base do suporte + 100 mm no mínimo.
- A distância mínima das ancoragens a qualquer borda de betão deve ser de 100 mm.
- Parafusos: (parafusos galvanizados HDG):
 - As ligações não podem ter menos de dois parafusos com uma métrica mínima de M12.
 - Não utilizar os tamanhos M14 ou M18.
 - Para as estruturas de aço-carbono, devem ser utilizados parafusos e porcas de qualidade 8.8 ($f_y > 640 \text{ N/mm}^2$) de acordo com as normas ASTM A325 ou EN14399.
 - Para as estruturas de aço inoxidável, devem ser utilizados parafusos e porcas de aço de qualidade A4-80 ou AISI 316L ($f_y > 600 \text{ N/mm}^2$).
 - Deve ser colocada uma anilha em cada porca e sob a cabeça de cada parafuso.
 - Diâmetro dos orifícios aparafusados:
 - Para métricas inferiores a M24 o diâmetro do furo = Mínimo 2 mm a mais que o diâmetro do parafuso.
 - Para tamanhos métricos superiores a M24, o diâmetro do orifício = no mínimo 3 mm a mais do que o diâmetro do parafuso.
 - Comprimento total dos parafusos = espessura dos elementos de ligação + espessura da anilha + espessura da anilha de bloqueio + espessura da porca + 1,5 espessura da porca. O valor calculado deve aproximar-se de um comprimento de parafuso padrão.
 - Dentro da mesma estrutura, deve tentar-se homogeneizar os comprimentos e as medidas dos parafusos, de modo a ter o menor número possível de parafusos diferentes.
- Os suportes devem ser colocados o mais próximo possível de juntas, válvulas e alterações de direção. A localização e o tipo de suportes devem ser definidos de acordo com a análise de flexibilidade e/ou com os critérios básicos para tubagens de menor diâmetro.
- As juntas de dilatação devem ser suportadas de acordo com as condições indicadas pelo fornecedor, recomendando-se a localização de um suporte a uma distância igual a 4 vezes o diâmetro da junta.
- Na conceção de suportes ancorados a paredes de betão em reservatórios de água, a profundidade máxima de ancoragem deve corresponder à espessura total da parede de betão menos 200 mm. No caso das paredes de betão estrutural, a profundidade máxima de ancoragem deve ser a espessura total da parede de betão menos 100 mm.
- Limitações de deslocamento:
 - Deslocamento vertical: $L/300$.
 - Deslocamento horizontal: $H/200$.

Cliente 		Empreiteiro EPC 		
Projeto nº.	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 22 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

- Resistência característica do betão: de acordo com o cálculo civil para cada zona do pavimento.

6.1. Distância máxima entre suportes

6.1.1. Tubagens de plástico

Como boa prática, para tubagens de plástico (PP, PEAD, PVC, etc.), a distância entre suportes pode seguir a informação dada em DVS 2210-1 Tubagens industriais feitas de termoplásticos - Planeamento e execução - Sistemas de tubagens acima do solo.

6.1.2. Tubagens metálicas

Indica-se de seguida a distância máxima entre suportes em função do diâmetro e da espessura da tubagem, utilizando estas distâncias para o dimensionamento de suportes em sistemas sem cálculo formal no modelo CAESAR II.

Diâmetro da tubagem [mm]	Distância máxima (SCH 40/STD) [m]	Distância máxima (SCH 80) [m]
DN 15	1,5	2,5
DN 25	2,0	3,5
DN 50	3,0	4,5
DN 65	3,5	5,0
DN 80	4,0	5,5
DN 100	4,5	6,0
DN 125	4,5	6,0
DN 150	5,0	7,0
DN 200	5,0	7,0
DN 250	6,0	8,0
DN 300	6,0	8,0
DN 350	7,0	9,0
DN 400	7,0	9,0
DN 450	8,0	10,0
DN 500	8,0	10,0
DN 600	8,0	10,0

Tabela 7. Distância máxima entre suportes para tubagens metálicas.

6.1.3. Tubagens PRFV

A distância máxima entre suportes, de acordo com o diâmetro da tubagem, a utilizar para o dimensionamento dos suportes em sistemas sem cálculo formal no CAESAR II é dada a seguir.

Diâmetro da tubagem [mm]	Distância máxima entre suportes [m]
DN 50	2,6
DN 65	2,6
DN 80	2,9
DN 100	3,1
DN 125	3,1

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	23 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Diâmetro da tubagem [mm]	Distância máxima entre suportes [m]
DN 150	3,5
DN 200	3,7
DN 250	4,0
DN 300	4,2
DN 350	4,8
DN 400	4,8
DN 450	4,8
DN 500	5,5
DN 600	6,0
DN 700	6,0
DN 800	6,0
DN 900	6,0
DN 1000	6,0
DN 1200	6,0
DN 1500	6,0
DN 1800	6,0
DN 2000	6,0

Tabela 8. Distância máxima entre suportes para tubagens PRFV.

6.2. Casos de carga e combinações

De seguida, são definidos os casos de carga a considerar para o cálculo do apoio.

Caso	Etiqueta	Descrição
1	DL1	Peso próprio
2	DL2	Carga sustentada da tubagem $(W+P1) / (W+P2)$
3	DL3	Cargas da tubagem em condições de funcionamento $(W+D1+T1+P1) / (W+D2+T2+P1)$
4	DL4	Cargas da tubagem em condições de conceção $(W+D3+T3+P2) / (W+D4+T4+P2)$
5	W1	Vento +X
6	W2	Vento -X
7	W3	Vento +Y
8	W4	Vento -Y
9	EQ1	Sísmica +X / 0,3 Sísmica +Y / Sísmica +Z
10	EQ2	Sísmica +X / 0,3 Sísmica +Y / Sísmica -Z
11	EQ3	Sísmica +X / 0,3 Sísmica -Y / Sísmica +Z
12	EQ4	Sísmica +X / 0,3 Sísmica -Y / Sísmica -Z
13	EQ5	Sísmica -X / 0,3 Sísmica +Y / Sísmica +Z
14	EQ6	Sísmica -X / 0,3 Sísmica +Y / Sísmica -Z
15	EQ7	Sísmica -X / 0,3 Sísmica -Y / Sísmica +Z
16	EQ8	Sísmica -X / 0,3 Sísmica -Y / Sísmica -Z
17	EQ9	0,3 Sísmica +X / Sísmica +Y / Sísmica +Z
18	EQ10	0,3 Sísmica +X / Sísmica +Y / Sísmica -Z
19	EQ11	0,3 Sísmica +X / Sísmica -Y / Sísmica +Z
20	EQ12	0,3 Sísmica +X / Sísmica -Y / Sísmica -Z

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº.	Projeto	Data	Rev.	Pág.
	Sistema de dessalinização na região do Algarve	23/02/2025	01.0	24 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Caso	Etiqueta	Descrição
21	EQ13	0,3 Sísmica -X / Sísmica +Y / Sísmica +Z
22	EQ14	0,3 Sísmica -X / Sísmica +Y / Sísmica -Z
23	EQ15	0,3 Sísmica -X / Sísmica -Y / Sísmica +Z
24	EQ16	0,3 Sísmica -X / Sísmica -Y / Sísmica -Z

Tabela 9. Casos de carga utilizados para o cálculo de suportes de tubagens.

As combinações de cargas devem estar de acordo com o Eurocódigo, EN 1990:2002:

Caso	Combinação	Tipo	Descrição	Tipo de análise
25	COMB1	ULS	1,35(DL1+DL2)	Comb. linear
26	COMB2	ULS	1,35(DL1+DL3)	Comb. linear
27	COMB3	ULS	1,35(DL1+DL4)	Comb. linear
28	COMB4	ULS	1,0(DL1+DL2)	Comb. linear
29	COMB5	ULS	1,0(DL1+DL3)	Comb. linear
30	COMB6	ULS	1,0(DL1+DL4)	Comb. linear
31	COMB7	ULS	1,35(DL1+DL2) + 1,5(W1)	Comb. linear
32	COMB8	ULS	1,35(DL1+DL2) + 1,5(W2)	Comb. linear
33	COMB9	ULS	1,35(DL1+DL2) + 1,5(W3)	Comb. linear
34	COMB10	ULS	1,35(DL1+DL2) + 1,5(W4)	Comb. linear
35	COMB11	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,5(W1)	Comb. linear
36	COMB12	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,5(W2)	Comb. linear
37	COMB13	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,5(W3)	Comb. linear
38	COMB14	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,5(W4)	Comb. linear
39	COMB15	ULS	1,35(DL1+DL3) + 1,5(W1)	Comb. linear
40	COMB16	ULS	1,35(DL1+DL3) + 1,5(W2)	Comb. linear
41	COMB17	ULS	1,35(DL1+DL3) + 1,5(W3)	Comb. linear
42	COMB18	ULS	1,35(DL1+DL3) + 1,5(W4)	Comb. linear
43	COMB19	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,5(W1)	Comb. linear
44	COMB20	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,5(W2)	Comb. linear
45	COMB21	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,5(W3)	Comb. linear
46	COMB22	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,5(W4)	Comb. linear
47	COMB23	ULS	1,35(DL1+DL4) + 1,5(W1)	Comb. linear
48	COMB24	ULS	1,35(DL1+DL4) + 1,5(W2)	Comb. linear
49	COMB25	ULS	1,35(DL1+DL4) + 1,5(W3)	Comb. linear
50	COMB26	ULS	1,35(DL1+DL4) + 1,5(W4)	Comb. linear
51	COMB27	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,5(W1)	Comb. linear
52	COMB28	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,5(W2)	Comb. linear
53	COMB29	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,5(W3)	Comb. linear
54	COMB30	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,5(W4)	Comb. linear
55	COMB31	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ1)	Comb. linear
56	COMB32	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ2)	Comb. linear
57	COMB33	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ3)	Comb. linear
58	COMB34	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ4)	Comb. linear
59	COMB35	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ5)	Comb. linear
60	COMB36	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ6)	Comb. linear
61	COMB37	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ7)	Comb. linear

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 25 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Caso	Combinação	Tipo	Descrição	Tipo de análise
62	COMB38	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ8)	Comb. linear
63	COMB39	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ9)	Comb. linear
64	COMB40	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ10)	Comb. linear
65	COMB41	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ11)	Comb. linear
66	COMB42	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ12)	Comb. linear
67	COMB43	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ13)	Comb. linear
68	COMB44	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ14)	Comb. linear
69	COMB45	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ15)	Comb. linear
70	COMB46	ULS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ16)	Comb. linear
71	COMB47	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ1)	Comb. linear
72	COMB48	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ2)	Comb. linear
73	COMB49	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ3)	Comb. linear
74	COMB50	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ4)	Comb. linear
75	COMB51	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ5)	Comb. linear
76	COMB52	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ6)	Comb. linear
77	COMB53	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ7)	Comb. linear
78	COMB54	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ8)	Comb. linear
79	COMB55	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ9)	Comb. linear
80	COMB56	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ10)	Comb. linear
81	COMB57	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ11)	Comb. linear
82	COMB58	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ12)	Comb. linear
83	COMB59	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ13)	Comb. linear
84	COMB60	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ14)	Comb. linear
85	COMB61	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ15)	Comb. linear
86	COMB62	ULS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ16)	Comb. linear
87	COMB63	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ1)	Comb. linear
88	COMB64	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ2)	Comb. linear
89	COMB65	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ3)	Comb. linear
90	COMB66	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ4)	Comb. linear
91	COMB67	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ5)	Comb. linear
92	COMB68	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ6)	Comb. linear
93	COMB69	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ7)	Comb. linear
94	COMB70	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ8)	Comb. linear
95	COMB71	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ9)	Comb. linear
96	COMB72	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ10)	Comb. linear
97	COMB73	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ11)	Comb. linear
98	COMB74	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ12)	Comb. linear
99	COMB75	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ13)	Comb. linear
100	COMB76	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ14)	Comb. linear
101	COMB77	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ15)	Comb. linear
102	COMB78	ULS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ16)	Comb. linear
103	COMB79	SLS	1,0(DL1+DL2)	Comb. linear
104	COMB80	SLS	1,0(DL1+DL3)	Comb. linear
105	COMB81	SLS	1,0(DL1+DL4)	Comb. linear
106	COMB82	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(W1)	Comb. linear

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. Sistema de dessalinização na região do Algarve	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 26 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Caso	Combinação	Tipo	Descrição	Tipo de análise
107	COMB83	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(W2)	Comb. linear
108	COMB84	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(W3)	Comb. linear
109	COMB85	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(W4)	Comb. linear
110	COMB86	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(W1)	Comb. linear
111	COMB87	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(W2)	Comb. linear
112	COMB88	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(W3)	Comb. linear
113	COMB89	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(W4)	Comb. linear
114	COMB90	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(W1)	Comb. linear
115	COMB91	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(W2)	Comb. linear
116	COMB92	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(W3)	Comb. linear
117	COMB93	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(W4)	Comb. linear
118	COMB94	SLS	1,0(DL1+DL2) + 0,2(W1)	Comb. linear
119	COMB95	SLS	1,0(DL1+DL2) + 0,2(W2)	Comb. linear
120	COMB96	SLS	1,0(DL1+DL2) + 0,2(W3)	Comb. linear
121	COMB97	SLS	1,0(DL1+DL2) + 0,2(W4)	Comb. linear
122	COMB98	SLS	1,0(DL1+DL3) + 0,2(W1)	Comb. linear
123	COMB99	SLS	1,0(DL1+DL3) + 0,2(W2)	Comb. linear
124	COMB100	SLS	1,0(DL1+DL3) + 0,2(W3)	Comb. linear
125	COMB101	SLS	1,0(DL1+DL3) + 0,2(W4)	Comb. linear
126	COMB102	SLS	1,0(DL1+DL4) + 0,2(W1)	Comb. linear
127	COMB103	SLS	1,0(DL1+DL4) + 0,2(W2)	Comb. linear
128	COMB104	SLS	1,0(DL1+DL4) + 0,2(W3)	Comb. linear
129	COMB105	SLS	1,0(DL1+DL4) + 0,2(W4)	Comb. linear
130	COMB106	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ1)	Comb. linear
131	COMB107	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ2)	Comb. linear
132	COMB108	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ3)	Comb. linear
133	COMB109	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ4)	Comb. linear
134	COMB110	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ5)	Comb. linear
135	COMB111	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ6)	Comb. linear
136	COMB112	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ7)	Comb. linear
137	COMB113	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ8)	Comb. linear
138	COMB114	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ9)	Comb. linear
139	COMB115	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ10)	Comb. linear
140	COMB116	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ11)	Comb. linear
141	COMB117	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ12)	Comb. linear
142	COMB118	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ13)	Comb. linear
143	COMB119	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ14)	Comb. linear
144	COMB120	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ15)	Comb. linear
145	COMB121	SLS	1,0(DL1+DL2) + 1,0(EQ16)	Comb. linear
146	COMB122	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ1)	Comb. linear
147	COMB123	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ2)	Comb. linear
148	COMB124	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ3)	Comb. linear
149	COMB125	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ4)	Comb. linear
150	COMB126	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ5)	Comb. linear
151	COMB127	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ6)	Comb. linear

Cliente 		Empreiteiro EPC   		
Projeto nº. AL-ACE-0000-PD-TSP-00001	Projeto Sistema de dessalinização na região do Algarve	Data 23/02/2025	Rev. 01.0	Pág. 27 de 27
Código AdA AL-ACE-0000-PD-TSP-00001		Código ACE AL-INN-0000-PD-TSP-00001		

Caso	Combinação	Tipo	Descrição	Tipo de análise
152	COMB128	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ7)	Comb. linear
153	COMB129	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ8)	Comb. linear
154	COMB130	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ9)	Comb. linear
155	COMB131	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ10)	Comb. linear
156	COMB132	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ11)	Comb. linear
157	COMB133	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ12)	Comb. linear
158	COMB134	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ13)	Comb. linear
159	COMB135	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ14)	Comb. linear
160	COMB136	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ15)	Comb. linear
161	COMB137	SLS	1,0(DL1+DL3) + 1,0(EQ16)	Comb. linear
162	COMB138	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ1)	Comb. linear
163	COMB139	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ2)	Comb. linear
164	COMB140	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ3)	Comb. linear
165	COMB141	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ4)	Comb. linear
166	COMB142	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ5)	Comb. linear
167	COMB143	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ6)	Comb. linear
168	COMB144	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ7)	Comb. linear
169	COMB145	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ8)	Comb. linear
170	COMB146	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ9)	Comb. linear
171	COMB147	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ10)	Comb. linear
172	COMB148	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ11)	Comb. linear
173	COMB149	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ12)	Comb. linear
174	COMB150	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ13)	Comb. linear
175	COMB151	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ14)	Comb. linear
176	COMB152	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ15)	Comb. linear
177	COMB153	SLS	1,0(DL1+DL4) + 1,0(EQ16)	Comb. linear

Tabela 10. Combinações de cargas utilizadas para o cálculo de suportes de tubagens.